Manual teórico-práctico
Schneider
Instalaciones en Baja Tensión

Volumen 5.2



Schneider Electric

Manual teórico-práctico
Schneider

Contenido de la obra

		vol.
A	Presentación	1
B	Generalidades	
D	La acometida en BT	
E	La compensación de la energía reactiva	
F	La distribución en BT	
G	La protección contra los choques eléctricos	2
H1	Los circuitos y su dimensionado	
H2	La aparamenta de protección	
J	La aparamenta y sus aplicaciones particulares	3
K	El control energético de los edificios domésticos e industriales	4
L	Las instalaciones domésticas e industriales	5.1 y 5.2
M	La seguridad en las máquinas	
N	Las instalaciones de BT de gran intensidad: 1500 a 6000 A	

En preparación

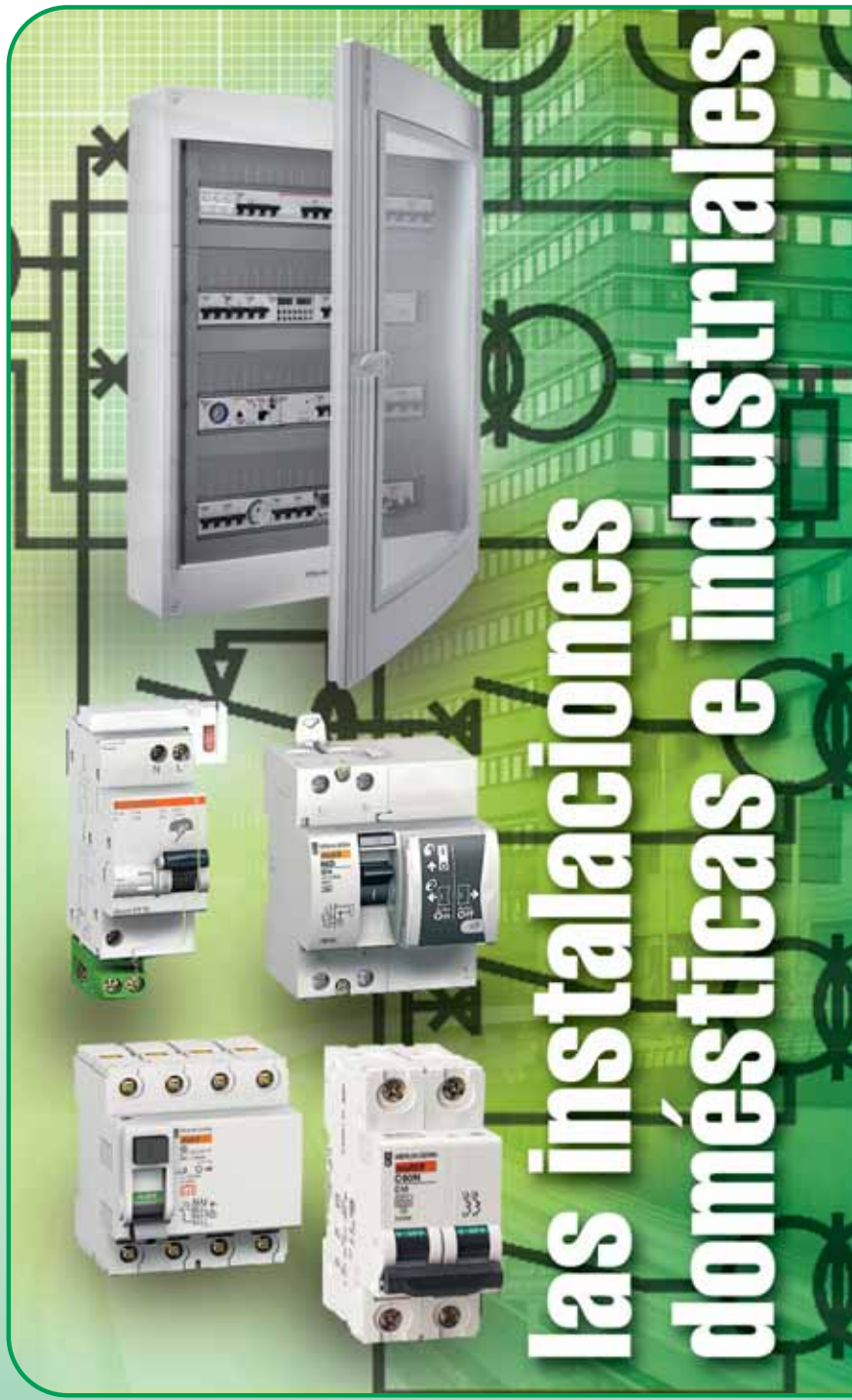
Índice volúmenes 5.1 y 5.2

L Las instalaciones domésticas e industriales

Características generales	**L/1**
Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad	**L/5**
Elección e instalación de materiales eléctricos	**L/77**
Prescripciones para los emplazamientos especiales	**L/165**
Prescripciones para el mantenimiento de la calidad	**L/251**
Instalaciones eléctricas de alumbrado	**L/261**
Instalaciones eléctricas en zonas con agua	**L/361**
Instalaciones eléctricas en viviendas	**L/467**
Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia	**L/745**
Instalaciones eléctricas en función de la actividad	**L/1675**
Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales	**L/1707**
Instalaciones eléctricas al aire libre	**L/1713**
Instalaciones eléctricas provisionales	**L/1773**

Capítulo L
Las instalaciones domésticas e industriales

Capítulo L



Las instalaciones domésticas e industriales

Schneider Electric ofrece en esta obra las herramientas para el proyecto, cálculo y realización de las instalaciones eléctricas a todos los interesados en el tema. Resumiendo las prescripciones para garantizar la seguridad y los fundamentos tecnológicos de conformidad a IEC, CENELEC y UNE.

Los criterios tecnológicos expuestos de forma general sirven para todas las instalaciones eléctricas de edificios tanto domésticos como industriales, pero existen situaciones particulares que necesitan una mayor concreción para mantener una buena seguridad y funcionamiento.

Se ha realizado una exposición de las características particulares, agrupándolas en apartados con características coincidentes.

Las características expuestas derivan de las normas IEC y UNE. Para poder atender las prescripciones formativas debemos consultar las normas actualizadas.

Para el mantenimiento de la calidad de suministro de energía eléctrica tenemos dos factores principales que afectan al sistema: la parte legal y la tecnológica.

La obra llega hasta la tecnología consolidada en el momento, y abre las puertas para la orientación de las tecnologías de futuro, que están iniciando su proceso de consolidación. Por ejemplo la tasa de fallo.

A tal fin desarrollaremos una serie de ejemplos para poder hacer aflorar las “reglas del buen hacer”.

Indice

Las instalaciones domésticas e industriales

1. Características generales
En volumen 5.1 página L/1.

2. Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad
En volumen 5.1 página L/5.

3. Elección e instalación de materiales eléctricos
En volumen 5.1 página L/77.

4. Prescripciones para los emplazamientos especiales
En volumen 5.1 página L/165.

5. Prescripciones para el mantenimiento de la calidad
En volumen 5.1 página L/251.

6.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado
En volumen 5.1 página L/261.

6.2. Instalaciones eléctricas en zonas con agua
En volumen 5.1 página L/361.

6.3. Instalaciones eléctricas en viviendas
En volumen 5.1 página L/467.

6.4. Instalaciones en locales de pública concurrencia

La consideración de “Locales de pública concurrencia” L/745

Instalaciones de seguridad y de sustitución L/746

Conceptos de seguridad en la red de suministro en BT L/746

Conceptos de seguridad para los circuitos eléctricos de un edificio con pública concurrencia L/750

6.4.1. Proceso de concepción de la arquitectura de una red de suministro eléctrico, bajo el concepto de seguridad L/750
Introducción L/750
Concepción de una arquitectura de seguridad L/751
Descripción de una alimentación de “seguridad” L/755
Análisis de una alimentación con Cía. + GE “socorro” L/756
Los dispositivos de inversión de fuente L/758
Conmutación síncrona L/762
Conmutación con corte L/765
Conmutación pseudosíncrona L/769

Cuadro resumen sobre los equipos de conmutación de fuentes L/775
Conclusiones sobre los equipos de conmutación de fuentes... L/775
Los equipos de socorro de “corta duración” (onduladores) L/775
Los sistemas electrónicos de control-mando L/776
Los criterios de funcionamiento L/776
Búsqueda e identificación de los puntos débiles L/777
Soluciones para aumentar la disponibilidad L/777
Conocer el nivel de fiabilidad de los componentes L/778
Las elecciones tecnológicas L/778
La tolerancia a las averías L/782
Conducción (control) de una instalación L/788
Ejemplo de distribución socorro a alta disponibilidad L/790

6.4.2. Proceso de concepción del alumbrado y del alumbrado de seguridad L/794
Instalaciones de seguridad y de sustitución L/794
Instalaciones de seguridad L/794
Alumbrado normal de los locales accesibles al público L/794
Alumbrado de emergencia L/797
Materiales para el control del alumbrado de seguridad L/809
Telemando para luminarias de emergencia TBS L/809
Sistemas de pilotos balizados autónomos para escalera con grado de impacto IK07 ..... L/812

6.4.3. Proceso de concepción de la arquitectura de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones bajo el concepto de seguridad L/814
Normativa ICT L/815
¿Qué aporta el nuevo reglamento? L/816
Ejemplos de instalación L/816

6.4.4. La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales L/836
Plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª. L/836
Planta 1.ª L/836
Red en esquema IT alimentación de las cargas informáticas.. L/885
Línea de distribución n.º 1 ..... L/887
Línea de distribución n.º 2 ..... L/896
Circuito telefónico, de TV e interconexión interna informática. L/906
Alumbrado de emergencia (señalización) L/909
Líneas de la primera planta L/910
Líneas para tomas de corriente L/910
Línea de conectores ramal izquierdo 1.º L/910
Línea de conectores ramal derecho 2.º L/913
Línea de alumbrado L/916
Línea de alumbrado ramal izquierdo n.º 1 ..... L/916
Línea de alumbrado ramal derecho n.º 2 ..... L/918
El esquema en el cuadro general de la parte de alumbrado de la planta 1.ª L/921
Composición y calidad de la energía L/921
Línea de acondicionamiento L/929
Línea de acondicionamiento ramal izquierdo 1.º L/929
Línea de acondicionamiento ramal derecho 2.º L/930

Línea de acondicionamiento ramal 3.º L/932
Línea de ventilación L/933
Línea alimentación cargas informáticas L/935
Línea para las cargas informáticas, ramal izquierdo 1.º L/935
Línea para las cargas informáticas, ramal derecho 2.º L/938
En la zona contaminada y defasada L/941
En la zona fasada L/942
Salidas del CGB de la primera planta de las líneas en régimen IT L/944
Alimentaciones de las salidas para las alarmas técnicas L/946
Bus de comunicación control de aislamiento de la 1.ª planta L/947
Planta 2.ª L/948
Clasificación de las cargas en cada caja de conexiones L/951
Red de régimen TT L/951
Línea de la izquierda 1.º L/951
Línea de la derecha 2.º L/960
Red en esquema IT alimentación de las cargas informáticas.. L/974
Línea de distribución n.º 1 ..... L/974
Línea de distribución n.º 2 ..... L/983
Líneas de la segunda planta L/994
Red en esquema TT L/994
Línea de conectores ramal izquierdo 1.º L/994
Línea de conectores ramal derecho 2.º L/996
Línea de alumbrado L/1001
Línea de alumbrado ramal izquierdo n.º 1 ..... L/1001
Línea de alumbrado ramal derecho n.º 2 ..... L/1004
Esquema en el cuadro de distribución de la parte de alumbrado de la 2.ª planta L/1006
Composición y calidad de la energía L/1006
Línea de acondicionamiento del cuadro de distribución al cuadro secundario de acondicionamiento L/1009
Línea de ventilación L/1010
Línea para el agua sanitaria caliente L/1011
Línea alimentación cargas informáticas L/1012
Línea para cargas informáticas ramal izquierdo 1.º L/1012
Línea para cargas informáticas ramal derecho 2.º L/1015
Salidas del CGD de la primera planta de las líneas de régimen IT L/1020
Alimentación de las salidas para las alarmas técnicas L/1022
Bus de comunicación control de aislamiento de la 2.ª planta L/1023
Cuadros secundarios de plantas L/1024
Cuadros secundarios que derivan del cuadro de distribución de la planta 1.ª (CDP 1.ª) L/1024
Red de régimen TT L/1024
Los cuadros secundarios en el alumbrado L/1024
Los cuadros secundarios en el acondicionamiento L/1025
Red de régimen IT L/1033
Cuadros secundarios de la línea de distribución n.º 2 ..... L/1033
Cuadros secundarios de la línea de distribución n.º 1 ..... L/1037
Cuadros secundarios de la línea de distribución n.º 2, 2.ª L/1041
Cuadros de distribución de las plantas L/1043
Primera planta (CDP 1.ª) L/1043
Red de régimen TT L/1044

L

Los conectores L/1044
El alumbrado L/1047
Alumbrado de emergencia (señalización) L/1052
Acondicionamiento y ventilación L/1053
Control régimen TT, cuadro de distribución primera planta (CDP 1.ª) L/1058
Departamentos independientes en el cuadro de planta L/1059
Cuadro distribución 1.ª planta L/1060
Cuadros secundarios que derivan del cuadro de distribución de las plantas 2.ª o 3.ª (CDP 2.ª o CDP 3.ª) L/1073
Red de régimen TT L/1073
Red de régimen IT L/1079
Cuadros de distribución BT L/1088
Segunda planta (CDP 2.ª) L/1088
Red de régimen TT L/1088
Los conectores L/1089
El alumbrado L/1092
Alumbrado de emergencia (señalización) L/1097
Acondicionamiento y ventilación L/1098
Departamentos independientes en el cuadro de planta L/1103
Cuadro distribución 2.ª planta. Red TT L/1104
Red de régimen IT L/1107
Alimentación alarmas técnicas L/1111
Cuadro distribución 2.ª planta. Red IT L/1114
Cuadro general L/1117
Red en régimen IT L/1117
Red en régimen TT L/1125
Conducción desde el cuadro general de baja tensión (CGBT) hasta el cuadro de distribución de la primera planta (CDP 1.ª), el de la segunda planta (CDP 2.ª) y el de la tercera planta (CDP 3.ª) L/1134
Derivación individual, conducción desde el cuadro de protección y medida hasta el cuadro general de baja tensión (CGBT) L/1136
Línea general de alimentación L/1138
Control de aislamiento L/1141
Cuadro general de baja tensión (CGBT) L/1142
Búsqueda de averías L/1154
Localización de averías en cables de energía L/1155
Cables de distribución L/1155
Cables de transmisión L/1164
Dimensionado de las líneas por intensidad y caída de tensión L/1167
Línea general de alimentación de las Cías. suministradoras .. L/1167
Derivación individual L/1167
Líneas de la primera planta L/1167
Líneas para las tomas de corriente 1.ª planta L/1167
Líneas para el alumbrado de la 1.ª planta L/1170
Líneas para el acondicionamiento de la 1.ª planta L/1173
Líneas para la ventilación (renovación de aire) de la 1.ª planta L/1176
Líneas para la red de régimen IT de la 1.ª planta L/1178
Líneas para los equipos informáticos L/1179
Líneas de la 2.ª y 3.ª plantas L/1184
Líneas para las tomas de corriente de la 2.ª o 3.ª planta L/1184

Líneas para el alumbrado de la 2.ª o 3.ª planta L/1188
Líneas para el acondicionamiento de la 2.ª o 3.ª planta L/1190
Líneas para la ventilación (renovación de aire) de la 2.ª o 3.ª planta L/1192
Líneas para los equipos informáticos de la 2.ª o 3.ª planta ... L/1193
Puntos de línea más alejados de la planta 1.ª L/1199
Red de régimen TT L/1199
Línea de tomas de corriente L/1199
Línea de alumbrado L/1200
Línea de acondicionamiento L/1202
Red de régimen IT L/1204
Línea para las cargas informáticas, de alumbrado de reemplazamiento y alarmas técnicas L/1204
Régimen TT. Acondicionamiento L/1205
Comprobación de las caídas de tensión desde la derivación individual L/1207
Puntos de línea más alejados de la planta 3.ª L/1209
Red de régimen TT L/1209
Red de régimen IT L/1213
Comprobación de las caídas de tensión desde la derivación individual L/1217
Línea régimen TT L/1217
Línea régimen IT L/1218
Cálculo de las corrientes de cortocircuito L/1218
Elementos que aportan energía en un cortocircuito L/1218
La impedancia del circuito de BT L/1220
Impedancia de los conductores L/1220
La impedancia del circuito del ejemplo L/1221
La distribución en las plantas L/1231
Impedancias red de régimen TT, desde el CGBT hasta las cargas L/1240
Impedancias en el CDP 1.ª L/1244
Impedancias en el CDP 2.ª L/1250
Impedancias en el CDP 3.ª L/1253
Impedancias de las líneas de la 1.ª planta L/1256
Impedancias de las líneas de la 2.ª planta L/1260
Impedancias de las líneas de la 3.ª planta L/1264
Corrientes de cortocircuito en la red de régimen TT L/1267
Corrientes de cortocircuito en la red de régimen IT L/1276
Cálculo de los conductores de protección L/1283

6.4.5. Medidas de protección para garantizar la seguridad L/1292
6.4.5.1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos L/1292
Puesta a neutro o esquema TN L/1292
Neutro a tierra o esquema TT L/1294
Neutro aislado o impedante, o esquema IT L/1294
Ejemplos de protecciones a los choques eléctricos en edificios de pública concurrencia L/1297
Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de viviendas y locales comerciales L/1298
Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales L/1304

L

Cálculo de la puesta a tierra de la red equipotencial de las cargas L/1365
¿Son estas protecciones suficientemente seguras? L/1371
6.4.5.2. Las medidas de protección contra las sobretensiones L/1374
Las protección contra las sobretensiones de un edificio de oficinas y en particular del abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª, un centro de cálculo L/1375
6.4.5.3. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/1389
Los dispositivos de protección contra las sobreintensidades L/1390
Red de régimen TT L/1392
Cuadro de la 1.ª planta (TT) L/1417
Cuadro de la 2.ª planta (TT) L/1421
Cuadro de la 3.ª planta (TT) L/1426
Cuadro general de baja tensión CGBT (TT) L/1430
Protecciones aguas arriba de las cargas o líneas L/1432
Protecciones desde el CGBT a las cargas internas y derivaciones a los cuadros de distribución de plantas y a los SAI (TT) L/1435
Protecciones desde los cuadros de acometida hasta el CGBT L/1437
Correlación de las protecciones, las cargas y los conductores de la red de régimen TT L/1437
Red de régimen IT L/1439
Fuentes de alimentación no lineales L/1439
Cargas capacitativas L/1450
Compensador activo “capacitancia y electrónica” SW™ L/1450
Cargas, alimentación de la señal a los equipos de control L/1450
Descargadores de sobretensiones PRD L/1451
Tablas de regulación de los interruptores automáticos L/1451
Selectividad lógica ZSI L/1462
La relación entre las protecciones de los cuadros de distribución de planta y las protecciones de las salidas, desde el cuadro general de distribución CGBT a los cuadros de distribución L/1473
La relación entre las protecciones de los SAI, en el cuadro de protección de los SAI, y las protecciones de las salidas desde el cuadro general de distribución CGBT L/1474
Correlación de las protecciones, las cargas y los conductores de la red de régimen IT L/1475
Red de control del aislamiento y la calidad de la energía L/1477
6.4.5.4. Medidas de protección contra los efectos térmicos L/1477
Las conducciones L/1477
Los conductores L/1477
Esquema del circuito de control de aislamiento y el control de calidad L/1486
Los cuadros eléctricos L/1491
Cuadros de plantas L/1491
Cuadro planta 1.ª L/1491
Red de régimen TT L/1491
Red de régimen IT L/1494
Cuadro planta 2.ª L/1496
Red de régimen TT L/1496

Red de régimen IT L/1499
Cuadro general L/1501
Potencia de la alimentación del régimen IT de las tres plantas L/1504
Potencia de las tres plantas L/1504
Los consumos y los coeficientes de simultaneidad L/1504
6.4.5.5. Las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/1539
Bobina de mínima tensión instantánea (MN) L/1539
6.4.5.6. Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas CEM L/1539
6.4.5.7. Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando L/1540

6.4.6. Instalaciones eléctricas en locales destinados al uso de la medicina L/1540
Conceptos L/1540
Características generales L/1542
La calidad del suministro L/1544
La continuidad de suministro L/1544
La calidad de la onda senoidal L/1546
¿Qué pretendemos conseguir? L/1553
Descripción de la instalación L/1559
¿Qué debemos evitar? L/1563
Consideraciones sobre las instalaciones eléctricas en el grupo hospitalario 2 ..... L/1577
La zona de quirófanos del grupo 2 ..... L/1579
La red eléctrica de potencia del grupo 2 quirófanos L/1581
El cuadro de control de tres grupos de quirófanos y una sala de máquinas L/1585
La zona de UVIs del grupo 2 ..... L/1591
La red eléctrica de potencia del grupo 2, UVIs L/1591
El cuadro de control de tres salas para cuidados intensivos con dos camas y una sala de máquinas L/1595
6.4.6.1. La protección contra los choques eléctricos en las salas del grupo 2 ..... L/1599
6.4.6.2. Las medidas de protección contra las sobretensiones L/1641
6.4.6.3. Las medidas de protección contra las sobreintensidades L/1641
6.4.6.4. Las medidas de protección contra los efectos térmicos L/1641
6.4.6.5. Las medidas de protección contra las bajadas de tensión L/1641
6.4.6.6. Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas CEM L/1641
6.4.6.7. Las medidas de protección para la seguridad del seccionamiento y mando L/1641

6.5. Instalaciones eléctricas en función de la actividad

6.5.1. Instalaciones eléctricas en unidades móviles o transportables . L/1675
Campo de aplicación L/1675
Protección para asegurar la seguridad L/1675
Alimentación L/1676

6.5.2. Instalaciones eléctricas de células fotovoltaicas (PV) L/1688
Campo de aplicación L/1688
Normativas L/1688
¿Qué entendemos por una instalación PV? L/1693
Protección para asegurar la seguridad L/1694
Los materiales para las instalaciones PV... ..... L/1701

6.6. Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales

6.6.1. Instalaciones eléctricas en elementos de mobiliario (muebles) L/1707

6.7. Instalaciones eléctricas al aire libre

6.7.1. Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas L/1713
Conceptos L/1713
La distribución.. ..... L/1714
Protecciones contra los choques eléctricos L/1730
La conexión punto de alimentación - caravana o tienda L/1746
Consideraciones para las instalaciones eléctricas en caravanas y caravanas a motor L/1747

6.7.2. Instalaciones eléctricas en los establecimientos agrícolas y hortícolas L/1751
Clasificación de las influencias externas L/1751
Protección para garantizar la seguridad L/1751
Las cercas eléctricas para ganado L/1765

6.8. Instalaciones eléctricas provisionales

6.8.1. Instalaciones eléctricas en obras L/1773
Objeto y campo de aplicación L/1773
Alimentación L/1773
Obras de pequeño y mediano volumen L/1776
Obras de gran volumen L/1778

6.8.2. Instalaciones eléctricas en exposiciones y stands L/1793
Campo de aplicación L/1793
Clasificación de las influencias externas L/1793
Protección para garantizar la seguridad L/1794
Instalaciones en recintos feriales L/1803
Las instalaciones de alumbrados festivos de calles L/1812

L

Tablas

6.4. Instalaciones en locales de pública concurrencia

L6.4-005: los sectores de actividad y los imperativos de explotación conducen a escoger los esquemas de alimentación y puesta a tierra del neutro L/756
L6.4-015: constantes de tiempo de extinción del flujo residual para motores asíncronos con caja mediana L/771
L6.4-020: cuadro resumen de los sistemas de conmutación de dos fuentes L/775
L6.4-021: autonomía de las baterías de un SAI en función de los niveles de disponibilidad L/776
L6.4-022: elección de tecnologías concernientes a un GE L/778
L6.4-023: valores de MTTF, en horas, de diferentes configuraciones (de materiales provenientes de fábrica) ... L/781
L6.4-026: elección de técnicas relativas a la tolerancia de averías ... L/787
L6.4-033: define la elección de las BAAS en función del tipo de alumbrado de seguridad necesario L/805
F6.4-036: características del controlador de pilotos balizados autónomos U8.788 ..... L/813
L6.4-040: registro secundario cableado en edificios de viviendas L/819
L6.4-041: registros secundarios para intemperie L/820
L6.4-042: situación de los registros principales y grado de protección IP L/823
L6.4-045: registros secundarios L/828
L6.4-046: arquetas de entrada L/829
L6.4-047: canalizaciones externas L/829
L6.4-048: RIT modular único (dimensiones) L/829
L6.4-049: recintos de telecomunicación modular (RITM) (dimensiones) L/830
L6.4-050: canalizaciones principales L/830
L6.4-053: materiales para las canalizaciones exteriores L/834
L6.4-054: materiales para RITM o RIT único L/834
L6.4-055: materiales para canalizaciones secundarias L/835
L6.4-056: materiales para las canalizaciones principales L/835
L6.4-057: materiales para las arquetas de entrada L/835
L6.4-061: cargas de la caja CC28 ..... L/843
L6.4-063: cargas de la caja CC27 ..... L/843
L6.4-066: cargas de la caja CC26 ..... L/845
L6.4-069: cargas de la caja CC25 ..... L/847
L6.4-071: cargas de la caja CC24 ..... L/848
L6.4-075: cargas de la caja CC23 ..... L/851
L6.4-077: cargas de la caja CC22 ..... L/852
L6.4-080: cargas de la caja CC21 ..... L/854
L6.4-082: cargas de la caja CC20 ..... L/854
L6.4-085: cargas de la caja CC19 ..... L/856
L6.4-088: cargas de la caja CC18 ..... L/857
L6.4-091: cargas de la caja CC17 ..... L/858
L6.4-093: cargas de la caja CC16 ..... L/859
L6.4-096: cargas de la caja CC15 ..... L/861
L6.4-099: cargas de la caja CC14 ..... L/863
L6.4-102: cargas de la caja CC13 ..... L/865
L6.4-105: cargas de la caja CC12 ..... L/867
L6.4-108: cargas de la caja CC11 ..... L/869
L6.4-110: cargas de la caja CC10 ..... L/870

L

L6.4-114: cargas de la caja CC09 ..... L/873
L6.4-116: cargas de la caja CC08 ..... L/874
L6.4-119: cargas de la caja CC07 ..... L/875
L6.4-122: cargas de la caja CC05 ..... L/876
L6.4-125: cargas de la caja CC06 ..... L/878
L6.4-128: cargas de la caja CC04 ..... L/880
L6.4-131: cargas de la caja CC03 ..... L/881
L6.4-133: cargas de la caja CC02 ..... L/883
L6.4-136: cargas de la caja CC01 ..... L/884
L6.4-138: cargas de la caja IT-01 ..... L/887
L6.4-141: cargas de la caja IT-02 ..... L/890
L6.4-144: cargas de la caja IT-03 ..... L/892
L6.4-147: cargas de la caja IT-04 ..... L/893
L6.4-149: cargas de la caja IT-05 ..... L/893
L6.4-152: cargas de la caja IT-06 ..... L/894
L6.4-155: cargas de la caja IT-07 ..... L/895
L6.4-158: cargas de la caja IT-08 ..... L/896
L6.4-161: cargas de la caja IT-09 ..... L/896
L6.4-164: cargas de la caja IT-10 ..... L/898
L6.4-167: cargas de la caja IT-11 ..... L/900
L6.4-170: cargas de la caja IT-12 ..... L/901
L6.4-173: cargas de la caja IT-13 ..... L/902
L6.4-175: cargas de la caja IT-14 ..... L/902
L6.4-180: cargas de la caja IT-15 ..... L/904
L6.4-181: cargas de la caja IT-16 ..... L/904
L6.4-184: cargas de la caja IT-17 ..... L/906
L6.4-190: cargas para la red de alumbrado de emergencia de señalización L/909
L6.4-192: valores de las intensidades de las cargas de la línea de conectores ramal izquierdo 1.º L/910
L6.4-193: valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de conectores ramal izquierdo 1.º L/911
L6.4-196: valores de las intensidades de las cargas de la línea de conectores ramal izquierdo 2.º L/913
L6.4-197: valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de conectores ramal izquierdo 2.º L/914
L6.4-200: valores de las intensidades de las cargas de la línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º L/916
L6.4-200/1: valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º L/916
L6.4-203: valores de las intensidades de las cargas de la línea de alumbrado ramal derecho 2.º L/918
L6.4-204: valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de alumbrado ramal derecho 2.º L/919
L6.4-215: valores de las intensidades de las cargas de la línea de acondicionamiento ramal izquierdo 1.º L/929
L6.4-217: valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de acondicionamiento ramal izquierdo 1.º L/930
L6.4-219: valores de las intensidades de las cargas de la línea de acondicionamiento ramal derecho 2.º L/931
L6.4-220: valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de acondicionamiento ramal derecho 2.º L/931
L6.4-223: valores de las intensidades de las cargas del ramal 3.º de la línea de acondicionamiento L/932
L6.4-226: valores de las intensidades de las cargas del ramal 1.º de la línea de ventilación L/933

L6.4-227: valores de las intensidades de las cargas del ramal 2.º de la línea de ventilación L/933
L6.4-231: valores de las intensidades de las cargas del ramal izquierdo 1.º de la línea informática L/935
L6.4-234: valores de las intensidades de las cargas del ramal derecho 2.º de la línea informática L/938
L6.4-247: cargas de la caja CC01 ..... L/951
L6.4-249: cargas de la caja CC02 ..... L/952
L6.4-253: cargas de la caja CC03-1 ..... L/954
L6.4-255: cargas de la caja CC03-2 ..... L/954
L6.4-257: cargas de la caja CC03-3 ..... L/955
L6.4-259: cargas de la caja CC03-4 ..... L/956
L6.4-261: cargas de la caja CC03-5 ..... L/957
L6.4-263: cargas de la caja CC04 ..... L/958
L6.4-266: cargas de la caja CC05 ..... L/960
L6.4-268: cargas de la caja CC06 ..... L/960
L6.4-271: cargas de la caja CC07 ..... L/962
L6.4-273: cargas de la caja CC08 ..... L/963
L6.4-275: cargas de la caja CC09-1 ..... L/963
L6.4-278: cargas de la caja CC09-2 ..... L/965
L6.4-280: cargas de la caja CC09-3 ..... L/966
L6.4-282: cargas de la caja CC09-4 ..... L/967
L6.4-284: cargas de la caja CC09-5 ..... L/968
L6.4-286: cargas de la caja CC11 ..... L/969
L6.4-289: cargas de la caja CC10 ..... L/972
L6.4-291: cargas de la caja IT-2-01 ..... L/975
L6.4-294: cargas de la caja IT-2-02 ..... L/976
L6.4-297: cargas de la caja IT-2-03 ..... L/978
L6.4-300: cargas de la caja IT-2-04 ..... L/979
L6.4-303: cargas de la caja IT-2-05 ..... L/980
L6.4-307: cargas de la caja IT-2-06 ..... L/983
L6.4-309: cargas de la caja IT-2-07 ..... L/983
L6.4-312: cargas de la caja IT-2-08 ..... L/985
L6.4-315: cargas de la caja IT-2-09 ..... L/986
L6.4-319: cargas de la caja IT-2-10 ..... L/989
L6.4-321: cargas de la caja IT-2-11 ..... L/989
L6.4-325: cargas de la caja IT-2-12 ..... L/992
L6.4-327: cargas de la caja IT-2-13 ..... L/992
L6.4-330: valores de las intensidades de las cargas de la línea de conectores ramal izquierdo 1.º L/994
L6.4-333: valores de las intensidades de las cargas de la línea de conectores ramal izquierdo 2.ª L/996
L6.4-337: valores de las intensidades de las cargas de la línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º L/1002
L6.4-340: valores de las intensidades de las cargas de la línea de alumbrado ramal derecho 2.º L/1004
L6.4-346: valores de las intensidades de las cargas de la línea de acondicionamiento y ramales izquierdo y derecho L/1009
L6.4-349: valores de las intensidades de las cargas de la línea de ventilación L/1010
L6.4-352: valores de las intensidades de las cargas de la línea de agua sanitaria L/1011
L6.4-355: valores de las intensidades de las cargas de la línea informática 1.ª L/1012
L6.4-358: valores de las intensidades de las cargas del ramal derecho 2.º de la línea informática L/1015

L

L6.4-368/1: clasificación de las cargas TT de la 1.ª planta L/1044
L6.4-370: clasificación de las cargas IT de la 1.ª planta L/1063
L6.4-371/1: clasificación de las cargas TT de la 2.ª planta L/1088
L6.4-373: clasificación de las cargas IT de la 2.ª planta L/1107
L6.4-375: clasificación de las cargas de la red en régimen IT L/1117
L6.4-376: cargas de las derivaciones del régimen IT L/1125
L6.4-383: pasos principales para la localización de defectos L/1155
L6.4-385: principales tipos de defectos L/1156
L6.4-386: niveles de salida de los quemadores L/1157
L6.4-391: margénes de tensión L/1161
L6.4-398: tabla caídas de tensión línea 1.ª de tomas de corriente, planta 1.ª L/1168
L6.4-399: tabla caídas de tensión línea 2.ª de tomas de corriente, planta 1.ª L/1169
L6.4-400: tabla caídas de tensión línea 1.ª de alumbrado, planta 1.ª L/1171
L6.4-401: tabla caídas de tensión línea 2.ª de alumbrado, planta 1.ª L/1172
L6.4-402: tabla caídas de tensión línea 1.ª de acondicionamiento, planta 1.ª L/1174
L6.4-403: tabla caídas de tensión línea 2.ª de acondicionamiento, planta 1.ª L/1175
L6.4-404: tabla caídas de tensión línea 3.ª de acondicionamiento, planta 1.ª L/1176
L6.4-405: tabla caídas de tensión línea 1.ª de ventilación, planta 1.ª. L/1176
L6.4-406: tabla caídas de tensión línea 2.ª de ventilación, planta 1.ª. L/1177
L6.4-407: tabla caídas de tensión línea 1.ª para cargas informáticas, planta 1.ª L/1179
L6.4-408: tabla caídas de tensión línea 2/1.ª para cargas informáticas, planta 1.ª L/1182
L6.4-409: tabla caídas de tensión línea 2/2.ª para cargas informáticas, planta 1.ª L/1182
L6.4-410: tabla caídas de tensión línea 1.ª para tomas de corriente, planta 2.ª L/1185
L6.4-411: tabla caídas de tensión línea 2.ª para tomas de corriente, planta 2.ª L/1186
L6.4-412: tabla caídas de tensión línea agua sanitaria caliente, planta 2.ª L/1187
L6.4-413: tabla caídas de tensión línea 1.ª de alumbrado, planta 2.ª L/1188
L6.4-414: tabla caídas de tensión línea 2.ª de alumbrado, planta 2.ª L/1189
L6.4-415: tabla caídas de tensión línea sectores 1.º y 2.º para acondicionamiento, planta 2.ª L/1190
L6.4-416: tabla caídas de tensión línea para la ventilación, planta 2.ª L/1192
L6.4-417: tabla caídas de tensión línea 1.ª para las cargas informáticas, planta 2.ª L/1193
L6.4-418: tabla caídas de tensión línea 2.ª para las cargas informáticas, planta 2.ª L/1196
L6.4-425: valores de las reactancias de los cables según el tipo de instalación L/1221
L6.4-438: corrientes de cortocircuito en la red de régimen TT L/1270
L6.4-446: valores de las corrientes de cortocircuito en la red de régimen IT L/1278
L6.4-456: magnitudes características de los ECT L/1297
L6.4-480: longitudes de los conductores activos de la red de régimen IT L/1344

L6.4-484: tiempos máximos de contacto en función de la tensión de red y de la distribución del neutro L/1349
L6.4-485: valores del factor de correción m L/1350
L6.4-486: tabulado de los valores de las longitudes protegidas por los interruptores automáticos de los cuadros secundarios L/1358
L6.4-487: tabulado de los valores de las longitudes protegidas por los interruptores automáticos de los cuadros de distribución L/1362
L6.4-488: tabulado de los valores de las longitudes protegidas por los interruptores automáticos del cuadro general L/1362
L6.4-505: protecciones a las cargas de las tomas de corriente L/1392
L6.4-506: protecciones a las cargas de alumbrado L/1395
L6.4-507: protecciones a las cargas de alumbrado de emergencia .. L/1397
L6.4-508: protecciones a las cargas del acondicionamiento, motores L/1401
L6.4-509: protecciones para las cargas capacitativas L/1411
L6.4-510: protecciones a las cargas del acondicionamiento, motores L/1413
L6.4-511: protecciones a las cargas del acondicionamiento, motores L/1414
L6.4-512: protecciones a las cargas del acondicionamiento, motores L/1416
L6.4-513: protecciones a las salidas del cuadro de la 1.ª planta TT L/1417
L6.4-514: protecciones a las salidas del cuadro de la segunda planta TT L/1422
L6.4-515: protecciones a las salidas del cuadro de la tercera planta TT L/1427
L6.4-516: protecciones a las salidas del cuadro general TT (GGBT) L/1431
L6.4-517: correlación de las protecciones, las cargas y los conductores de la red de régimen TT L/1450
L6.4-518: interruptores automáticos para la protección de cargas informáticas L/1454
L6.4-519: protecciones a las cargas para las tomas de señal L/1455
L6.4-520: protecciones a las cargas capacitativas para las baterías de compensación del factor de potencia L/1455
L6.4-521: protecciones a las cargas capacitativas para los compensadores activos L/1456
L6.4-522: protecciones a las cargas inductivas correspondientes a la maniobra L/1456
L6.4-523: protecciones a las cargas correspondientes a las fuentes de alimentación de las alarmas técnicas L/1457
L6.4-524: protecciones a las líneas con cargas informáticas L/1457
L6.4-525: protecciones a las líneas de alimentación a las fuentes de alimentación de las alarmas técnicas L/1458
L6.4-526: protecciones a las líneas con cargas no lineales L/1459
L6.4-527: protecciones a las líneas con cargas no lineales L/1460
L6.4-529: correlación de las protecciones, las cargas y los conductores de la red de régimen IT L/1484
L6.4-531: valores a tomar en consideración de la resistividad de los conductores en función de la posible temperatura en cada una de las situaciones descritas L/1491
L6.4-531/1: factores de simultaneidad de las líneas de régimen IT L/1501
L6.4-532: cargas de las derivaciones del régimen IT L/1502

L6.4-541: potencia disipada en el CGBT L/1520
L6.4-542: potencia disipada en el CDP 1.ª - régimen TT L/1522
L6.4-543: potencia disipada en el CDP 1.ª - régimen IT L/1523
L6.4-544: potencia disipada en el CDP 2.ª o CDP 3.ª - régimen TT. L/1525
L6.4-545: potencia disipada en el CDP 2.ª o CDP 3.ª - regimen IT. L/1526
L6.4-551: grupos de locales para el uso de la medicina. L/1541
L6.4-554: los sectores de actividad y los imperativos de explotación conducen a escoger los esquemas de puesta a tierra del neutro; las soluciones elegidas dependen, entre otras cosas, de las formas utilizadas y del grado de protección exigido L/1552
L6.4-558: armónicos aceptados en una red de suministro L/1558

6.7. Instalaciones eléctricas al aire libre

L6.7-025: tabla de elección de los limitadores de sobretensiones transitorias en función del riesgo. Página H2/256 del 2.º Volumen L/1746
L6.7-038: tabla de elección de los limitadores de sobretensiones transitorias en función del riesgo. Página H2/256 del 2.º Volumen L/1764

L

Figuras

6.4. Instalaciones en locales de pública concurrencia

L6.4-001: correlación de las magnitudes de seguridad L/749
L6.4-002: método de concepción de una arquitectura de seguridad L/752
L6.4-003: camino a seguir para obtener un dossier de una estructura de seguridad L/754
L6.4-004: la disponibilidad de energía de un ramal no puede ser superior a la del conjunto L/755
L6.4-006: distribución eléctrica con conexión a Cía. y GE L/757
L6.4-007: descripción de un grupo electrógeno L/758
L6.4-008: esquema de un centro de transformación de interconexión AT/MT con doble juego de barras L/763
L6.4-009: esquema de un circuito alimentado por dos fuentes con conmutación automática sin corte utilizando un contactor estático L/765
L6.4-010: líneas preferentes y no preferentes L/767
L6.4-011: autómata “normal-emergencia” RCV420 y su secuencia de funcionamiento (Merlin Gerin) L/768
L6.4-012: autómata “doble derivación” RVH215 y su secuencia de funcionamiento (Merlin Gerin) L/768
L6.4-013: esquema de una distribución en doble derivación L/769
L6.4-014: conmutación pseudosíncrona L/770
L6.4-016: magnitudes eléctricas e inecuación que condicionan el funcionamiento de un acoplamiento rápido L/772
L6.4-017: diagrama secuencias A, B y C L/772
L6.4-018: esquema del sistema de conmutación rápida L/773
L6.4-019: comparador de fases L/774
L6.4-024: disponibilidad de la energía eléctrica L/784
L6.4-025: establecimiento de una corriente de cortocircuito en una red alimentada por un grupo de emergencia “diesel/alternador” L/786
L6.4-027: la no disponibilidad de una acometida puede representar una gran parte de la no disponibilidad total, en este ejemplo representa el 50% L/787
L6.4-028: nivel jerárquico de la gestión técnica de la electricidad L/788
L6.4-029: estructura de las comunicaciones de una explotación L/790
L6.4-030: esquema y material clásico para una indisponibilidad de 5 h/año. L/790
L6.4-031: mejora para la alimentación de los puntos sensibles (GE-N/S y SAI) permiten mantener una indisponibilidad de 6 minutos/año a nivel de utilización L/791
L6.4-032: control-mando correspondiente a una indisponibilidad de 10^{-5} (6 minutos/año) L/793
L6.4-034: esquema con interruptor automático, montaje básico L/811
L6.4-035: esquema con interruptor automático de telemando Réflex L/812
L6.4-037: posicionado de los pilotos de balizamiento autónomos sin tensión L/813
L6.4-038: posicionado de los pilotos de balizamiento autónomos con tensión L/814
L6.4-039: esquema de conexionado de los pilotos de balizamiento autónomos con telemando L/814
L6.4-043: situación de los registros ICT L/825

L6.4-044: instalaciones ICT en edificios de viviendas L/827
L6.4-051: instalaciones ICT en edificios de viviendas unifamiliares ... L/830
L6.4-052: viviendas unifamiliares L/833
L6.4-058: situación en planta de las alarmas técnicas L/839
L6.4-059: situación de las cargas en la planta 1.ª L/841
L6.4-060: esquema eléctrico caja CC28 y cuadro C28 ..... L/842
L6.4-062: cuadro secundario C28 ..... L/843
L6.4-064: esquema eléctrico caja CC27 y cuadro C27 ..... L/844
L6.4-065: cuadro secundario C27 ..... L/845
L6.4-067: esquema eléctrico caja CC26 y cuadro C26 ..... L/847
L6.4-068: cuadro secundario C26 ..... L/847
L6.4-070: esquema eléctrico caja CC25 ..... L/848
L6.4-072: cuadro secundario C24 ..... L/848
L6.4-073: esquema eléctrico caja CC24 ..... L/849
L6.4-074: esquema eléctrico caja CC23 y cuadro C23 ..... L/851
L6.4-076: cuadro secundario C23 ..... L/851
L6.4-078: esquema eléctrico caja CC22 y cuadro C22 ..... L/853
L6.4-079: cuadro secundario C22 ..... L/853
L6.4-081: esquema eléctrico caja CC21 ..... L/854
L6.4-083: esquema eléctrico caja CC20 ..... L/855
L6.4-084: cuadro secundario C20 ..... L/855
L6.4-086: esquema eléctrico caja CC19 ..... L/856
L6.4-087: cuadro secundario C19 ..... L/857
L6.4-089: cuadro secundario C18 ..... L/857
L6.4-090: esquema eléctrico caja CC18 ..... L/858
L6.4-092: esquema eléctrico caja CC17 ..... L/859
L6.4-094: cuadro secundario C16 ..... L/859
L6.4-095: esquema eléctrico caja CC16 ..... L/860
L6.4-097: esquema eléctrico caja CC15 ..... L/862
L6.4-098: cuadro secundario C15 ..... L/862
L6.4-100: esquema eléctrico caja CC14 ..... L/864
L6.4-101: cuadro secundario C14 ..... L/865
L6.4-103: cuadro secundario C13 ..... L/865
L6.4-104: esquema eléctrico caja CC13 ..... L/866
L6.4-106: cuadro secundario C12 ..... L/867
L6.4-107: esquema eléctrico caja CC12 y cuadro C12 ..... L/868
L6.4-109: esquema eléctrico caja CC11 ..... L/870
L6.4-111: esquema eléctrico caja CC10 ..... L/871
L6.4-112: cuadro secundario C10 ..... L/871
L6.4-113: esquema eléctrico caja CC09 y cuadro C09 ..... L/872
L6.4-115: cuadro secundario C09 ..... L/873
L6.4-117: esquema eléctrico caja CC08 y cuadro C08 ..... L/874
L6.4-118: cuadro secundario C08 ..... L/875
L6.4-120: cuadro secundario C07 ..... L/875
L6.4-121: esquema eléctrico caja CC07 ..... L/876
L6.4-123: esquema eléctrico caja CC05 ..... L/877
L6.4-124: cuadro secundario C05 ..... L/877
L6.4-126: cuadro secundario C06 ..... L/879
L6.4-127: esquema eléctrico caja CC06 ..... L/879
L6.4-129: esquema eléctrico caja CC04 ..... L/880
L6.4-130: cuadro secundario C04 ..... L/881
L6.4-132: esquema eléctrico caja CC03 ..... L/881
L6.4-134: esquema eléctrico caja CC02 ..... L/883
L6.4-135: cuadro secundario C03 ..... L/884
L6.4-137: esquema eléctrico caja CC01 ..... L/884

L6.4-139: esquema eléctrico caja IT-01 y cuadro C-IT-01 ..... L/889
L6.4-140: cuadro secundario C-IT-01 ..... L/889
L6.4-142: esquema eléctrico caja IT-02 y cuadro C-IT-02 ..... L/891
L6.4-143: cuadro secundario C-IT-02 ..... L/891
L6.4-145: esquema eléctrico caja IT-03 y cuadro C-IT-03 ..... L/892
L6.4-146: cuadro secundario C-IT-03 ..... L/893
L6.4-148: esquema eléctrico caja IT-04 ..... L/893
L6.4-150: esquema eléctrico caja IT-05 y cuadro C-IT-05 ..... L/893
L6.4-151: cuadro C-IT-04 y C-IT-05 ..... L/893
L6.4-153: esquema eléctrico caja IT-06 y cuadro C-IT-06 ..... L/894
L6.4-154: cuadro secundario C-IT-06 ..... L/894
L6.4-156: esquema eléctrico caja IT-07 y cuadro C-IT-07 ..... L/895
L6.4-157: cuadro secundario C-IT-07 ..... L/895
L6.4-159: esquema eléctrico caja IT-08 ..... L/896
L6.4-160: cuadro secundario C-IT-08 ..... L/896
L6.4-162: esquema eléctrico caja IT-09 y cuadro C-IT-09 ..... L/897
L6.4-163: cuadro secundario C-IT-09 ..... L/897
L6.4-165: esquema eléctrico caja IT-10 y cuadro C-IT-10 ..... L/899
L6.4-166: cuadro secundario C-IT-10 ..... L/899
L6.4-168: esquema eléctrico caja IT-11 y cuadro C-IT-11 ..... L/900
L6.4-169: cuadro secundario C-IT-11 ..... L/900
L6.4-171: esquema eléctrico caja IT-12 y cuadro C-IT-12 ..... L/901
L6.4-172: cuadro secundario C-IT-12 ..... L/901
L6.4-174: esquema eléctrico caja IT-13 y cuadro C-IT-13 ..... L/902
L6.4-176: esquema eléctrico caja IT-14 y cuadro C-IT-14 ..... L/902
L6.4-177: cuadro secundario C-IT-13 y C-IT-14 ..... L/902
L6.4-178: esquema eléctrico caja IT-15 y cuadro C-IT-15 ..... L/903
L6.4-179: cuadro secundario C-IT-15 ..... L/903
L6.4-182: cuadro C-IT-16 ..... L/904
L6.4-183: esquema eléctrico caja IT-16 y cuadro C-IT-16 ..... L/905
L6.4-185: esquema eléctrico caja IT-17 y cuadro C-IT-17 ..... L/906
L6.4-186: cuadro C-IT-17 ..... L/906
L6.4-187: esquemas cajas de conexión líneas telefónica, TV e informática ramal 1.º L/907
L6.4-188: esquemas cajas de conexión líneas telefónica, TV e informática, ramal 2.º L/908
L6.4-189: cajas de conexión líneas telefónica, TV e informática ramal 2.º L/909
L6.4-191: alumbrado de emergencia (señalización) L/909
L6.4-194: esquema línea de conectores ramal izquierdo 1.º L/911
L6.4-195: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de tomas de corriente n.º 1 ..... L/912
L6.4-198: esquema línea de conectores ramal derecho 2.º L/914
L6.4-199: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de tomas de corriente n.º 2 ..... L/915
L6.4-201: esquema línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º L/917
L6.4-202: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de alumbrado n.º 1 ..... L/918
L6.4-205: esquema línea de alumbrado ramal derecho 2.º L/919
L6.4-206: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de alumbrado n.º 2 ..... L/920
L6.4-207: esquema de la maniobra del alumbrado de la 1.ª planta en el cuadro general L/921
L6.4-208: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la primera planta L/922

L

L6.4-209: descripción del funcionamiento de un compensador activo frente a una carga tipo RCD L/923
L6.4-210: curva de funcionamiento de un diferencial de 30 mA L/925
L6.4-211: circuito interno de un DDR L/926
L6.4-212: diagrama de proceso de un DDR “Si” superinmunizado .. L/926
L6.4-213: sumas vectoriales de las intensidades de las líneas de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la primera planta después de compensar los armónicos L/928
L6.4-214: sumas vectoriales de las intensidades de las líneas de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la primera planta después de compensar los armónicos L/928
L6.4-216: esquema línea acondicionamiento ramal izquierdo 1.º L/929
L6.4-218: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de acondicionamiento n.º 1 ..... L/930
L6.4-221: esquema línea acondicionamiento ramal derecho 2.º L/931
L6.4-222: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de acondicionamiento n.º 2 ..... L/932
L6.4-224: esquema línea acondicionamiento ramal 3.º L/932
L6.4-225: sumas vectoriales de las intensidades en la línea de acondicionamiento n.º 3 ..... L/933
L6.4-228: esquema línea ventilación ramal izquierdo 1.º L/934
L6.4-229: esquema línea ventilación ramal izquierdo 2.º L/934
L6.4-230: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de acondicionamiento ramales 1.º y 2 ..... L/934
L6.4-232: esquema línea informática ramal izquierdo 1.º L/935
L6.4-233: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º L/937
L6.4-235: esquema línea informática ramal derecho 2.º L/938
L6.4-236: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º L/940
L6.4-237: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º, aguas arriba del compensador activo L/941
L6.4-238: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º, aguas arriba del compensador activo L/942
L6.4-239: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º, aguas arriba del compensador activo y de la batería de compensación del factor de potencia L/942
L6.4-240: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º, aguas arriba del compensador activo y de la batería de compensación de factor de potencia L/943
L6.4-241: esquema de la distribución de las salidas de la línea en régimen IT de la primera planta L/945
L6.4-242: esquemas de las alimentaciones de las alarmas técnicas L/946
L6.4-243: bus control de aislamiento ramal izquierdo 1.º L/947
L6.4-244: bus control de aislamiento ramal derecho 2.º-1.ª L/947
L6.4-245: bus control de aislamiento ramal derecho 2.º-2.ª L/947
L6.4-246: situación en planta de las cargas L/950
L6.4-248: esquema eléctrico caja CC01 ..... L/951
L6.4-250: esquema eléctrico caja CC02 ..... L/952
L6.4-251: cuadro secundario C02 ..... L/953
L6.4-252: esquema eléctrico caja CC03-1 ..... L/953

L6.4-254: cuadro secundario C03-1 ..... L/954
L6.4-256: esquema eléctrico caja CC03-2 ..... L/955
L6.4-258: esquema eléctrico caja CC03-3 ..... L/956
L6.4-260: esquema eléctrico caja CC03-4 ..... L/957
L6.4-262: esquema eléctrico caja CC03-5 ..... L/958
L6.4-264: esquema eléctrico caja CC04 ..... L/959
L6.4-265: esquema eléctrico caja CC05 ..... L/959
L6.4-267: cuadro secundario C05 ..... L/960
L6.4-269: esquema eléctrico caja CC06 ..... L/961
L6.4-270: esquema eléctrico caja CC07 ..... L/961
L6.4-272: esquema eléctrico caja CC08 y cuadro secundario C08 .. L/962
L6.4-274: cuadro secundario C08 ..... L/963
L6.4-276: esquema eléctrico caja CC09-1 y cuadro secundario C09-1 ..... L/964
L6.4-277: cuadro secundario C09-1 ..... L/964
L6.4-279: esquema eléctrico caja CC09-2 ..... L/965
L6.4-281: esquema eléctrico caja CC09-3 ..... L/966
L6.4-283: esquema eléctrico caja CC09-4 ..... L/967
L6.4-285: esquema eléctrico caja CC09-5 ..... L/968
L6.4-287: esquema eléctrico caja CC11 ..... L/969
L6.4-288: esquema eléctrico caja CC10 y cuadro secundario C10 .. L/972
L6.4-290: cuadro secundario C10 ..... L/973
L6.4-292: esquema eléctrico caja IT-2-01 y cuadro C-IT-2-01 ..... L/976
L6.4-293: cuadro secundario C-IT-2-01 ..... L/976
L6.4-295: esquema eléctrico caja IT-2-02 y cuadro C-IT-2-02 ..... L/977
L6.4-296: cuadro secundario C-IT-2-02 ..... L/977
L6.4-298: esquema eléctrico caja IT-2-03 y cuadro C-IT-2-03 ..... L/979
L6.4-299: cuadro secundario C-IT-2-03 ..... L/979
L6.4-301: cuadro secundario C-IT-2-04 ..... L/979
L6.4-302: esquema eléctrico caja IT-2-04 y cuadro C-IT-2-04 ..... L/980
L6.4-304: esquema eléctrico caja IT-2-05 y cuadro C-IT-2-05 ..... L/981
L6.4-305: cuadro secundario C-IT-2-05 ..... L/981
L6.4-306: esquema eléctrico caja IT-2-06 y cuadro C-IT-2-06 ..... L/982
L6.4-308: cuadro secundario C-IT-2-06 ..... L/983
L6.4-310: cuadro secundario C-IT-2-07 ..... L/983
L6.4-311: esquema eléctrico caja IT-2-07 y cuadro C-IT-2-07 ..... L/984
L6.4-313: esquema eléctrico caja IT-2-08 y cuadro C-IT-2-08 ..... L/986
L6.4-314: cuadro secundario C-IT-2-08 ..... L/986
L6.4-316: esquema eléctrico caja IT-2-09 y cuadro C-IT-2-09 ..... L/987
L6.4-317: cuadro secundario C-IT-2-09 ..... L/987
L6.4-318: esquema eléctrico caja IT-2-10 y cuadro C-IT-2-10 ..... L/988
L6.4-320: cuadro secundario C-IT-2-10 ..... L/989
L6.4-322: esquema eléctrico caja IT-2-10 y cuadro C-IT-2-10 ..... L/990
L6.4-323: cuadro secundario C-IT-2-11 ..... L/990
L6.4-324: esquema eléctrico caja IT-2-12 y cuadro C-IT-2-12 ..... L/991
L6.4-326: cuadro secundario C-IT-2-12 ..... L/992
L6.4-328: esquema eléctrico caja IT-2-13 y cuadro C-IT-2-13 ..... L/993
L6.4-329: cuadro secundario C-IT-2-13 ..... L/993
L6.4-331: esquema línea de conectores ramal izquierdo 1.º L/995
L6.4-332: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de tomas de corriente n.º 1 ..... L/995
L6.4-334: esquema línea de conectores ramal izquierdo 2.º L/997
L6.4-335: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de tomas de corriente n.º 2 ..... L/1000
L6.4-336: sumas vectoriales de las intensidades en las dos líneas de tomas de corriente L/1001

L

L6.4-338: esquema línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º L/1002
L6.4-339: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de alumbrado n.º 1 ..... L/1003
L6.4-341: esquema línea de alumbrado ramal derecho 2.º L/1004
L6.4-342: sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de alumbrado n.º 2 ..... L/1005
L6.4-343: esquema de la maniobra del alumbrado de la 2.ª planta en el cuadro general L/1006
L6.4-344: sumas vectoriales de las intensidades de las líneas de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la 2.ª planta L/1007
L6.4-345: sumas vectoriales de las intensidades de las líneas de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la 1.ª planta después de compensar los armónicos L/1008
L6.4-347: esquema línea acondicionamiento planta 2.ª L/1009
L6.4-348: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de acondicionamiento L/1010
L6.4-350: esquema línea ventilación planta 2.ª L/1011
L6.4-351: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de ventilación L/1011
L6.4-353: esquema línea ventilación planta 2.ª L/1012
L6.4-354: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de agua sanitaria caliente L/1012
L6.4-356: esquema línea informática ramal izquierdo 1.º L/1013
L6.4-357: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º L/1014
L6.4-359: esquema línea informática ramal derecho 2.º L/1015
L6.4-360: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º L/1017
L6.4-361: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º, aguas arriba de compensador activo L/1018
L6.4-362: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º, aguas arriba del compensador activo L/1018
L6.4-363: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º, aguas arriba del compensador activo y de la batería de compensación del factor de potencia L/1019
L6.4-364: sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º, aguas arriba del compensador activo y de la batería de compensación de factor de potencia L/1019
L6.4-365: esquema de la distribución de las salidas de la línea en régimen IT de la primera planta L/1021
L6.4-366: esquemas de las alimentaciones de las alarmas técnicas L/1022
L6.4-367: bus control de aislamiento ramal izquierdo 1.º L/1023
L6.4-368: bus control de aislamiento ramal derecho 2.º L/1023
L6.4-369: esquema circuito TT del cuadro de distribución de la 1.ª planta L/1062
L6.4-371: esquema circuito IT del cuadro de distribución de la 1.ª planta L/1072
L6.4-372: cuadro distribución BT de la 2.ª o 3.ª planta, zona régimen TT L/1106
L6.4-374: cuadro distribución BT de la 2.ª o 3.ª planta, zona régimen IT L/1116

L6.4-377: conexiones del cuadro general de baja tensión a los cuadros generales de distribución en las plantas L/1134
L6.4-378: conexiones de los cuadros de protección y medida de las dos Cías. sumnistradoras, hasta el cuadro general de distribución de baja tensión L/1137
L6.4-379: cuadro de protección y medida Cía. A L/1138
L6.4-380: cuadro de protección y medida Cía. B L/1140
L6.4-381: conexiones del centro de transformación de la Cía. A de la caja de control y medida de la Cía. B a los cuadros de protección y medida de las dos Cías. suministradoras L/1141
L6.4-382 esquemas del cuadro general L/1151
L6.4-384: circuito equivalente de un defecto en un cable L/1156
L6.4-387: Puente de Murray L/1158
L6.4-388: Método de ecometría y ejemplo de formas de onda L/1159
L6.4-389: amplitud del reflejo en función de la resistencia del defecto L/1159
L6.4-390: diagrama del método de impulso corriente L/1160
L6.4-392: método BIMEC para localización de defectos entre conductores L/1162
L6.4-393: método inductivo para localizar cables y tuberías L/1163
L6.4-394: determinación de la posición y de la profundidad de un cable enterrado L/1164
L6.4-395: método de impulsos corriente para cable de transmisión L/1164
L6.4-396: forma de onda típica utilizando el esquema de la Fig. L6.4-395 ..... L/1165
L6.4-397: localización de defectos en cables con cubierta metálica utilizando los métodos de magnetómetro y POPIE L/1166
L6.4-419: situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales 1.º de la 1.ª planta L/1205
L6.4-420: situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales para el acondicionamiento, planta 1.ª L/1206
L6.4-421: situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales 3.º de la 3.ª planta L/1212
L6.4-422: situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales para el acondicionamiento, 3.ª planta L/1214
L6.4-423: situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales de la red para cargas informáticas de la 2.ª y 3.ª plantas L/1216
L6.4-424: impedancia ZL de un cable trifásico a 20 ºC, con conductores de cobre L/1221
L6.4-426: tramo de circuito del origen hasta las salidas del CGBT. L/1223
L6.4-427: tramo de circuito del CGBT hasta los bornes de los SAI L/1225
L6.4-428: tramo de circuito de los bornes de los SAI a los bornes de salida de los interruptores de salida del régimen IT L/1226
L6.4-429: tramo de circuito de los bornes de entrada al cuadro de distribución de planta CDP 1.ª, CDP 2.ª y CDP 3.ª a los bornes de salida de los interruptores seccionadores y de éstos al final de las líneas de cada ramal del régimen IT ... L/1229
L6.4-430: tramo de circuito del origen hasta las salidas del CGBT. L/1241
L6.4-431: conexiones del cuadro general de baja tensión a los cuadros generales de distribución en las plantas L/1242

L

L6.4-432: tramo de circuito del punto D, bornes de entrada de los interruptores de salidas a plantas, hasta los bornes de salida de los seccionadores de entrada de los cuadros de distribución de plantas L/1244
L6.4-433: tramo de los bornes de salida de los interruptores seccionadores de las entradas a los cuadros de distribución de las plantas, hasta los bornes de salida de los interruptores de salida de las líneas de los cuadros de distribución de plantas L/1249
L6.4-434: tramo de los bornes de salida de los interruptores automáticos del cuadro de distribución de la 1.ª planta, hasta los bornes de entrada de los cuadros de las cargas de planta L/1256
L6.4-435: tramo de los bornes de salida de los interruptores automáticos del cuadro de distribución de la 2.ª planta, hasta los bornes de entrada de los cuadros de las cargas de planta L/1261
L6.4-436: tramo de los bornes de salida de los interruptores automáticos del cuadro de distribución de la 3.ª planta, hasta los bornes de entrada de los cuadros de las cargas de planta L/1264
L6.4-437: tramo de circuito del origen hasta las salidas del CGBT. L/1269
L6.4-439: tramo de circuito de las salidas del CGBT a las entradas de los cuadros de distribución L/1271
L6.4-440: tramo de circuito de la entrada del cuadro de distribución de la 1.ª planta a las salidas de las líneas L/1272
L6.4-441: tramo de circuito de la entrada del cuadro de distribución de la 2.ª planta a las salidas de las líneas L/1273
L6.4-442: tramo de circuito de la entrada del cuadro de distribución de la 3.ª planta a las salidas de las líneas L/1273
L6.4-443: tramo de circuito de la salida del cuadro de distribución de la 1.ª planta a la última caja de conexiones de las líneas L/1274
L6.4-444: tramo de circuito de la salida del cuadro de distribución de la 2.ª planta a la última caja de conexiones de las líneas L/1275
L6.4-445: tramo de circuito de la salida del cuadro de distribución de la 3.ª planta a la última caja de conexiones de las líneas L/1276
L6.4-447: tramo de circuito de la salida de los SAI hasta el cuadro CGBT, y de éste a las salidas a los cuadros de distribución de las plantas L/1279
L6.4-448: tramo de circuito de la entrada del CDP 1.ª hasta las salidas, y de éstas hasta la última caja de conexiones de las líneas de distribución L/1280
L6.4-449: tramo de circuito de la entrada del CDP 2.ª hasta la salidas, y de éstas hasta la última caja de conexiones de las líneas de distribución L/1281
L6.4-450: tramo de circuito de la entrada del CDP 3.ª hasta la salidas, y de éste hasta la última caja de conexiones de las líneas de distribución L/1282
L6.4-451: ejemplo de coexistencia entre los diversos ECT L/1292
L6.4-452: corriente y tensión de defecto en el esquema TN L/1292
L6.4-453: corriente y tensión de defecto en un esquema TT L/1294

L6.4-454: corriente del primer defecto de aislamiento en el esquema IT L/1295
L6.4-455: corriente del 2.º defecto en el esquema IT (neutro distribuido) y salidas que tienen la misma sección y longitud L/1296
L6.4-457: circuito de fuga en un abonado y repercusión a otro abonado L/1300
L6.4-458: circuito de fuga del abonado de la vivienda con fuga L/1300
L6.4-459: circuito de choque para el abonado sin fuga L/1300
L6.4-460: incidencia de la tensión de choque del abonado sin fuga . L/1301
L6.4-461: situación de las puestas a tierra del edificio (sección) L/1306
L6.4-462: situación en planta de las diferentes tomas de tierra del edificio L/1307
L6.4-463: esquema del circuito de régimen TT del origen a la tercera planta L/1310
L6.4-464: la corriente de choque en el tramo con más riesgo para el cuerpo humano L/1313
L6.4-465: efecto de la corriente de choque en el tramo con más riesgo para el cuerpo humano L/1313
L6.4-466: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B L/1314
L6.4-467: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al L33-A01 ..... L/1314
L6.4-468: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al M33-R03. ..... L/1317
L6.4-469: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al I33-I06 ..... L/1318
L6.4-470: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al I33-I06 ..... L/1319
L6.4-471: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al I33-I06 ..... L/1321
L6.4-472: esquema del circuito de régimen TT del origen a la primera planta L/1323
L6.4-473: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B L/1324
L6.4-474: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al L11-A01 ..... L/1326
L6.4-475: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al K11-A23 ..... L/1327
L6.4-476: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al N11-R04 ..... L/1328
L6.4-477: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al I11-I01 ..... L/1329
L6.4-478: protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al G1-C24 ..... L/1330
L6.4-479: esquema de la distribución de la red de régimen IT L/1330
L6.4-481: circuito en régimen IT con fuga. L/1344
L6.4-482: distribución de las líneas de la 1.ª planta correspondientes al ejemplo L/1347
L6.4-483: cuadro de distribución líneas del régimen IT correspondientes al ejemplo. L/1348
L6.4-489: esquema de las dos redes equipotenciales, en la red de régimen IT L/1365
L6.4-490: conexión equipotencial de las cargas de régimen IT y de las carcasas de los cuadros L/1366

L

L6.4-491: característica de desconexión de los interruptores automáticos con relés electrónicos L/1367
L6.4-492: característica de desconexión de los interruptores automáticos con relés electrónicos L/1368
L6.4-493: tiempos de desconexión de las protecciones en el régimen IT L/1370
L6.4-494: función esquemática de las dos redes equipotenciales del circuito L/1371
L6.4-495: esquema de las resistencias de los dos circuitos equipotenciales L/1372
L6.4-496: diagrama del nivel de causa permitido por las protecciones al cuerpo humano L/1373
L6.4-497: situación de las tomas de tierra del edificio L/1377
L6.4-498: absorción y neutralización de las cargas de las partículas que constituyen los rayos L/1378
L6.4-499: jaula de Faraday L/1381
L6.4-500: registros de mantenimiento para las tomas de tierra L/1383
L6.4-501: situación de los descargadores de sobretensión en el CGBT L/1385
L6.4-502: situación de los descargadores de sobretensión en los cuadros de distribución de las plantas L/1389
L6.4-503: principio de la protección de un circuito con interruptor automático L/1391
L6.4-504: diagrama de las corrientes definitorias en la protección L/1391
L6.4-528: diagrama de actuación de los dos relés electrónicos L/1463
L6.4-530: esquema del circuito de control del aislamiento y control de la calidad de la energía L/1490
L6.4-533: diagrama de utilización del factor de simultaneidad L/1503
L6.4-534: diagrama detalle del inicio del régimen IT L/1504
L6.4-535: situación del espacio para los cuadros eléctricos L/1505
L6.4-536: situación cuadros 1.ª planta L/1505
L6.4-537: situación cuadros 2.ª planta L/1506
L6.4-538: situación cuadros 3.ª planta L/1506
L6.4-539: SAI de 120 kVA y 1 hora de reserva L/1508
L6.4-540: cuadro general de baja tensión CGBT L/1510
L6.4-546: cuadro de distribución 1.ª planta régimen TT L/1513
L6.4-547: cuadro de distribución 1.ª planta régimen IT L/1528
L6.4-548: cuadro de distribución 2.ª planta régimen TT L/1530
L6.4-549: cuadro de distribución 2.ª planta régimen IT L/1532
L6.4-550: cuadro para el control de las salidas de los SAI L/1534
L6.4-552: alimentación desde tres fuentes L/1551
L6.4-553: alimentación desde dos fuentes L/1551
L6.4-555: alimentaciones con diversas fuentes y SAI L/1553
L6.4-556: esquema general de distribución en un centro hospitalario o de uso clínico L/1555
L6.4-557: situación de los puntos luz de seguridad L/1556
L6.4-559: calidad de la onda senoidal a la salida de un SAI en función del tipo de filtraje L/1579
L6.4-560: planta de distribución de quirófanos L/1580
L6.4-561: perspectiva de un quirófano y dependencias adyacentes L/1581
L6.4-562: esquema de distribución zona de quirófanos L/1583
L6.4-563: distribución de conducciones y servicios en un grupo de quirófanos L/1585

L6.4-564: planta de distribución de UVIs L/1590
L6.4-565: perspectiva de un quirófano y dependencias adyacentes L/1590
L6.4-566: esquema de distribución zona de UVIs L/1593
L6.4-567: circuito zona UVIs L/1594
L6.4-568: distribución de conducciones y servicios en un grupo de quirófanos. L/1595
L6.4-569: circuito en régimen IT con fuga. L/1601
L6.4-570: esquema del circuito de fuga. L/1602
L6.4-571: distribución de las caídas de tensión en el conductor de protección, en un quirófano L/1603
L6.4-572: separación de circuitos en un quirófano a través de un aislador de aislamiento. L/1605
L6.4-573: comportamiento de los interruptores automáticos y diferenciales, al primer defecto, en un circuito de régimen IT, aguas a bajo de un SAI L/1605
L6.4-574: comportamiento de los interruptores automáticos y diferenciales, al segundo defecto, en un circuito de régimen IT, aguas abajo de un SAI L/1606
L6.4-575: conexiones del conductor de protección de dos circuitos de régimen IT separados galvánicamente por un transformador, alternativa 1.ª L/1608
L6.4-576: conexiones del conductor de protección de dos circuitos de régimen IT separados galvánicamente por un transformador, alternativa 2.ª L/1608
L6.4-577: esquema circuito de control del aislamiento para una red ECT IT reducida L/1609
L6.4-578: esquema del circuito de control de aislamiento de la red de régimen IT de la zona quirófanos L/1615
L6.4-579: esquema del circuito de control de aislamiento de la red de régimen IT de la zona UVIs L/1619
L6.4-580: esquema general de un centro hospitalario o de uso clínico con control de la calidad de la energía L/1625
L6.4-581: esquema de conexión de un analizador de red de 4 hilos L/1628
L6.4-582: esquema de conexión de una central de medida L/1629
L6.4-583: esquema de control de la calidad y control general del control de aislamiento y la calidad L/1631
L6.4-584: reparto de la corriente de fuga en el primer nivel L/1635
L6.4-585: efectos de la corriente de fuga a través del cuerpo humano en el primer nivel L/1636
L6.4-586: reparto de la corriente de fuga segundo nivel L/1637
L6.4-587: efectos de la corriente de fuga a través del cuerpo humano en el segundo nivel L/1637
L6.4-588: reparto de la corriente de fuga tercer nivel L/1638
L6.4.-589: efectos de la corriente de fuga a través del cuerpo humano tercer nivel L/1639
L6.4-590: reparto de la corriente de fuga cuarto nivel L/1640
L6.4-591: efectos de la corriente de fuga a través del cuerpo humano cuarto nivel L/1640

6.5. Instalaciones eléctricas en función de la actividad
L6.5-001: equipo con grupo generador a BT de clase I o clase II .. L/1676
L6.5-002: equipo con grupo generador a BT de clase II L/1678
L6.5-003: equipo con alimentación exterior L/1680

L

L6.5-004: equipo con alimentación exterior L/1681
L6.5-005: equipo con alimentación exterior fija y alimentación interna en ECT IT L/1682
L6.5-006: equipo con alimentación exterior fija y alimentación interna en ECT IT con control de aislamiento L/1683
L6.5-007: equipo con alimentación exterior fija y alimentación interna en ECT TN L/1685
L6.5-008: equipo con alimentación exterior fija a través de un transformador de aislamiento L/1686
L6.5-009: esquema de conexión de los dispositivos para el control del aislamiento de circuitos de CC, TRA5 y XM200 ..... L/1693
L6.5-010: circuitos separados con puestas a tierra independientes L/1694
L6.5-011: controladores de aislamiento y contactores de desconexión de la alimentación L/1695
L6.5-012: situación de las protecciones contra sobreintensidades. L/1699
L6.5-013: placas solares al aire libre y protecciones con pararrayos L/1700
L6.5-014: placas solares al aire libre en zonas urbanas L/1702

6.7. Instalaciones eléctricas al aire libre

L6.7-001: parque de caravanas L/1714
L6.7-002: esquema de los puntos de alimentación a las caravanas o tiendas L/1714
L6.7-003: esquema acometida para un punto, empotrado, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red aérea. Suministro Cía. L/1715
L6.7-004: esquema acometida para un punto, aéreo, de alimentación de parcelas para parques de caravanas aérea. Suministro Cía. L/1717
L6.7-005: esquema acometida para un punto, empotrado, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red subterránea. Suministro Cía. L/1719
L6.7-006: esquema acometida para un punto, aéreo, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red subterránea. Suministro Cía. L/1720
L6.7-007: esquema acometida para un punto, empotrado, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red aérea. Suministro particular L/1722
L6.7-008: esquema acometida para un punto, aéreo, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red aérea. Suministro particular L/1724
L6.7-009: esquema acometida para un punto, empotrado, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red subterránea. Suministro particular L/1725
L6.7-010: esquema acometida para un punto, aéreo, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red subterránea. Suministro particular L/1726
L6.7-011: esquema cuadro general de una distribución propia L/1728
L6.7-012: distribución aérea L/1730
L6.7-013: distribución subterránea L/1730
L6.7-014: configuración de la puesta a tierra R_{AT} L/1733

L6.7-015: ábaco de la tensión de contacto máxima, bajo el DDR de 30 mA L/1734
L6.7-016: zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas L/1735
L6.7-017: selectividad en las protecciones contra las corrientes de choque L/1736
L6.7-018: ábaco de la tensión de contacto máxima, bajo el DDR de 300 mA L/1737
L6.7-019: zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas L/1738
L6.7-020: ábaco de la tensión de contacto máxima, bajo el DDR de 500 mA L/1740
L6.7-021: zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas L/1741
L6.7-022: situación de una red de pararrayos en el área de un parque de caravanas L/1743
L6.7-023: pararrayos de campo abierto L/1743
L6.7-024: situación de un conductor de guarda L/1744
L6.7-026: conducción de la unión entre punto de alimentación y caravana o tienda. L/1747
L6.7-027: esquema cuadro general caravana o tienda L/1748
L6.7-028:establos, gallineros, porquerizas, pajares, etc. L/1752
L6.7-029:extracción de agua por bombeo L/1753
L6.7-030: tratamiento de residuos orgánicos L/1753
L6.7-031: esquema de fuga régimen TT L/1755
L6.7-032: reparto de la corriente de fuga, al contacto de una persona a una masa con fuga L/1755
L6.7-033: circuito de distribución L/1756
L6.7-034: zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas L/1759
L6.7-035: distancias mínimas de los equipos de calefacción L/1760
L6.7-036: pararrayos en campo abierto L/1762
L6.7-037: situación de un pararrayos en una alimentación L/1762
L6.7-039: cercas eléctricas para ganado L/1765
L6.7-040: cartel indicador de cerca eléctrica L/1766
L6.7-041: esquema del cuadro para la cerca y su entorno L/1766
L6.7-042: separación de dos tramos de cerca con dos alimentaciones distintas L/1767
L6.7-043: puertas de las cercas. L/1767
L6.7-044: cobertura con pararrayos y cables de guarda de una superficie cercada L/1768

6.8. Instalaciones eléctricas provisionales

L6.8-001: acometida aérea de un suministro por una Cía. L/1774
L6.8-002: esquema de distribución general L/1775
L6.8-003: acometida aérea de un suministro por un generador portátil L/1776
L6.8-004: esquema de distribución general L/1777
L6.8-005: distribución general en una obra de pequeño o mediano volumen L/1777
L6.8-006: cuadro general de una obra de gran volumen L/1778
L6.8-007: distribución general en una obra de gran volumen L/1779
L6.8-008: esquema y cuadro de distribución CDBT L/1781
L6.8-009: esquema de fuga régimen TT L/1783

L

L6.8-010: reparto de la corriente de fuga, al contacto de una persona a una masa con fuga L/1784
L6.8-011: circuito de distribución L/1784
L6.8-012: zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas L/1788
L6.8-013: cable de guarda y pararrayos en los postes de suministro L/1791
L6.8-014: cono de protección de un pararrayos L/1791
L6.8-015: pararrayos en una grúa para obras L/1792
L6.8-016: esquema de la fuga régimen TT L/1796
L6.8-017: reparto de la corriente de fuga, al contacto de una persona a una masa con fuga L/1796
L6.8-018: circuito de distribución L/1797
L6.8-019: zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas L/1800
L6.8-020: esquema del punto de conexión sin contaje L/1804
L6.8-021: esquema del punto de conexión con contaje L/1804
L6.8-022: distribución de los puntos de conexión en interiores L/1805
L6.8-023: distribución con canalizaciones prefabricadas L/1806
L6-8-024: distribución con conductores y canalizaciones L/1806
L6.8-025: distribución en las ferias al aire libre L/1806
L6.8-026: cofrets con la aparamenta para dos puntos de alimentación L/1807
L6.8-027: distribución aérea. L/1808
L6.8-028: generador portátil L/1810
L6.8-029: pararrayos para recintos feriales al aire libre L/1811
L6.8-030: pararrayos para recintos feriales, provisionales con cubierta al aire libre L/1812
L6.8-031: esquema cuadro punto de alimentación para tres cargas L/1814

L

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias

6.4. Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA. ITC-BT-18

1. Objeto L/1647
2. Puesta o conexión a tierra. Definición L/1647
3. Uniones a tierra L/1647
   - 3.1. Tomas de tierra L/1648
   - 3.2. Conductores de tierra L/1648
   - 3.3. Bornes de puesta a tierra L/1649
   - 3.4. Conductores de protección L/1649
4. Puestas a tierra por razones de protección L/1651
   - 4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto L/1651
5. Puestas a tierra por razones funcionales L/1651
6. Puesta a tierra por razones combinadas de protección y funcionales L/1651
7. Conductores CPN (también denominados PEN) L/1651
8. Conductores de equipotencialidad L/1652
9. Resistencia de las tomas de tierra L/1652
10. Tomas de tierra independientes L/1654
11. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación L/1654
12. Revisión de las tomas de tierra L/1655

INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA. ITC-BT-28

1. Campo de aplicación L/1655
2. Alimentación de los servicios de seguridad L/1656
   - 2.1. Generalidades y fuentes de alimentación L/1656
   - 2.2. Fuentes propias de energía L/1657
   - 2.3. Suministros complementarios o de seguridad L/1657
3. Alumbrado de emergencia L/1658
   - 3.1. Alumbrado de seguridad L/1658
     - 3.1.1. Alumbrado de evacuación L/1658
     - 3.1.2. Alumbrado de ambiente o antipánico L/1659
     - 3.1.3. Alumbrado de zonas de alto riesgo L/1659
   - 3.2. Alumbrado de reemplazamiento L/1659
   - 3.3. Lugares en que deberá instalarse alumbrado de emergencia L/1660
     - 3.3.1. Con alumbrado de seguridad L/1660
     - 3.3.2. Con alumbrado de reemplazamiento L/1660
   - 3.4. Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia L/1661
     - 3.4.1. Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia L/1661
     - 3.4.2. Luminaria alimentada por fuente central L/1661
4. Prescripciones de carácter general L/1661
5. Prescripciones complementarias para locales de espectáculos y actividades recreativas L/1663
6. Prescripciones complementarias para locales de reunión y trabajo L/1664

L

INSTALACIONES DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, GESTIÓN TÉCNICA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS. ITC-BT-51

1. Objeto y campo de aplicación L6/1665
2. Terminología L6/1665
3. Tipos de sistemas L6/1666
4. Requisitos generales de la instalación L6/1666
5. Condiciones particulares de instalación L6/1667
   - 5.1. Requisitos para sistemas que usan señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de baja tensión L6/1667
   - 5.2. Requisitos para sistemas que usan señales transmitidas por cables específicos para dicha función .. L6/1667
   - 5.3. Requisitos para sistemas que usan señales radiadas .. L6/1668

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. REQUISITOS PARTICULARES PARA LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN QUIRÓFANOS Y SALAS DE INTERVENCIÓN. ITC-BT-38

1. Objeto y campo de aplicación L6/1668
2. Condiciones generales de seguridad e instalación L6/1668
   - 2.1. Medidas de protección L6/1668
     - 2.1.1. Puestas a tierra de protección. L6/1668
     - 2.1.2. Conexión de equipotencialidad L6/1669
     - 2.1.3. Suministro a través de un transformador de aislamiento L6/1669
     - 2.1.4. Protección diferencial y contrasobreintensidades. L6/1670
     - 2.1.5. Empleo de muy baja tensión de seguridad L6/1670
   - 2.2. Suministros complementarios L6/1670
   - 2.3. Medidas contra el riesgo de incendio o explosión. L6/1671
   - 2.4. Control y mantenimiento L6/1672
     - 2.4.1. Antes de la puesta en servicio de la instalación . L6/1672
     - 2.4.2. Después de su puesta en servicio L6/1672
     - 2.4.3. Libro de mantenimiento L6/1672
3. Condiciones especiales de instalación de receptores en quirófanos y salas de intervención L6/1673

6.5. Instalaciones eléctricas en función de la actividad

INSTALACIONES DE RECEPTORES. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-43

1. Introducción L6/1703
2. Generalidades L6/1703
   - 2.1. Condiciones generales de instalación L6/1703
   - 2.2. Clasificación de los receptores L6/1703
   - 2.3. Condiciones de utilización L6/1704
   - 2.4. Tensiones de alimentación L6/1704
   - 2.5. Conexión de receptores L6/1704
   - 2.6. Utilización de receptores que desequilibren las fases o produzcan fuertes oscilaciones de la potencia absorbida L6/1705
   - 2.7. Compensación del factor de potencia L6/1706

L

6.6. Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MUEBLES. ITC-BT-49

1. Objetos y campos de aplicación L6/1711
2. Muebles no destinados a instalarse en cuartos de baño L6/1711
   - 2.1. Aspectos generales L6/1711
   - 2.2. Canalizaciones L6/1711
   - 2.3. Sección de los conductores L6/1712
   - 2.4. Protección mecánica de los cables L6/1712
   - 2.5. Conexiones L6/1712
3. Muebles en cuartos de baño L6/1712

6.7. Instalaciones eléctricas al aire libre

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN CARAVANAS Y PARQUES DE CARAVANAS. ITC-BT-41

1. Objeto y campo de aplicación L6/1769
2. Condiciones generales de instalación L6/1769
3. Equipos y materiales L6/1769

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. CERCAS ELÉCTRICAS PARA GANADO. ITC-BT-39

1. Objeto y campo de aplicación L6/1769
2. Alimentación L6/1770
3. Prescripciones particulares L6/1770

6.8. Instalaciones eléctricas provisionales

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRAS. ITC-BT-33

1. Campo de aplicación L6/1817
2. Características generales L6/1817
   - 2.1. Alimentación L6/1817
3. Instalaciones de seguridad L6/1817
   - 3.1. Alumbrado de seguridad L6/1817
   - 3.2. Otros circuitos de seguridad L6/1817
4. Protección contra los choques eléctricos L6/1818
   - 4.1. Medidas de protección contra contactos directos L6/1818
   - 4.2. Medidas de protección contra contactos indirectos L6/1818
5. Elección e instalación de los equipos L6/1818
   - 5.1. Reglas comunes L6/1818
   - 5.2. Canalizaciones L6/1818
   - 5.3. Cables eléctricos L6/1819
6. Aparamenta L6/1819
   - 6.1. Aparamenta de mando y seccionamiento L6/1819

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. FERIAS Y STANDS. ITC-BT-34

1. Campo de aplicación L6/1819
2. Características generales L6/1820
   - 2.1. Alimentación L6/1820
   - 2.2. Influencias externas L6/1820
3. Protección para garantizar la seguridad L6/1820
   - 3.1. Protección contra contactos directos e indirectos L6/1820
   - 3.2. Medidas de protección en función de las influencias externas L6/1821
   - 3.3. Medidas de protección contra sobreintensidades L6/1821

L

4. Protección contra el fuego L6/1821
5. Protección contra altas temperaturas L6/1821
6. Aparamenta y montaje de equipos L6/1821
6.1. Reglas comunes L6/1821
6.2. Cables eléctricos L6/1822
6.3. Canalizaciones L6/1822
6.4. Otros equipos L6/1822
6.4.1. Luminarias L6/1822
6.4.2. Alumbrado de emergencia L6/1822
6.4.3. Interruptores de emergencia L6/1822
6.4.4. Bases y tomas de corriente L6/1822
6.5. Conexiones a tierra L6/1823
6.6. Conductores de protección L6/1823
6.7. Cajas, cuadros y armarios de control L6/1823

6.4. Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia

La instrucción ITC-BT-28 tiene por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad, en especial aquellas dedicadas a alumbrado que faciliten la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios. No obstante esta prevención no es suficiente. Se deben garantizar el suministro de energía, su control, su consumo y la calidad de la misma.
Las instalaciones no variarán, en términos generales, a las que se han descrito en el apartado 6.3. "Instalaciones eléctricas en viviendas", página L/467 del Volumen 5.1., puesto que también son instalaciones para el uso de las personas. Pero en la condición con respeto a la multitud, atendiendo a la seguridad, para el comportamiento y necesidades de una multitud o colectivo sí que hay diferencias.

La ITC-BT-28 "Instalaciones en locales de pública concurrencia", incide esencialmente en dos aspectos:
- La seguridad del suministro.
- La seguridad del alumbrado y la función de orientación del mismo en todas las circuntancias posibles.

La consideración de "Locales de pública concurrencia"

La ITC-BT-28 considera que los locales que se incluyen en el concepto de locales de pública concurrencia son:
- Los locales que con respecto a su función, e independientemente de su capacidad de albergue de personas, entran en el concepto de locales de pública concurrencia.
- Locales que en función de su capacidad de albergue de personas, entran en el concepto de locales de pública concurrencia.

Los locales que con respecto a su función, e independientemente de su capacidad de albergue de personas, entran en el concepto de locales de pública concurrencia	Locales de espectáculos y actividades recreativas	■ Cines ■ Ferias fijas ■ Teatros ■ Plazas de toros ■ Auditorios ■ Hipódromos ■ Salas de fiesta ■ Estadios ■ Discotecas ■ Salas de juegos de azar ■ Pabellones deportivos ■ Parques de atracciones
	Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios	■ Museos ■ Templos ■ Asilos ■ Hospitales ■ Guarderías ■ Cafeterías ■ Casinos ■ Bares ■ Hoteles ■ Hostales ■ Restaurantes o similares ■ Zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales ■ Aeropuertos ■ Estaciones de viajeros ■ Estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos ■ Ambulatorios y sanatorios ■ Salas de conferencias y congresos

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Locales que en función de su capacidad de albergue de personas, entran en el concepto de locales de pública concurrencia	Si se sobrepasa la capacidad máxima de 50 personas	■ Bibliotecas ■ Centro de enseñanza ■ Consultorios médicos ■ Establecimientos comerciales ■ Oficinas con presencia de público ■ Residencias de estudiantes ■ Gimnasios ■ Salas de exposiciones ■ Centros culturales ■ Clubes sociales y deportivos
También se considerarán "Locales que en función de su capacidad de albergue de personas, entran en el concepto de locales de pública concurrencia" todos aquellos que no han sido relacionados y albergan 100 o más personas.		

El concepto de ocupación se cuantifica en una persona por cada 0,8 m^2 de superficie útil, no contabilizando los pasillos, los repartidores, los vestíbulos (si sólo son utilizados para el tránsito) y los servicios.
En edificios, locales, inmuebles de cierta altura: que presentan condiciones de evacuación, catalogados en la UNE 20-460-3 como locales de condiciones de evacuación BD2, BD3 y BD4, se considerarán edificios de pública concurrencia aplicándoles las prescripciones de la ITC-BT-28.
En el 1.er Volumen encontraremos la Tabla F8-001, página F/336, que nos especifica el significado de las siglas BD2, BD3 y BD4.

Instalaciones de seguridad y de sustitución

Las instalaciones eléctricas que aseguran una función esencial a la seguridad del personal, denominadas instalaciones de seguridad, deben establecerse en las condiciones de la ITC-BT-28 y las que albergan trabajadores además deben cumplir las correspondientes a la normativa sobre ellos.

Las instalaciones de seguridad comprenden

■ Las instalaciones que aseguran el alumbrado de seguridad.
■ Las instalaciones donde el mantenimiento del servicio es necesario para asegurar la seguridad de las personas en caso de siniestro, tales como:
□ Los dispositivos de alarma.
□ La señalización de seguridad.
□ Las telecomunicaciones internas de seguridad.
□ Las instalaciones para extinción de incendios.
□ Los compresores de aire de los sistemas de extinción automática por agua, etc.

En este Manual teórico-práctico de Schneider Electric, sólo se tratarán estos puntos desde la perspectiva de las instalaciones de alimentación.

Conceptos de seguridad en la red de suministro en BT

En la construcción de redes de BT es posible utilizar numerosas opciones técnicas que determinan niveles de seguridad diferentes.

Pero, ¿con cuál quedarse?

Cada una de ellas tiene la influencia apetecida cuando se aplica sobre el escalón adecuado.
La respuesta lógica en el diseño de una red de BT no será, pues, el elegir e instalar al azar multitud de materiales eficientes y fiables, convencido de que "al menos en éstos uno queda tranquilo".

De hecho cada aplicación o ámbito de utilización de la energía eléctrica de BT requiere un nivel de calidad y seguridad adaptado al mismo. Éste depende, por ejemplo, del sector de actividad y de los imperativos de la explotación:

■ El sector servicios está constituido por los pequeños comercios, escuelas..., hasta grandes superficies, bancos, inmuebles de despachos, grandes hospitales... La continuidad de servicio eléctrico y el control y la fiabilidad en el manejo de la información es muy importante.

■ La industria agrupa principalmente todas las fábricas, talleres (automóviles, aeronáutica, textil...). Tiene determinadas necesidades de distribución (protección y estructura de la red) y necesidades ligadas al proceso (mando motor, servidumbres); el proceso es muy importante en la producción continua de la industria petroquímica, las fábricas de cemento, la industria agroalimentaria...

¿En qué aspecto presentan estos sectores necesidades diferentes?

Accidentes como el de Bhopal (diciembre de 1984), Tchernobyl (abril de 1986), Pasadena (octubre de 1989) o el del Concord en el verano de 2000, los apagones en los EEUU e Italia en 2003, han demostrado la existencia de riesgos considerables para las personas y sus entornos.

De ahí la frecuente pregunta...

"¿Es esto seguro?"

De hecho esta pregunta ¿Es esto seguro? no tiene sentido. El fallo tiene siempre una probabilidad, por pequeña que sea, de que se produzca; la pregunta correcta es, pues:

"¿Es esto bastante seguro?"
"¿Está correctamente mantenido?"

Para todos los sectores esto se traduce en la elección de un nivel aceptable de probabilidad de fallo o de suministro peligroso (en términos económicos).
El nivel cultural social debe configurar los niveles:

■ En las telecomunicaciones, France-Telecom tiene una probabilidad de no disponibilidad de 1 h/siglo para las centrales telefónicas ($\lambda < 10^{-7}\ h^{-1}$).

■ En el transporte aéreo, se han fijado dos condiciones de seguridad:

□ Que todo fallo "global catastrófico" sea extremadamente improbable ($\lambda < 10^{-9}\ h^{-1}$).

□ Que todo fallo "crítico" sea extremadamente raro ($\lambda < 10^{-7}\ h^{-1}$).

Esta cifra se puede comparar con la probabilidad ($\lambda < 10^{-6}$) que un ser humano de 20 años pierda la vida en la próxima hora.

■ En la banca, los cortes de la alimentación provocan no sólo la pérdida de datos, sino también registros de operaciones erróneos. Los costes de rastreo y de recuperación de los errores son los elementos de referencia.

■ En los hospitales es la seguridad de las personas la que hay que considerar inmediatamente en caso de un fallo. En particular, las salas de operaciones y la reanimación se estudian para ser lugares de alto nivel de seguridad.

■ En medios industriales, los fallos tienen también una influencia importante en términos de continuidad de servicio. En un artículo de Y. Lafargue, aparecido en el periódico "Le Monde", se citan dos ejemplos:

□ Para BSN, 10 minutos de parada provocan la pérdida de producción de 20.000 latas.

□ Para Peugeot, sobre una producción de 1.650 vehículos por día, 1 hora de fallo informático supone 100 vehículos menos fabricados, o sea dejan de ganar 4 millones de francos.

Esto permite entender el interés que puede tener un industrial en la disponibilidad de la energía eléctrica, dado que es ella la que permite toda la actividad de su empresa.

■ En los campos donde se practica el deporte espectáculo, en las salas de espectáculos y en términos generales donde exista una concentración de personas, un fallo de suministro puede provocar una situación de pánico.

Así pues, sea en el sector servicios o en el industrial, los fallos pueden tener repercusiones económicas y ocasionar daños e incluso peligros.

Todo lo dicho puede afectar a nuestra vida diaria, pero sí estamos en disposición de poder calcular una tasa de fallo adecuada (ver el capítulo K, apartado 4.5. "La calidad en la red", página K/335 del 4.º Volumen) para la cual un buen servicio en el 99% de los casos ($\lambda = 10^{-2}$) se traduce en:

■ Falta de electricidad o de agua durante algunas decenas de horas cada año.

■ El teléfono y la televisión estarían fuera de servicio más de 10 minutos por semana.

■ 400 cartas por hora no llegarían jamás a su destino.

Mediante estos ejemplos imaginarios se evidencian las consecuencias de la elección de un nivel de seguridad.

Para los técnicos un buen estudio de correlación de las magnitudes interactivas "Disponibilidad", "Fiabilidad", "Mantenibilidad" y "Seguridad" nos puede dar el punto óptimo en el nivel del conocimiento científico del momento.

No por incrementar al máximo una de ellas obtendremos el punto óptimo, por ejemplo: un avión tiene la máxima seguridad cuando está parado en tierra, si deseamos el máximo de seguridad no podremos tener disponibilidad de volar. En este mismo avión cuanto mayor sea el grado de revisión "Mantenibilidad" menos tiempo estará disponible "Disponibilidad", pero de una óptima relación entre mantenibilidad y disponibilidad obtendremos la mejor seguridad disponible, bajo los conocimientos del momento.

Hemos de prestar atención a todos los circuitos, por simples que parezcan; por ejemplo el fallo en el circuito rojo de los semáforos de una ciudad es un problema, el mismo fallo en el circuito verde puede ser una catástrofe.

En este capítulo intentaremos exponer el proceso de la elección más adecuada, pero sería conveniente dar un repaso a los conceptos de seguridad (ver CT-144 de Merlin Gerin).

Solamente atendiendo a una equilibrada correlación (en función de los conocimientos tecnológicos del momento) de los conceptos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad, expresados por la IEC en su norma n.º 191 de 1988, en la que define:

■ Fiabilidad: la fiabilidad es la probabilidad que una entidad pueda cumplir una función requerida, en las condiciones determinadas, durante un tiempo predeterminado $[t_1, t_2]$; que se expresa R (t_1, t_2).

■ Disponibilidad: la disponibilidad es la probabilidad que una entidad pueda cumplir una función requerida, en las condiciones determinadas, en un instante dado t, suponiendo que el suministro de los medios externos necesarios están asegurados; que se expresa D (t).

■ Mantenibilidad: la posibilidad de mantenimiento es la probabilidad de que una operación dada de mantenimiento pueda ser realizada en un intervalo de tiempo dado $[t_1, t_2]$; que se expresa por M (t_1, t_2).

■ Seguridad: la seguridad es la probabilidad de evitar un acontecimiento peligroso.

(La noción de seguridad está estrechamente ligada al riesgo que de ella misma depende, no solamente de la probabilidad de que ocurra, pero sí de la gravedad del hecho.)

Relaciones directas e inversas de las magnitudes

Ciertas magnitudes características de la seguridad pueden parecer contradictorias:

■ El mejoramiento de la mantenibilidad puede conllevar elecciones que degraden la fiabilidad (por ejemplo la incorporación de componentes para facilitar el montaje y desmontaje).

■ La disponibilidad es pues un compromiso entre la fiabilidad y la mantenibilidad; un estudio de seguridad permite valorar en cifras este compromiso.

■ Por lo mismo, la seguridad y la disponibilidad pueden parecer contradictorias.

Hemos visto que la seguridad es la probabilidad de evitar un acontecimiento peligroso. Ella tiene, a menudo, un máximo cuando el sistema está parado, pero la disponibilidad es entonces nula: este es el caso cuando uno cierra la circulación por riesgos de hundimientos, desplomes, riadas...).

■ A la inversa por mejorar la disponibilidad de sus aparatos ciertas compañías aéreas pueden estar tentadas a disminuir el tiempo del mantenimiento preventivo, disminuyendo la seguridad de vuelo.

Solamente en una correcta correlación entre las magnitudes expuestas encontraremos el punto de equilibrio.

No por disponer de más elementos de seguridad el circuito es más seguro, sino por la función y aplicación equilibrada de estos elementos en función del presunto riesgo.

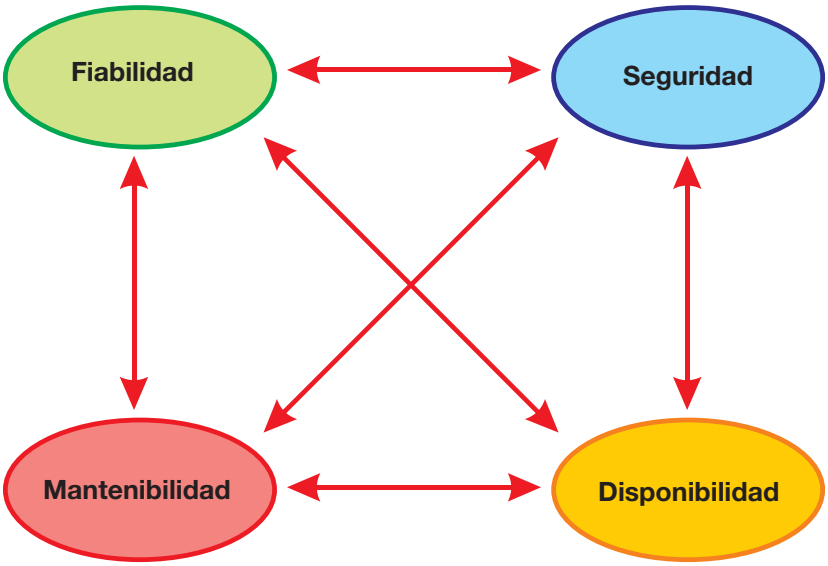


Fig. L6.4-001: *correlación de las magnitudes de seguridad.*

La ITC-BT-28 expone las prescripciones de control de la alimentación y el alumbrado de seguridad. Pero para una seguridad de mantenimiento intervienen todos los puntos de un circuito y en este apartado se van a exponer las precauciones adecuadas para mantener la seguridad en un circuito eléctrico de BT.

Conceptos de seguridad para los circuitos eléctricos de un edificio con pública concurrencia

El diseño de una red debe responder a las exigencias específicas de la utilización del medio para el cual la debemos proyectar.
En todo sistema basta que haya un elemento débil para que la seguridad del conjunto quede (frecuentemente) en entredicho. Así, para no encontrarse al volante de un fórmula 1 a "pedales", es aconsejable valorar la importancia de diversas soluciones técnicas en lo que se refiere a la seguridad:
- El esquema (acometida, utilización final, régimen de neutro).
- Las conexiones.
- Los arcos eléctricos.
- Los tipo de cuadros (forma, conexiones, aparamenta fija o seccionable, IP...).
- Las salidas para motores en rack extraíble.
- Los elementos auxiliares de mando y control.

La seguridad por el esquema

Hay dos elementos especialmente importantes en el trazado de una red eléctrica de BT:
- El esquema de la acometida.
- El tipo de receptor final.

Un tercer elemento, el esquema de puesta a tierra del neutro, es muy influyente.

6.4.1. Proceso de concepción de la arquitectura de una red de suministro eléctrico, bajo el concepto de seguridad

Introducción

La seguridad de funcionamiento es una característica fundamental de todos los sistemas, instalaciones, productos y de su explotación.
La seguridad prescribe la aptitud de un sistema a "funcionar correctamente" en el curso de su vida:
- Para funcionar correctamente se debe comprender:
  - No debe caer en avería (fiabilidad).
  - No debe caer en averías peligrosas (seguridad).
  - Debe estar en condiciones de funcionamiento (casi siempre, a menudo) (disponibilidad).
  - Ser reparable fácilmente (rápido) (mantenibilidad).

Cualquiera que sea el sistema y las atenciones de concepción y explotación e instalación, el nivel de seguridad es una realidad concreta (la propia):
- Ella debe ser:
  - Tomada en consideración en la concepción.
  - Debe ser constatada posteriormente: en el curso de su funcionamiento, instalación con controles aleatorios de los parámetros de funcionamiento.

La electricidad, moderna fuente de energía, contribuye al nivel de seguridad por el hecho de que es necesaria en casi todas las actividades humanas.
Su disponibilidad, o más bien las consecuencias de su indisponibilidad son componentes importantes para la competitividad de las empresas o actividades:
- En la industria:
  - Una falta de alimentación provoca una pérdida de producción.
- En el mundo terciario:
  - Una falta de alimentación provoca el blocaje de la información informática y el paro del alumbrado, la calefacción, los ascensores...

La mayoría de los sistemas son complejos, una falta de energía aunque sea puntual provoca riesgos de consecuencias importantes.

En los años anteriores la seguridad y la disponibilidad han sido desarrolladas y aplicadas en campos muy concretos tales como el nuclear, militar, espacial. Pero hoy en día la disponibilidad de la energía es una preocupación constante para los equipos o sistemas inteligentes de control, y en realidad en la mayoría de los casos y aun más en los suministros de potencia para los sistemas.
Las instalaciones eléctricas, particularmente al nivel de los equipos sensibles, deben ser conocidas para poder limitar las faltas y las consecuencias de las posibles averías a consecuencia de los fallos de alimentación de las redes de distribución pública.
En España quedan regulados por el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Leyenda

A lo largo de este apartado se utilizan unas siglas que es conveniente exponer:

ASEFA (Association des Stations d'Essais Françaises d'Appareillage): forma parte de la RNE (Réseau National d'Essais).

EWICS (European Workshop In Computer Science): asociación que trabaja sobre cuestiones de normalización y de métodos de estudio de seguridad.

IFPI (Internal Function Industrial Process): asociación que trabaja sobre cuestiones de normalización y métodos de estudio de seguridad.

LCIE (Laboratoire Central d'Industrie Electronique).

MTTF o **MTFF** (Mean Time To First Failure): tiempo medio de buen funcionamiento antes del primer desfallecimiento.

MTBF (Mean Time Between Failure): tiempo medio entre dos desfallecimientos de un sistema reparable.

MDT (Mean Dow Time): tiempo medio del desfallecimiento, comprendiendo la detección de la avería, el tiempo de intervención, el tiempo de reparación y el tiempo de puesta en servicio.

MTTR (Mean Time To Repair): tiempo medio de reparación.

MUT (Mean Up Time): tiempo medio de buen funcionamiento después de una reparación.

Concepción de una arquitectura de seguridad

La gestión de concepción adoptada permite, a partir de una arquitectura inicial simple y mínima, definir los puntos fuertes y los débiles de una alimentación eléctrica, a veces llamada "situación energética":
■ Los punto débiles se deben reforzar por medio de:
□ Aumentar la robustez y calidad de los componentes.
□ Redundancias de materiales y circuitos (duplicación, triplicación...).
La concepción es entonces optimizada en aras a la seguridad requerida: el reforzado concierne sólo a los puntos débiles de la estructura. Este camino necesita el empleo de una metodología de concepción rigurosa, así como la utilización de técnicas de seguridad.

■ La concepción se deriva en tres etapas:
□ La de especificación.
□ La de concepción/construcción.
□ La de comprobación (grado de confianza).

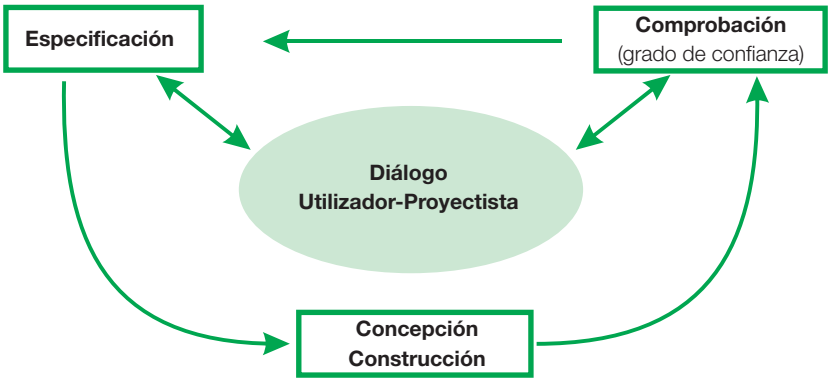


Fig. L6.4-002: *método de concepción de una arquitectura de seguridad.*

La seguridad de un sistema a partir de especificaciones bien expuestas y documentadas en aras a la propia seguridad, tales como las utilizadas por los equipos especialistas en seguridad de funcionamiento, IFIP a nivel mundial y EWICS a nivel europeo:
■ La calidad de servicio debe estar concebida de forma que mantenga una confianza justificada al utilizador.
■ La concepción de un sistema de seguridad necesita la especificación del servicio a que está destinada (conocer las necesidades).
■ Las características del propio servicio (calidad de concepción).
■ La demostración que la solución es conforme a las especificaciones de seguridad (confianza justificada).

Especificar

La especificación de las necesidades de seguridad permite definir el camino a tomar y ayuda a dosificar el esfuerzo de concepción. Es una etapa determinante cara a cara a la estructura.
■ La especificación puede basarse sobre:
□ La historia de la disfunción de instalaciones similares (instalaciones de energía existentes).
□ Las normas o recomendaciones.
□ Los análisis económicos, que permiten determinar el coste de un paro de la instalación (consecuencias directas o indirectas) a consecuencia de un fallo de suministro energético.
□ Una identificación (listado) de los eventos más temidos.
La seguridad es una concepción genérica que comprende cuatro criterios:
■ Fiabilidad.
■ Seguridad.
■ Disponibilidad.
■ Mantenibilidad.
El "especificador" debe determinar, utilizando estos criterios, las características de seguridad de su instalación, a través de estos cuatro criterios, que son cuantificables. El proyectista debe dialogar con su cliente, con la finalidad de determinar cuáles son los eventos preocupantes y los críticos, en función de la gravedad de sus consecuencias, y cuál es la probabilidad aceptable de su aparición.

Construcción

Cuando los objetivos de seguridad están definidos, uno puede empezar a diseñar el sistema de seguridad (como impedir la ocurrencia de averías) y las soluciones con verdadera maestría.

Los medios necesarios a prever se deben definir

■ Calidad: un sistema de seguridad es ante todo un sistema de calidad (reductor y controlador de averías). La calidad debe tomarse a todos los niveles:

□ La calidad de concepción, para prevenir los errores de diseño (equipo del proyecto, manual de aseguramiento de la calidad, auditorías...).

□ La calidad de los componentes que la integran, por su prevención contra las averías (robustez, cualificación y verificación).

■ Sobrevivir las averías (tolerancia a las averías).

La robustez y la calidad del sistema no son criterios suficientes para garantizar la seguridad. Ciertas funciones de un proceso son críticas en función de la misión a asegurar: una avería de un solo componente puede causar la pérdida de alimentación de energía.

Ahora podemos realizar el proyecto del sistema que respete los objetivos de seguridad, en decrecimiento de las averías que puedan suceder por medio de los objetivos de seguridad, utilizando en términos generales las técnicas de redundancia o por tecnologías específicas (ejemplo: la prevención y la logística con control electrónico).

■ Para superar las averías es indispensable detectar cuál es la función o componente en defecto. A continuación:

□ Orientar las posibles averías hacia situaciones que no interfieran la actividad (barreras tecnológicas).

□ Enmascarar las posibles averías con dobles o triples (redundancias) circuitos que puedan funcionar en paralelo, siendo una sola suficiente para la actividad. Esta técnica permite continuar la actividad con materiales equivalentes (de socorro).

Para dosificar el esfuerzo a realizar en términos de evitar averías y/o de tolerancia de ellas, las medidas o cálculos de eficiencia de los dispositivos se efectúan para evaluar, de forma inmediata, la concepción y permitir adaptar la estructura del sistema a un coste justo.

■ Un camino constructivo:

□ La estructura inicial es la más simple y mínima posible (sólo las funciones útiles se toman en consideración).

□ La estructura se enriquece en función de resultados de las evaluaciones de seguridad; en la forma de atender los objetivos fijados en la etapa de especificación.

Dos iteraciones sitúan las fases de estudio descritas, según el diagrama de proceso adjunto, son generalmente necesarias para proyectar un sistema satisfactorio de exigencias de seguridad.

■ La primera iteración consiste en:

□ Consolidar las exigencias de la seguridad.

□ Definir con la ayuda de un método de análisis funcional una estructura, la más simple y mínima posible.

□ Evaluar el grado de seguridad de la estructura.

□ Proponer un cierto número de acciones correctivas a nivel de concepción a fin de respetar las exigencias de seguridad.

■ La segunda iteración es para caminar hacia el punto óptimo:

□ Revalorar el nivel de seguridad de la estructura de seguridad ya corregida.

□ Concluir (o no, en este caso deberemos repetir el proceso) la validez de esta estructura en relación a los objetivos de seguridad prefijados.

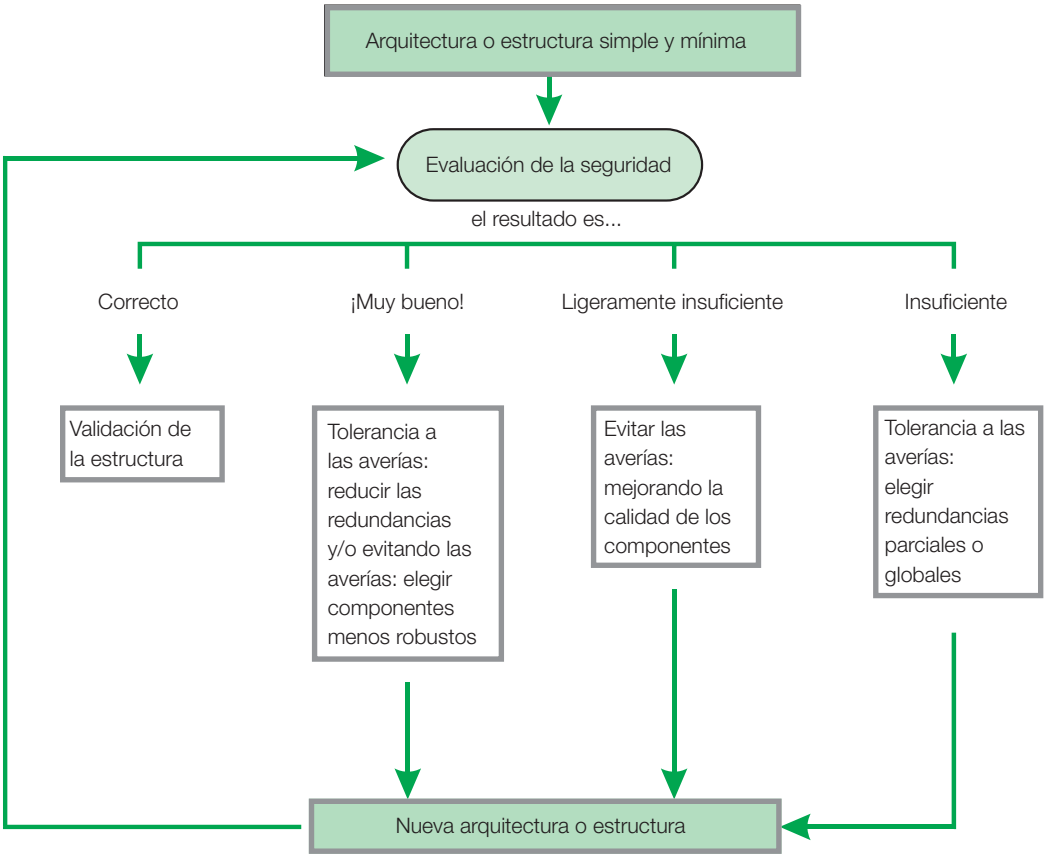


Fig. L6.4-003: *camino a seguir para obtener un dossier de una estructura de seguridad.*

Confianza

Para obtener la justificación de la confianza debemos demostrar al cliente el nivel de seguridad en concordancia con los objetivos prefijados a través de técnicas precisas, tales como:

■ Eliminación de las averías procedentes del diseño por medio del control del proceso, tes convencionales, ensayos del entorno...

■ La previsión de la probabilidad y frecuencia de las posibles averías en el curso de la vida operacional del sistema, para evaluar el riesgo.

La previsión de averías es dominio de los estudios de seguridad: se trata de estimar por modelización y evaluación, la presencia, la creación y la consecuencia de las averías.

Los estudios de seguridad provisionales son realizados con la ayuda de un conjunto de métodos de modelización (Análisis de Modos de Desfallecimiento de los Efectos y de su situación Crítica –AMDEC–, árbol de desfallecimiento, gráfico de Markov...).

La evaluación cuantitativa se basa sobre el análisis de materiales similares que hayan tenido problemas de explotación industrial y/o sobre análisis en que los resultados están recogidos y tabulados en tratados de fiabilidad (CNET, IEEE...).

Los estudios de seguridad permiten obtener una “justificada confianza” con la instalación.

En el esquema más simple de la distribución de energía eléctrica, la distribución en sectores, Fig. L6.4-004, el nivel de disponibilidad de una de las partes no puede ser superior al de la red.

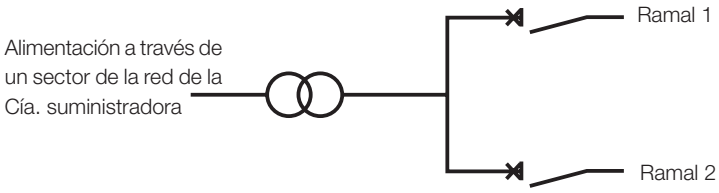


Fig. L6.4-004: *la disponibilidad de energía de un ramal no puede ser superior a la del conjunto.*

Si consideramos que el desfallecimiento de un sector integra los siguientes criterios:
■ Que la tensión sobrepase los límites.
■ Falta de una o varias fases.
■ Distorsión armónica (caso de alimentación de sistemas sensibles; tales como los sistemas electrónicos).
El nivel de indisponibilidad medio del "sector de suministro público". En Francia es del orden de 7 a 8 horas acumuladas por año (representa una tasa de indisponibilidad del orden de $3 \cdot 10^{-3}$). En ciertas regiones puede llegar a 100 h año (representa una tasa de indisponibilidad del orden de 10^{-2} esencialmente por causas del entorno).
Es evidente que si en las especificaciones nos encontramos con una tasa de no disponibilidad del orden de 10^{-4} por ejemplo, será necesario prever una estructura, que no será una simple alimentación, que mejore la tasa de fallo de la alimentación, por ejemplo como el de la Fig. L6.4-006 de la página L/757.

Descripción de una alimentación de "seguridad"

Una instalación de seguridad debe prever en primer lugar la seguridad de la alimentación.
Una alimentación automática se clasifica, según la duración de conmutación, en las siguientes categorías:
■ Sin corte.
■ Con corte muy breve: en 0,15 segundos como máximo.
■ Con corte breve: en 0,5 segundos como máximo.
■ Con corte mediano: en 15 segundos como máximo.
■ Con corte largo: en más de 15 segundos.

El esquema de suministro

La seguridad del suministro repercute en todos los receptores, críticos o no, y se demuestra que es importante, en la medida de lo posible, conseguir una configuración de entrada coherente con la necesidad aguas abajo.
La solución adoptada dependerá del entorno estudiado. Por ejemplo:
■ En una región aislada puede ser difícil obtener una línea de MT que tenga una buena seguridad de suministro y, todavía más difícil, dos líneas de MT independientes. En este caso el estudio debe considerar una producción autóctona, tal como un grupo electrógeno de emergencia.
■ Determinados sectores industriales (químico, petroquímico, papelero) por su fabricación ya disponen de energía (a menudo bajo forma de vapor) que utilizan para accionar grupos turboalternadores. La red de distribución pública es entonces utilizada como soporte.

Nota: en el caso de que la seguridad del suministro de entrada sea, a pesar de todo, demasiado deficiente, se hace indispensable el recurso de los SAI, situados lo más cerca posible de las cargas críticas.

En la Tabla L6.4-005 disponemos de unos esquemas genéricos de alimentaciones a partir de una o dos fuentes derivadas de la red pública y de alimentaciones de socorro con generador.

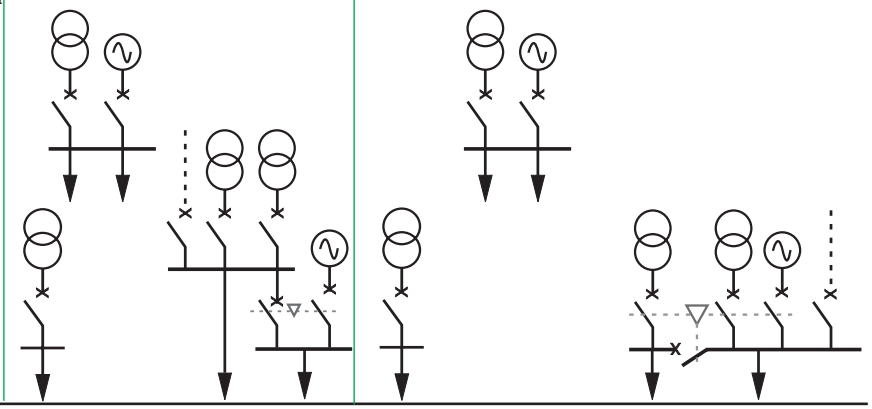
	Sector de actividad				
	Terciario		Industria		
	Comercio	Hospitales	Talleres	Fábricas	Proc. de fabricación
Tipos de esquema de acometida					

Tabla L6.4-005: *los sectores de actividad y los imperativos de explotación conducen a escoger los esquemas de alimentación y puesta a tierra del neutro.*

De estas alternativas estudiaremos de una forma detallada las de los equipos de máxima disponibilidad y mayor complejidad.
De estos esquemas podemos definir dos soluciones:
■ La alimentación a través de dos suministros de dos Cías. diferentes.
■ La alimentación a través de un suministro de Cía. + una de generación propia con GE.
■ La alimentación a través de dos suministros de Cía. + una de generación propia con GE.
Entre las dos soluciones estudiaremos la alternativa de una o dos Cías. + una de generación propia con GE.

Análisis de una alimentación con Cía. + GE "socorro"

Los circuitos de distribución

Están esencialmente constituidos:
■ A nivel de media tensión:
□ La protección de llegada de la MT.
□ El transformador de MT/BT.
■ A nivel de BT:
□ Un interruptor automático general que asegura la protección de la unión al cuadro general y la supresión del riesgo de acoplamiento intempestivo del Grupo Electrógeno (GE) con la red pública.
□ La aparamenta de protección de personas y bienes contra el choque eléctrico.
□ Interruptores automáticos para las derivaciones de potencia. Estos interruptores automáticos deben:
– Estar abiertos en cada inversión de fuente de energía.
– Rearmados simultáneamente cuando están alimentados por la red pública.
– Rearmados secuencialmente cuando están alimentados por el grupo de socorro GE.
□ Un inversor de fuente de energía (sector/grupo) comandado por relés de control de presencia de tensión, sobre el sector o sobre el grupo de socorro.
□ Un inversor de fuente que asegure la conmutación con la fuente de socorro de corta duración (ondulador), generalmente un contactor estático (CS).

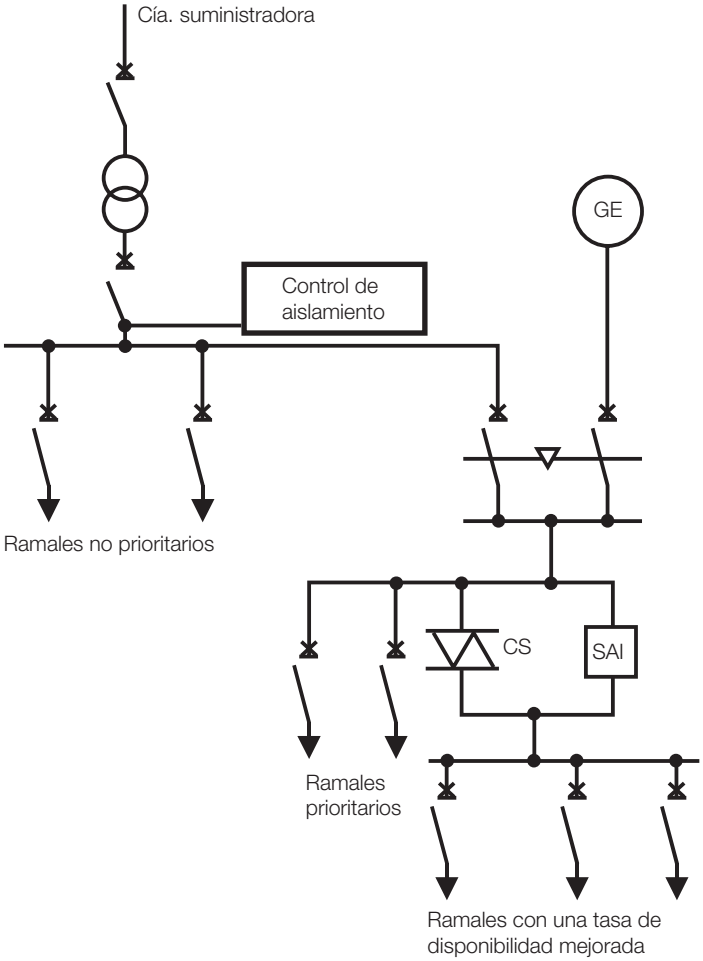


Fig. L6.4-006: *distribución eléctrica con conexión a Cía. y GE.*

El grupo electrógeno

Este equipo está constituido por:

■ Un motor diesel de potencia adaptada a las necesidades de potencia de la aplicación.

Está equipado con los siguientes circuitos auxiliares:

□ Un circuito de arranque constituido por uno o dos canales de arranque. Cada uno equipado de un arrancador y una batería con su cargador.

□ Un circuito de fuel-oil que comprende:

– Un depósito cercano, denominado depósito de jornada, de capacidad máxima al entorno de los 500 l (en función de la potencia del GE).

– Un depósito exterior en que la capacidad es función de la autonomía máxima de solicitación del motor.

– Una bomba de fuel-oil automática, doblada por una bomba manual, que permite el llenado del depósito interior (depósito de jornada) desde el depósito exterior.

Es posible que la bomba definida en el párrafo anterior se pueda eliminar en función de los niveles de los depósitos y de la presión que pueda aplicar el depósito de jornada al circuito de inyección.

□ Un circuito preengrasado y engrasado, con una reserva de aceite calculada en función de la autonomía del motor elegido, por satisfacer las exigencias de los días puente.

□ Un circuito de enfriamiento por aire o por agua, según el tipo de motor.
En el caso de un GE con circuito de enfriamiento por aire, el enfriamiento del motor es asegurado por un ventilador acoplado al eje del motor, bien sea directamente o a través de correas de transmisión.
En el caso de refrigeración por circuito de agua, la presencia de un intercambiador (circuito primario y secundario) y de un radiador de enfriamiento por aire, necesita dos bombas de circulación y un ventilador.
■ Un alternador de potencia adaptado a las necesidades, equipado con un regulador de tensión.
El valor de la reactancia del alternador debe estar en relación con las características de la carga (reactiva, capacitativa, sistema electrónico...).
Por ejemplo una aplicación que comporte el 50% de carga con rectificadores-cargadores de baterías (recortado de onda), implica el empleo de un alternador con una reactancia subtransitoria del orden del 8%, con el fin de limitar las posibles distorsiones de tensión.

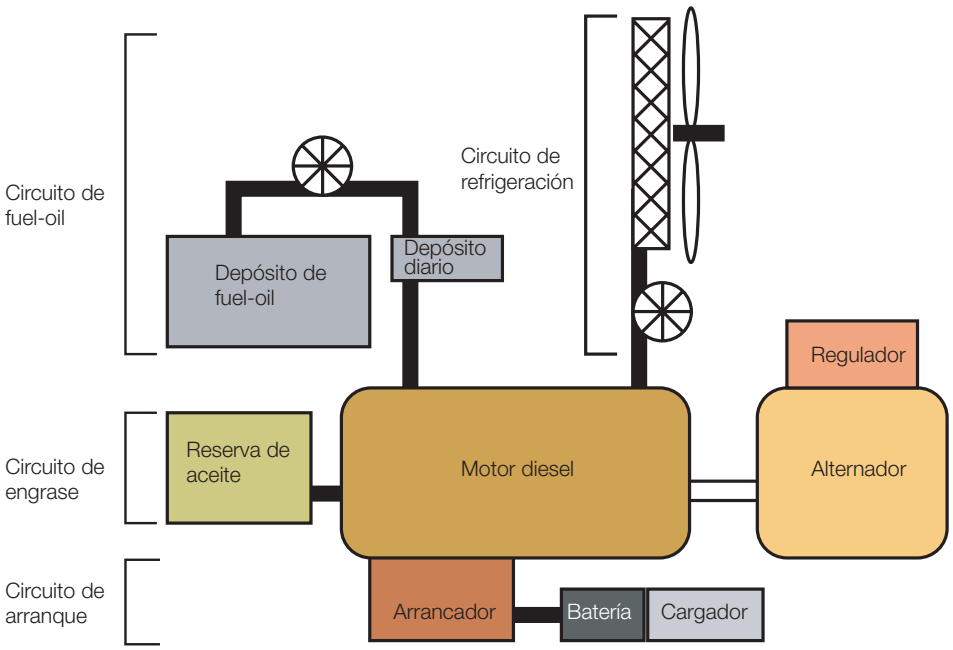


Fig. L6.4-007: *descripción de un grupo electrógeno.*

Los dispositivos de inversión de fuente

Los dispositivos inversores de sector grupo (S/G) y contactor estático (CS) con SAI permiten "conmutar" la alimentación de las cargas con una fuente en avería a una fuente sana:
■ El inversor sector grupo está destinado a paliar la ausencia de energía del sector por la creación de energía eléctrica de un grupo electrógeno.
■ El contactor estático (CS) está destinado a paliar la defectuosidad de un SAI, que normalmente funcióna en on-line, a fin de eliminar los microcortes y los defectos de la calidad de energía del sector (frecuencia, forma de onda, valor eficaz fuera de tolerancias) para satisfacer las necesidades de los circuitos informáticos o de automatismos; también el caso de que el SAI se averíe el contactor (CS) conmuta con la alimentación a la energía de la red (sector).
■ Normalmente se utilizan tres sistemas de conmutación de fuentes:
□ Síncrona: duración de transferencia nula (sin corte).
(Ejemplo: acoplamiento de generadores.)

□ Con corte: duración de transferencia de 0,2 a 30 s.
(Ejemplo: función de conmutación normal/emergencia en BT.)
□ Pseudosíncrona: duración de transferencia de 100 a 300 ms.
(Ejemplo: reaceleración en marcha de motores asíncronos.)
Toda conmutación debe estar precedida por el cumplimiento satisfactorio de un cierto número de condiciones, algunas de las cuales obligan a tomar precauciones especiales.

Problemas que presenta la conmutación y precauciones

Para realizar la instalación de un sistema de conmutación de fuentes que responda adecuadamente a las exigencias de continuidad de servicio exigidas por el usuario, ya desde la fase de diseño, hay que estudiar detenidamente ciertos aspectos para tomar precauciones especiales:
■ La presencia de un defecto de red aguas abajo.
■ Las características de la fuente de sustitución.
■ La elaboración de las órdenes de conmutación.
■ La ausencia de tensión durante el tiempo de conmutación (caso de una conmutación no síncrona).
■ El enclavamiento mecánico de los aparatos de maniobra entre sí, tanto en BT como en MT.
■ La resistencia dieléctrica de los aparatos de maniobra (en MT).

Presencia de un defecto en la red aguas abajo

Cuando un defecto situado aguas abajo del punto de conmutación ha provocado la apertura de la alimentación normal, se recomienda no conmutar las fuentes de alimentación. En este caso hay que bloquear el circuito de mando del dispositivo de conmutación, mediante una orden proveniente del sistema de protección de la red aguas abajo.

Características de la fuente de sustitución

La potencia nominal, la potencia de cortocircuito, las impedancias de las conexiones y el régimen de neutro de la fuente de sustitución pueden ser muy diferentes de los de la fuente principal. Así por ejemplo, la fuente principal puede ser un transformador de 800 kVA, 400 V, 50 Hz, Icc = 24 kA y en cambio, la fuente de sustitución puede ser un grupo electrógeno de 200 kVA, Icc = 1 kA en régimen transitorio.
Por tanto, las protecciones contra los defectos entre fases y fase-tierra de la red de emergencia pueden, en ciertas condiciones, no funcionar adecuadamente cuando la red de distribución se alimenta desde la fuente de sustitución (o de emergencia).
Luego, para encontrar un sistema de protección compatible con las características eléctricas, los sistemas de explotación y de mantenimiento de las dos fuentes de alimentación, hay que hacer un estudio muy cuidadoso de las protecciones. Hay que destacar especialmente dos casos: la “reaceleración al vuelo” de varios motores y la alimentación de varios transformadores-reductores cargados.

Red de distribución con varios motores

Si la potencia de la fuente de sustitución es baja, después de la conmutación de la fuente principal sobre esta fuente de sustitución, es necesario limitar la corriente de conexión y de servicio permanente. Para esto hay que proceder a:
■ Una desconexión de parte de las cargas.
■ Un rearranque escalonado de los motores para volver a conectarlos, si ha habido una interrupción.

Sin estas precauciones y teniendo en cuenta la menor potencia de la fuente de sustitución, las caídas de tensión serían prohibitivas y los motores no podrían acelerar (par motor menor que el par mecánico resistente).

Conexión de varios transformadores-reductores en la red de distribución aguas abajo

Cuando la conmutación se realiza en MT, hay que tener en cuenta las corrientes de conexión de los transformadores MT/BT que suelen ser del orden de 10 a 15 veces su corriente nominal. En efecto, si la fuente de sustitución es un grupo electrógeno BT, su alternador no puede proporcionar corrientes tan elevadas a tensión nominal y se comportan como si alimentara un cortocircuito. Por tanto, la tensión que proporciona durante los primeros instantes de la conmutación es muy baja, lo que no facilita en modo alguno el rearranque de los motores. Por esto es preferible desconectar todos los transformadores-reductores lado MT antes de la conmutación para después irlos conectando escalonadamente.

Elaboración de las órdenes de conmutación

Son los controles de tensión los que originan las órdenes de conmutación:

■ Corte de tensión de la alimentación normal (o principal) para mandar, si la fuente de sustitución es un grupo electrógeno, el arranque de su motor.

■ Presencia de tensión estabilizada en la salida de la fuente de sustitución, para ordenar el paso de la carga a la fuente de sustitución.

■ Presencia de tensión en la alimentación normal, para volver a la situación normal.

Las órdenes de conmutación

■ Para el paso de la fuente principal a la fuente de sustitución.

Un corte o una bajada de tensión de la alimentación principal pueden ser:

□ Permanente, a continuación de:

– Un disparo de un aparato de protección aguas arriba.

– Una sobrecarga importante de la red que provoca una gran bajada de tensión.

– Etc.

□ Pero también transitoria, debida a:

– La actuación de los automatismos de reenganche, rápido o lento, de las líneas aéreas del distribuidor.

– Un cortocircuito entre fases, eliminado normalmente por los dispositivos de protección.

– Etc.

Por tanto, la actuación del detector de falta de tensión de la fuente principal deberá ser generalmente retardada para evitar ordenar la conmutación de fuentes cuando hay un corte o una bajada de tensión transitorias.

Además, si la fuente de sustitución está constituida por un grupo electrógeno, cuya orden de arranque se da precisamente cuando no está la tensión principal, hay que esperar a que se estabilice la tensión de grupo antes de dar la orden de conmutación (algunos segundos).

■ Para el paso de la fuente de sustitución a la fuente principal.

El retorno de la tensión de la fuente principal puede estar precedido por intentos de reenvío de tensión a la línea principal, necesarios para:

□ Localizar un defecto.

□ Realizar un bucle de fuentes después de un incidente.

□ Efectuar ensayos después de una reparación o modificación de la línea principal.

La acción del detector de presencia de retorno de red de la fuente principal tendrá que tener una temporización muy larga (algunas decenas de segundo a varios minutos).

Notas:
■ Los dispositivos que permiten pasar de la fuente principal a la fuente de sustitución, sin retorno automático a la fuente principal después de la reaparición de la tensión de ésta, suelen llamarse conmutadores.
■ Los dispositivos con retorno automático a la fuente principal suelen llamarse inversores normal-socorro.

Dificultades en la detección de la falta de tensión en la alimentación normal

■ Mantenimiento de la tensión en la red de distribución al producirse un corte en la red de alimentación. Al cortarse la alimentación, la tensión en la red de distribución puede ser mantenida por:
□ La tensión residual que "devuelven" los motores asíncronos, en proceso de ralentización durante un tiempo aproximado de 0,3 a 1 s.
□ La tensión inducida en los bornes de los motores síncronos en proceso de ralentización.
□ La tensión debida a la descarga de los condensadores que pueda haber conectados a esta red.
Al mantenerse la tensión por los motivos citados, no es posible efectuar una conmutación rápida de fuentes, puesto que los dispositivos convencionales simples, como los relés voltimétricos de tensión mínima, no pueden detectar rápida y eficazmente la ausencia de la tensión principal.
■ Cortes de tensión transitorios en los que no deben actuar los dispositivos de conmutación.
Estos cortes los origina la actuación de los automatismos de red, como son los reenganches rápidos o lentos, el cambio o conmutación de transformadores o de líneas AT en los centros de transformación AT, etc.
En las redes BT sucede lo mismo, debido a caídas de tensión excesivas provocadas por sobreintensidades transitorias (defecto entre fases o fase-tierra eliminado por las protecciones selectivas de la red, arranque de grandes motores, etc.).
■ Elección y cableado de los detectores, con:
□ Un solo relé monofásico.
Generalmente, cuando hay un único relé monofásico de detección, se conecta entre dos fases de la entrada normal. En este caso, puede producirse un fallo de la otra fase sin que lo "detecte" el relé; por tanto, no habría conmutación y la alimentación de los receptores sería defectuosa.
Para que este sistema sea satisfactorio, no ha de ser posible que la alimentación trifásica pueda funcionar inadecuadamente con sólo dos de las fases, de ahí el empleo de protecciones, como interruptores automáticos tripolares o fusibles con contacto auxiliar de fusión que den una orden de corte omnipolar.
Si no, para paliar este inconveniente, es necesario instalar uno o dos relés conectados entre dos fases diferentes o tres relés conectados en triángulo.
□ Tres relés monofásicos.
Sin embargo, este último montaje (tres relés conectados en triángulo) puede ser peligroso si los relés tienen su umbral ajustado entre el 20 y el 30% de la tensión nominal. En efecto, cuando se produce el corte de una sola fase, los dos relés que tienen un borne conectado a esta fase quedan en serie y son alimentados por las otras dos fases sanas. La tensión en bornes de estos dos relés pasa a ser la mitad de su tensión nominal, tensión superior al valor de ajuste citado (0,2 Un). Por tanto no se da ninguna orden de conmutación. Por este motivo es preferible utilizar tres relés conectados en estrella o tres relés conectados en triángulo pero ajustados al 60% de Un, o, mejor todavía, un relé trifásico de tensión con campo giratorio.
□ Un único relé voltimétrico trifásico.
Si la red de distribución tiene conectados motores trifásicos asíncronos, este tipo de relés no permite la detección del fallo de una fase de alimentación en el juego de barras, puesto que estos motores proporcionan, precisamente al juego de

barras, la tensión de la fase cortada. Por tanto, es necesario conectar un relé amperimétrico, trifásico de campo giratorio, en la entrada normal.

■ Montaje de los detectores.

Los relés instantáneos electromagnéticos son normalmente sensibles a los choques mecánicos que hacen rebotar sus contactos, originando así la aparición de órdenes de conmutación erróneas. Estos casos se presentan normalmente en el montaje en puerta, cuya instalación tiene que ser por tanto muy cuidadosa para evitar todas las vibraciones que podrían ser susceptibles de perturbar al equipo.

Corte de tensión durante una conmutación no síncrona

Este corte de tensión, aunque transitorio, es generalmente suficiente para hacer caer todos los contactores cuyas bobinas se alimenten del circuito de potencia. El dispositivo de conmutación automática puede perder mucha de su eficacia puesto que los receptores mandados por estos contactores, ahora caídos, ya no están alimentados. Por el contrario, se permite un rearranque manual escalonado de los motores mediante los pulsadores de "marcha".

Para evitar tener que hacer esta reconexión manual, es preferible alimentar las bobinas de los contactores o con una fuente auxiliar segura (batería o grupo giratorio con volante de inercia) o con un relé temporizado a la reconexión, o incluso, a partir del circuito de potencia, utilizando un rectificador y un condensador conectados en paralelo con la bobina. En este caso, la energía necesaria para mantener el contactor en posición cerrado durante el breve corte de tensión, la suministra el condensador. Pero, para que el valor de la capacidad del condensador "reserva" no tenga que ser demasiado elevado, la duración del corte de tensión debe ser muy breve (algunos centenares de milisegundos) y el consumo de la bobina muy bajo.

Con todo, téngase presente que la instalación de estas soluciones obliga a que la fuente de sustitución pueda soportar el conjunto de los receptores y, en especial, todos los motores en situación de "prearranque al vuelo".

Nota: puesto que al abrir el circuito de mando de una bobina aparecen importantes tensiones inducidas en sus bornes, el rectificador y el condensador deben soportar estas tensiones.

Enclavamiento mecánico entre los aparatos de maniobra de BT y entre los de MT

En los dispositivos de conmutación síncrona, los dos aparatos de maniobra (fuente principal y de sustitución) pueden estar simultáneamente cerrados. Pero, en los otros sistemas de conmutación, debe haber, en todas las instalaciones, un enclavamiento mecánico de los aparatos entre sí y de sus circuitos eléctricos para impedir la alimentación simultánea de los circuitos de mando de los dos aparatos. Se recomienda esta precaución en todas las instalaciones y normalmente lo exigen las compañías suministradoras.

Resistencia dieléctrica de los aparatos de maniobra MT

La resistencia dieléctrica de los aparatos de maniobra de la fuente de reemplazo, empleados en los sistemas de conmutación síncrona y pseudosíncrona, deben estar especialmente adaptados. En efecto, durante el tiempo de espera de las condiciones de acoplamiento, los polos de estos aparatos pueden estar sometidos, entre la entrada y la salida, a dos veces la tensión simple de la red (tensión de las dos fases a conectar en oposición de fase).

Conmutación síncrona

La fuente principal y la fuente de sustitución tienen que tener la posibilidad de sincronizarse, es decir:

■ Sus vectores de tensión han de estar en fase.

■ Su frecuencia y amplitud han de ser idénticas.

Esta conmutación ofrece grandes posibilidades en cuanto a que el cambio de fuente puede realizarse antes del corte de tensión en la fuente en servicio, con lo que los receptores no sufren ningún corte de alimentación.
Los siguientes ejemplos explican este tipo de conmutación.

Ejemplo n.º 1. Explotación de centros de transformación de interconexión AT/MT con doble juego de barras

Los dos juegos de barras están alimentados por las líneas de transporte AT de la red de interconexión, el interruptor automático de acoplamiento está abierto y los dos juegos de barras están sincronizados. Las derivaciones de línea y los transformadores están conectados a uno u otro de los juegos de barras **A** o **B**.
Para cambiar la alimentación de una derivación (cambio de juego de barras), suponiendo que estuviera alimentado en la barra **A**, es suficiente con:

- Cerrar el interruptor automático de acoplamiento (1) sin verificar las condiciones de acoplamiento porque los dos juegos de barras están sincronizados.
- Cerrar el 2.º seccionador de derivación (2b) de la salida en cuestión.
- Abrir el primer seccionador de derivación (2a).
- Abrir el interruptor automático de acoplamiento (1).

La derivación queda entonces alimentada por el otro juego de barras **B**.

Nota: durante todo el tiempo de conmutación, todas las derivaciones quedan en paralelo sobre los dos juegos de barras; la potencia de cortocircuito es entonces elevada y las características eléctricas del material deben ser suficientes para soportar este modo de utilización si la probabilidad de defecto durante estas maniobras es elevada.

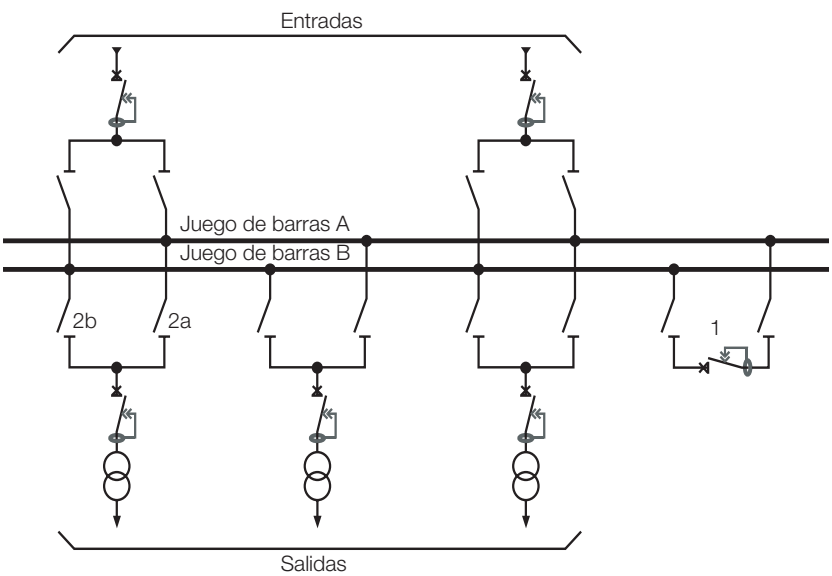


Fig. L6.4-008: *esquema de un centro de transformación de interconexión AT/MT con doble juego de barras.*

Ejemplo n.º 2. Sustitución de un generador en servicio por un elemento de reserva en una central autónoma de producción de energía eléctrica formada por grupos electrógenos

Estos grupos generadores necesitan un mantenimiento periódico frecuente; la central funciona con (n1) grupos, siendo el elemento enésimo el de reserva o el que está en mantenimiento.
La sustitución de un grupo en servicio por un grupo en reserva se realiza de la manera siguiente: el alternador del grupo en reserva es arrastrado hasta la velocidad de sincronismo y hasta la tensión nominal; la orden de conexión del interrup-

tor automático se da después de verificar las condiciones de acoplamiento (tensiones y frecuencias iguales y defasaje nulo).
Con el objeto de conseguir la igualdad de todas estas magnitudes en el momento de acoplamiento y mantenerlas después de éste, el alternador y el motor térmico de arrastre están dotados de un regulador de tensión y de velocidad.

Las condiciones de acoplamiento se consiguen

■ O por la intervención de un operario que da, siguiendo las indicaciones del voltímetro y del frecuencímetro diferenciales y del sincronoscopio, las órdenes de aumento o disminución al regulador de velocidad y las órdenes de aumento o disminución de la excitación al regulador de tensión para poder dar la orden de conexión al interruptor automático, cuando las condiciones de acoplamiento son satisfactorias.
En este caso es posible utilizar un autómata llamado "acoplador". Este autómata se encarga de verificar las condiciones de acoplamiento y da la orden de conexión, efectuándose siempre de forma manual las operaciones de regulación.
■ O con un "acoplador síncrono" que es un autómata especializado unido a un regulador de tensión. Este autómata da las órdenes de aumento o disminución de velocidad al motor de arrastre y ordena el cierre del interruptor automático de acoplamiento, siendo el regulador de tensión el que da las órdenes de aumento o disminución de la excitación al alternador. De esta forma el acoplamiento se realiza automáticamente.
Después del acoplamiento, el grupo que hay que desconectar se va descargando (actuación sobre el regulador de velocidad) y se desconecta de la red abriendo su interruptor automático de acoplamiento. De esta manera la sustitución se realiza sin perturbar la red de distribución y sin pérdida de carga.

Ejemplo n.º 3. Conmutación automática sin corte mediante un SAI (sistema de alimentación ininterrumpida), sobre una red pública utilizando un contactor estático

Esta situación se da con mucha frecuencia: alimentación de ordenadores, centros de proceso de datos, medida, regulación, etc.
El contactor estático es un dispositivo que permite utilizar la red como emergencia del ondulador. Hay que destacar el hecho de que no hay ningún corte de tensión, ni transitorio, si se corta (accidental o intencionadamente) la tensión del ondulador.
Para conseguir este resultado, el ondulador mantiene su tensión permanentemente en fase con la de la red. Sin embargo, la conmutación no es posible si el valor de la tensión de red no es correcto.
La secuencia de funcionamiento es la siguiente:
■ El ondulador, regulado en tensión, manteniéndose en fase y en frecuencia sincronizado con la red, alimenta la utilización.
El conmutador estático está abierto; la red no suministra energía.
■ La conmutación ondulador-red se produce:
□ Por parada del ondulador:
– O por defecto interno.
– O por orden voluntaria.
□ Por detección de sobrecarga lado de la utilización.
La orden de conmutación cierra siempre instantáneamente el contactor estático. En el último caso (sobrecarga) las dos fuentes funcionan un corto instante en paralelo y a continuación el ondulador se desconecta.
■ La conmutación red-ondulador se ordena voluntariamente.
Después de poner en marcha el ondulador, el proceso automático es el siguiente:
□ Sincronización del ondulador sobre la red.
□ Puesta en paralelo de la red y el ondulador.

□ Apertura del contactor estático.
□ El ondulador queda entonces permanentemente sincronizado con la red y alimenta él solo a la carga.

Importancia del conmutador estático
El conmutador estático de corriente alterna permite conseguir:
■ Una tensión permanente sobre la utilización, comparable en fiabilidad a la solución obtenida con dos onduladores en paralelo actuando el uno como emergencia del otro, pero a un precio menor.
■ En caso de sobrecarga en el lado de la utilización, un dispositivo ultrarrápido ordena al contactor estático conectar la red en paralelo con el ondulador. Esta disposición permite aprovechar la potencia de cortocircuito de la red para eliminar defectos aguas abajo sin tomar precauciones especiales, a parte de las normales de la selectividad.

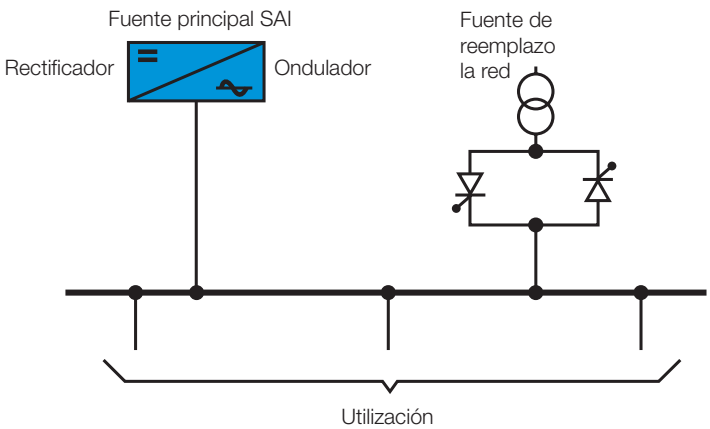


Fig. L6.4-009: *esquema de un circuito alimentado por dos fuentes con conmutación automática sin corte utilizando un contactor estático.*

Conmutación con corte
Este tipo de conmutación de fuentes es el más utilizado tanto en baja como en alta tensión.
Su campo de utilización se extiende tanto a la industria como al sector terciario. El tiempo de conmutación varía normalmente entre 0,5 y 30 s, lo que no excluye valores inferiores para ciertos casos especiales.

En baja tensión
Puesto que los responsables de la utilización de las redes BT suelen ser poco especializados, los dispositivos de conmutación deberían ser simples.

Aparamenta
El tipo de aparamenta de maniobra a instalar depende de la frecuencia de las conmutaciones:
■ Para un número importante de conmutaciones: el contactor.
■ Para un número bajo de conmutaciones (una por semana): el interruptor automático.

Circuito de mando
Los circuitos de mando de los aparatos de maniobra se alimentan o mediante una fuente auxiliar segura (una batería por ejemplo) o directamente del circuito de potencia del aparato a controlar.

Alimentación
Generalmente, la fuente principal de alimentación es la red de distribución pública BT o una red BT privada aislada por un transformador MT/BT, alimentado lado MT por la red de distribución pública. La fuente de sustitución puede ser:
■ Una segunda red BT independiente de la primera.
■ Un grupo electrógeno con tiempo cero para tomar rápidamente el servicio.
■ Un grupo electrógeno con arranque manual o automático cuando hay corte de tensión en la fuente principal.
■ Un SAI.
■ Etc.
Estas diferentes fuentes de sustitución, en la mayor parte de los casos de potencia mucho menor que la red principal, tienen una autonomía limitada. Cuando la red segura se alimenta mediante una fuente de sustitución, es normalmente adecuado y hasta obligatorio desconectar una parte de la carga y no reacelerar más que los motores extraordinariamente prioritarios.

Ejemplo (BT)

Esquema
El esquema más frecuente de conmutación de fuentes BT con desconexión automática de servicios no preferentes es el de la Fig. L6.4-010, página L/767.

Principio de funcionamiento
Puesto que las dos fuentes no pueden ponerse en paralelo, los interruptores automáticos Jn y Jr están enclavados mecánicamente: su mando eléctrico está hecho de tal manera que una orden simultánea a los dos interruptores automáticos provoca solamente el funcionamiento de uno.
■ Un conmutador de tres posiciones indica el modo de funcionamiento:
□ Posición 1 = parado.
□ Posición 2 = automático.
□ Posición 3 = conexión voluntaria de la fuente de sustitución y desconexión del interruptor de acoplamiento.
■ Posición 1 = parado.
Todos los circuitos de mando están desconectados y todos los interruptores abiertos.
■ Posición 2 = automático:
□ La tensión de red normal está presente; el interruptor automático correspondiente y el de acoplamiento están cerrados.
□ Para un corte de tensión superior a 0,4 s (hasta 10 s) el autómata de conmutación da las órdenes de desconexión al interruptor normal y de acoplamiento y una orden de arranque al grupo electrógeno.
□ Después de recibir la información de “tensión grupo correcta” el autómata da una orden de conexión al interruptor automático de la fuente de sustitución.
□ Al retorno de la tensión normal, después de una temporización de 10 a 180 s:
– Apertura del interruptor automático J_r.
– Cierre del interruptor automático J_n.
– Orden de parada al grupo.
– Cierre del interruptor automático J_c.
■ Posición 3 = conexión voluntaria.
Permite desconectar voluntariamente el interruptor de acoplamiento mientras la red de seguridad está conectada a la fuente de reemplazo.

Caso especial: reaceleración de motores BT
Es aconsejable prever un autómata de reaceleración de motores, cuando la red de seguridad alimenta a un número importante de motores que deben reacelerar lo más rápidamente posible después de un corte en la alimentación principal. Esta necesidad es frecuente; es especialmente importante en las industrias de proceso y

para la seguridad de personas y de los trabajos. En efecto, al desaparecer la fuente principal y si no hay ningún tipo de artificio especial todos los contactores abren. Al volver la alimentación no queda alimentado ningún receptor controlado por los contactores. Por el contrario, si el control y la protección de los motores se hace con interruptores automáticos, éstos rearrancan simultáneamente al volver la tensión. Si las bobinas de los contactores de las derivaciones motor están alimentadas por una red de corriente alterna, la utilización de relés temporizados a la desconexión permite también mantener su orden de marcha durante el corte de tensión. En general no hay que temer la reaparición de la alimentación, puesto que las alimentaciones residuales de los motores asíncronos están en proceso de ralentización; porque, en este instante (t = +500 ms) la amplitud de estas últimas es inferior al 20% de U_n, valor tolerado por los fabricantes para una realimentación en oposición de fase. Pero la protección general (de sobreintensidad) de la red de distribución puede tener que soportar la suma de las corrientes de rearranque de los motores.

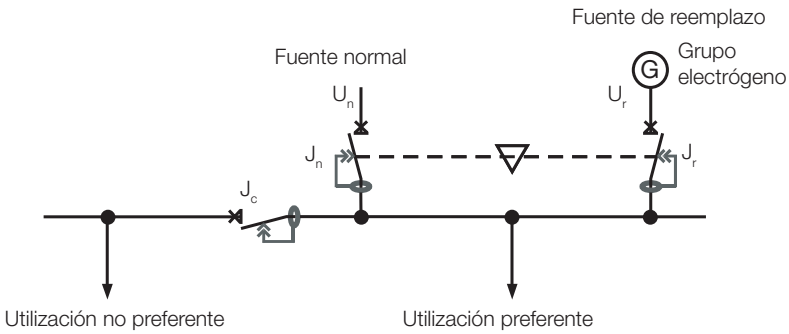


Fig. L6.4-010: *líneas preferentes y no preferentes.*

En alta y media tensión

Las conmutaciones de fuentes realizadas en alta tensión ponen en juego potencias importantes; deben de ofrecer garantías todavía superiores en cuanto a la seguridad de funcionamiento del conjunto del dispositivo. La conmutación en alta tensión se utiliza sobre todo cuando los receptores preferentes son numerosos o cuando no están alimentados por cuadros de alimentación de niveles inferiores del sistema de distribución. Las órdenes de mando de los aparatos de maniobra las generan autómatas electrónicos estándar. Los dos ejemplos que siguen aclaran este tipo de conmutación.

Ejemplo n.º 1 (MT)

Dispositivo “normal emergencia”

Esto requiere un aparato de maniobra para cada entrada y un autómata de tipo RCV420 (Fig. L6.4-011, página siguiente).

Principio

El autómata controla las operaciones. Tiene por objetivo detectar la ausencia de tensión en la fuente normal y ordenar automáticamente la conmutación de la utilización a una fuente de sustitución cuando se cumplen dos condiciones:

- Presencia de tensión en la fuente de emergencia.
- Ausencia de defectos en la instalación.

Funcionamiento

El autómata tiene dos entradas de alta impedancia: una “normal” conectada a un divisor capacitativo conectado entre una fase de la red normal y tierra y la otra “emergencia” conectada de la misma manera a una fase de la red de sustitución o de emergencia. Cuando hay un corte de la tensión de entrada “normal” actúa

un temporizador T_1 (0,1 s a 1 s) que al acabar el ciclo da un impulso de apertura al aparato de maniobra de la red normal y un impulso de cierre al aparato de maniobra de la fuente de reemplazo (emergencia).
Si no hay tensión en la fuente de sustitución (emergencia) el temporizador T_1 queda bloqueado por la entrada "emergencia" y la conmutación queda bloqueada.



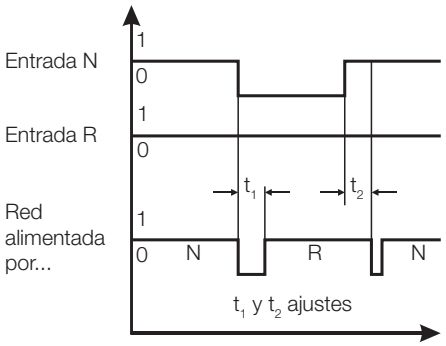


Fig. L6.4-011: *autómata "normal-emergencia" RCV420 y su secuencia de funcionamiento (Merlin Gerin).*

Hay que indicar que el autómata RCV420 tiene una segunda entrada "emergencia" que se presenta como un bucle en el que el contacto de un relé de tensión exterior puede colocarse para impedir la conmutación cuando está abierto. Si la tensión vuelve a la red "normal" un segundo temporizador T_2 (10 a 100 s) entra en acción y al final de su temporización, da una orden transitoria de apertura al aparato de maniobra de la red "emergencia" y una orden de cierre al aparato de red "normal". Por lo que se refiere a la detección de un defecto que afecte a la instalación, debe quedar asegurada por un aparato exterior que tenga un contacto de cierre que actuando en la entrada "defecto" del autómata impida la conmutación.

L
6.4

Ejemplo n.º 2 (MT)

Dispositivo "doble derivación"

Este dispositivo se utiliza mucho en Francia para la alimentación en doble derivación de centros de transformación MT/BT conectados directamente a la red de distribución pública MT. Tienen:
- Un aparato de maniobra para la entrada (interruptor AT).
- Un autómata electrónico del tipo RVH (Fig. L6.4-012).

Principio

La alimentación normal de un montaje en doble derivación (Fig. L6.4-013, página siguiente) puede quedar asegurada por una u otra de las entradas a escoger; el sistema es perfectamente reversible.



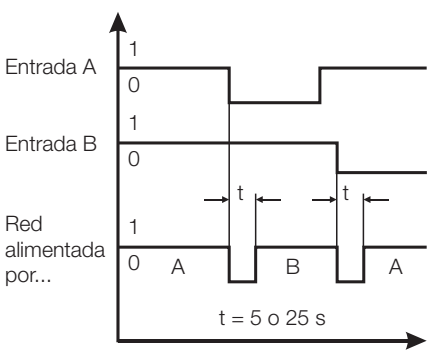


Fig. L6.4-012: *autómata "doble derivación" RVH215 y su secuencia de funcionamiento (Merlin Gerin).*

La detección de presencia o falta de tenisón es idéntica que en el dispositivo “normal-emergencia”.

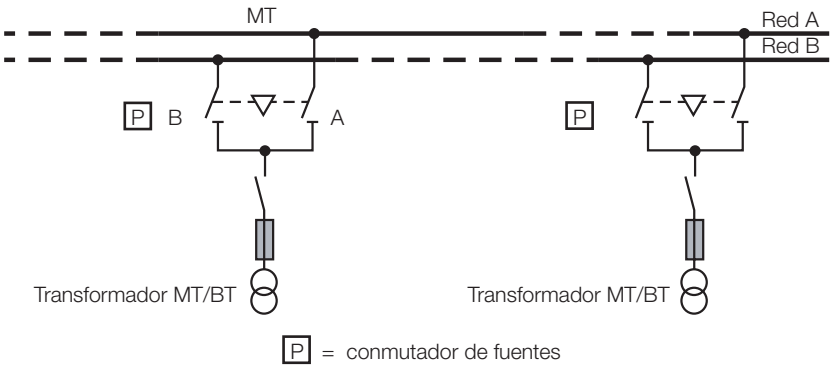


Fig. L6.4-013: *esquema de una distribución en doble derivación.*

La detección de los defectos fase-tierra o fase-fase en la red de utilización queda asegurada por el autómata que recibe la información de los toroidales (3 toros por entrada). En funcionamiento normal, toda la conmutación queda sujeta a ciertas condiciones eléctricas y se efectúa a continuación de maniobras realizadas tanto manual como automáticamente. El detalle de estas maniobras se da a continuación.

Conmutación manual

■ El usuario provoca manualmente la apertura del interruptor A y después el cierre del interruptor B, después de haber verificado que se cumplen las siguientes condiciones:
□ Ausencia de tensión en la derivación A.
□ Presencia de tensión en la derivación B.
□ Ausencia de defecto en el centro de transformación (red aguas abajo).
■ Las condiciones para volver a la alimentación normal son:
□ Verificación de la ausencia de defecto en el centro de transformación.
□ Apertura manual del interruptor B.
□ Cierre manual del interruptor A.

Conmutación automática

El autómata provoca el cierre del interruptor A y después de cerrar el interruptor B si se cumplen las siguientes condiciones:
■ Ausencia de tensión en la derivación A.
■ Presencia de tensión en la derivación B.
■ Ausencia de defecto en el centro de transformación.
■ Mantenimiento de estas informaciones durante 5 a 30 s consecutivamente. Esta duración de 30 s se utiliza sobre todo para que puedan llegar al final de su ciclo los reenganchadores automáticos usados en las redes de líneas aéreas.
El retorno de la tensión en la derivación A no provoca la conmutación de la derivación B hacia A, pero esta conmutación puede ser actuada manualmente por el usuario.

Conmutación pseudosíncrona

Principio

La duración de estas conmutaciones de fuentes suele ser del orden de 150 ms. El esquema más frecuentemente recomendado es el de la Fig. 6.4-014, página siguiente.
En condiciones normales de explotación, las dos semibarras se alimentan respectivamente de las dos entradas, estando abierto el interruptor de acoplamiento.

El fallo de una de las dos fuentes provoca la entrada del dispositivo de conmutación rápida que, con ciertas condiciones, da dos órdenes diferentes:
■ Una de cierre al interruptor automático de acoplamiento.
■ Una de apertura al interruptor automático de la fuente que ha fallado.
El semijuego de barras correspondiente a la fuente con defecto queda por tanto alimentado.

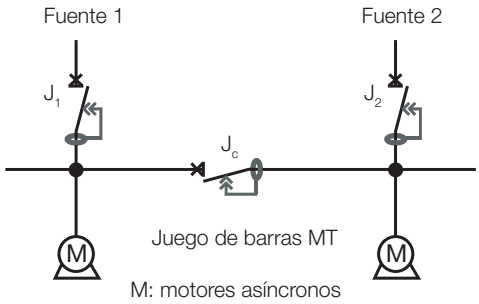


Fig. L6.4-014: *conmutación pseudosíncrona.*

Campo de utilización

El caso típico es el de instalaciones conectadas a dos fuentes AT que tienen un gran número de motores asíncronos. Estos últimos, teniendo en cuenta las exigencias de las máquinas arrastradas por estos motores, no deben quedar afectados ni por una parada momentánea ni por una ralentización importante durante el período de transferencia de la fuente principal hacia la fuente de reemplazo.
Esta aplicación se ve especialmente en las industrias químicas y petroleras y, generalizando, en las industrias cuyos procesos de fabricación no toleran ninguna parada temporal de ningún elemento de su cadena; también se aplica en las alimentaciones auxiliares de las centrales térmicas.

Dificultades

La dificultad de este tipo de conmutación reside principalmente en el hecho de que un motor asíncrono trifásico proporciona en sus bornes, durante el proceso de ralentización cuando se ha cortado la red, una tensión trifásica alterna de frecuencia y amplitud decrecientes inducida por el flujo remanente del motor.
La amplitud máxima de esta tensión residual disminuye de una manera exponencial en función del tiempo con una constante de tiempo que depende de:
■ La potencia del motor.
■ El régimen de conexiones estatóricas:
□ Estator abierto, caso de un corte de la alimentación trifásica.
□ Estator en cortocircuito, caso de un defecto trifásico en la alimentación.
Por el contrario, la tensión nominal de alimentación del motor no modifica mucho más el valor de la constante de tiempo.
La Tabla L6.4-015, página L/771, da valores aproximativos de las constantes de tiempo de extinción del flujo residual para motores asíncronos de caja media.
La realimentación rápida de motores en proceso de ralentización, sin precauciones especiales, puede llevar a un acoplamiento en oposición de fases entre la fuente de reemplazo y la red de utilización cuya tensión ha sido mantenida por los motores asíncronos.
Solamente los motores MT aislados con resina epoxy pueden permitir una realimentación en oposición de fase. Sin embargo, hay que indicar que en este caso la corriente de pico es igual aproximadamente a 3 veces la corriente de arranque del motor, o sea, de 15 a 20 In. Esto supone que el conjunto de la red de distribución se encuentra en situación perturbada altamente peligrosa:

■ Caída de tensión y esfuerzos electrodinámicos muy importantes y repetitivos.
■ Disparo intempestivo de los interruptores automáticos de protección contra cortocircuitos francos.
■ Etc.
Por todos estos motivos, no es posible realimentar de una manera ultrarrápida los motores sin comparación del defasaje de la tensión de la fuente con la tensión residual. Por el contrario, con un dispositivo que compare el defasaje de las tensiones es posible conmutar de una manera ultrarrápida las fuentes. En el anexo puede verse una descripción resumida de un comparador de fases.

Potencia del motor	10 kW	100 kW	200 kW	400 kW	800 kW
Constante de tiempo, estator en cortocircuito	0,02 s	0,03 s	0,04 s	0,06 s	0,10 s
Constante de tiempo, estator abierto	0,30 s	0,40 s	0,60 s	1,10 s	1,50 s

Tabla L6.4-015: *constantes de tiempo de extinción del flujo residual para motores asíncronos con caja mediana.*

Conmutación ultrarrápida con control de defasaje

Las maniobras posibles de una conmutación ultrarrápida están indicadas en los tres diagramas de la Fig. L6.4-017, página L/772.

Secuencia A

La orden de conmutación activa la apertura de un interruptor automático separador J_1 o J_2; al final de la apertura, el comparador de fase actúa y suministra, si las condiciones de conmutación son favorables, una orden de enganche al interruptor automático de acoplamiento J_c.

Secuencia B

La orden de conmutación activa la apertura de un interruptor automático separador J_1 o J_2 y la conexión del comparador de fases.
Cuando las condiciones de conmutación son favorables, el comparador de fases da una orden de conexión al interruptor automático de acoplamiento J_c.

Secuencia C

La orden de conmutación activa la actuación del comparador de fases. Cuando las condiciones de conmutación son favorables, el comparador da simultáneamente una orden de conexión al interruptor de acoplamiento J_c y una orden de desconexión a uno de los interruptores separadores J_1 o J_2.

Notas:
a) La secuencia C se prefiere normalmente porque consigue una duración de conmutación más corta.
b) La elaboración de la orden de conmutación puede implicar ciertas dificultades como son:
■ Detección de la ausencia real de tensión de alimentación normal en presencia de tensión residual.
■ Rapidez de actuación.
■ Etc.

Condiciones que debe satisfacer una red para realizar un acoplamiento rápido

La primera condición que debe satisfacerse en el momento de realizarse efectivamente el acoplamiento se expresa por la inecuación:

$$\left|\vec{U}_s - \vec{U}_m\right| < \left|\vec{U}_n\right| + \left|\vec{U}_r\right|$$

$\overrightarrow{U_s}$ = Tensión de la fuente que realimenta a los motores (fuente de sustitución).

$\overrightarrow{U_m}$ = Tensión en bornes de los motores después de la desconexión de su primera fuente (tensión residual).

$\overrightarrow{U_n}$ = Tensión nominal del motor.

$\overrightarrow{U_r}$ = Tensión residual admisible del motor.

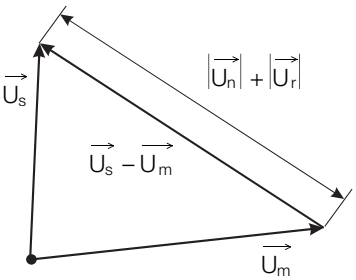


Fig. L6.4-016: *magnitudes eléctricas e inecuación que condicionan el funcionamiento de un acoplamiento rápido.*

En general los motores pueden soportar un acoplamiento en oposición de fase, después de la desconexión de la fuente primera, cuando la medida de la tensión residual en sus bornes no sobrepasa el valor U_r igual a 25% de U_n.
Esta primera condición, aunque necesaria, no es suficiente para que funcione rápidamente el rearranque "al vuelo" de los motores que todavía están girando. En efecto, aunque el acoplamiento se haga controladamente y cumpla la inecuación citada, todos los motores tienen una velocidad inferior a su velocidad nominal y absorben por tanto una intensidad superior a su corriente nominal.
Para favorecer el éxito del rearranque "al vuelo" de los motores durante una conmutación rápida, es necesario que:

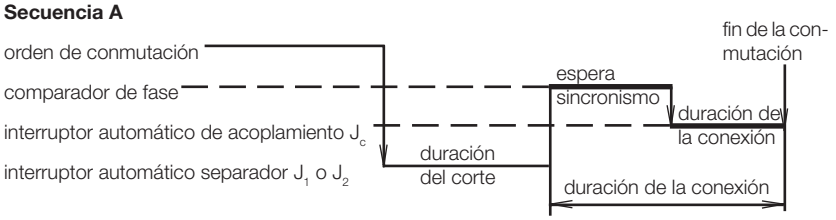
■ La velocidad que tengan los motores, en el instante de volver a alimentarlos, sea lo más elevada posible. Esto depende de:

□ La duración del corte de alimentación.

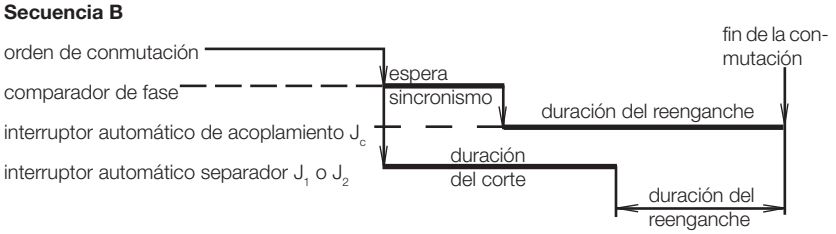
□ La inercia de las masas giratorias.

□ El par resistente durante el rearranque.

Secuencia A



Secuencia B



Secuencia C

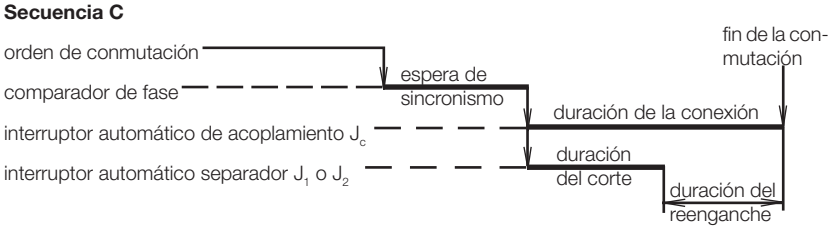


Fig. L6.4-017: *diagrama secuencias A, B y C.*

■ El valor de la caída de tensión de la red de alimentación ha de ser pequeña. Esto depende de:
□ La impedancia de las canalizaciones eléctricas.
□ La intensidad absorbida por los motores.
□ El número de motores a rearmar.
□ El valor del par motor durante el tiempo de rearranque ha de ser superior (cuanto más mejor) al par resistente.
El par motor es función de:
□ El valor nominal del par motor con tensión nominal.
□ La situación del par en el margen de velocidad comprendido entre la velocidad en la que se efectúa el arranque y la velocidad nominal.
□ La tensión aplicada a los bornes del motor.
Hay que tener presente que si el deslizamiento de los motores es importante en el momento de la realimentación, durante todo el tiempo de rearme la intensidad absorbida por los motores es constante y próxima, en una primera aproximación, a la intensidad de arranque (la curva de intensidad absorbida por un motor asíncrono en función de su velocidad de rotación es relativamente plana).

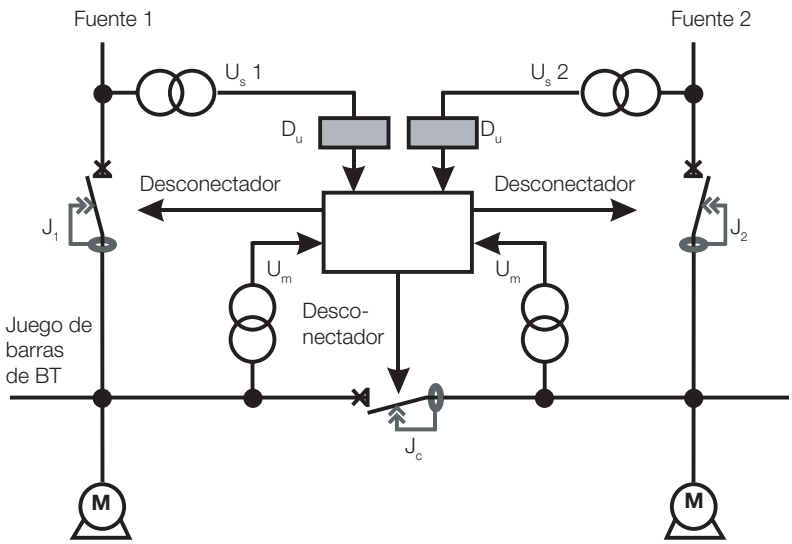


Fig. L6.4-018: *esquema del sistema de conmutación rápida.*

Descripción resumida de un comparador de fases

La medida del desfase entre dos fuentes se efectúa por la diferencia de dos vectores de tensión U_s y U_m, o sea: $\vec{U_s} - \vec{U_m} = \vec{U}$,
siendo:

$\vec{U_s} = U_s \cdot \text{sen } \omega 1 \cdot t$ (tensión de la fuente de sustitución),

$\vec{U_m} = U_m \cdot \text{sen } \omega 2 \cdot t$ (tensión residual).

Nota: el escribir $|U_s| = |U_m| = |U_a|$ permite simplificar los cálculos.

Utilizando la fórmula trigonométrica $\text{sen } \alpha - \text{sen } \beta = 2 \cdot \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \text{sen } \frac{\alpha + \beta}{2}$

es posible escribir: $\vec{U_s} - \vec{U_m} = 2 \cdot U_a \cdot \cos \frac{\omega 1 + \omega 2}{2} t \cdot \text{sen } \frac{\omega 1 - \omega 2}{2} t = \vec{U}$.

La envolvente de la tensión de pulsación no está afectada por la pulsación que expresa la evolución en el tiempo del defasaje entre $\vec{U_s}$ y $\vec{U_m}$.

La tensión $\overrightarrow{U_s} - \overrightarrow{U_m}$ se rectifica y después se filtra. Los valores instantáneos de la tensión de la curva envolvente o de la tensión de pulsación así obtenida permiten determinar el desfase entre las dos tensiones senoidales a comparar: el valor instantáneo mínimo corresponde a un desfase nulo.
Cuando la tensión de la curva envolvente desciende por debajo del umbral de ajuste, el comparador proporciona una orden de conmutación hasta que la tensión de la curva envolvente vuelve a rebasar el valor umbral.
Si la diferencia entre las dos frecuencias es importante, el comparador impide la conmutación porque, en este caso, no son adecuadas las condiciones de conmutación ultrarrápida. Por el contrario, si la tensión residual es inferior a un valor predeterminado (0,20 a 0,60 U_n, por ejemplo) la conmutación puede hacerse a pesar de que exista una diferencia importante de frecuencias.

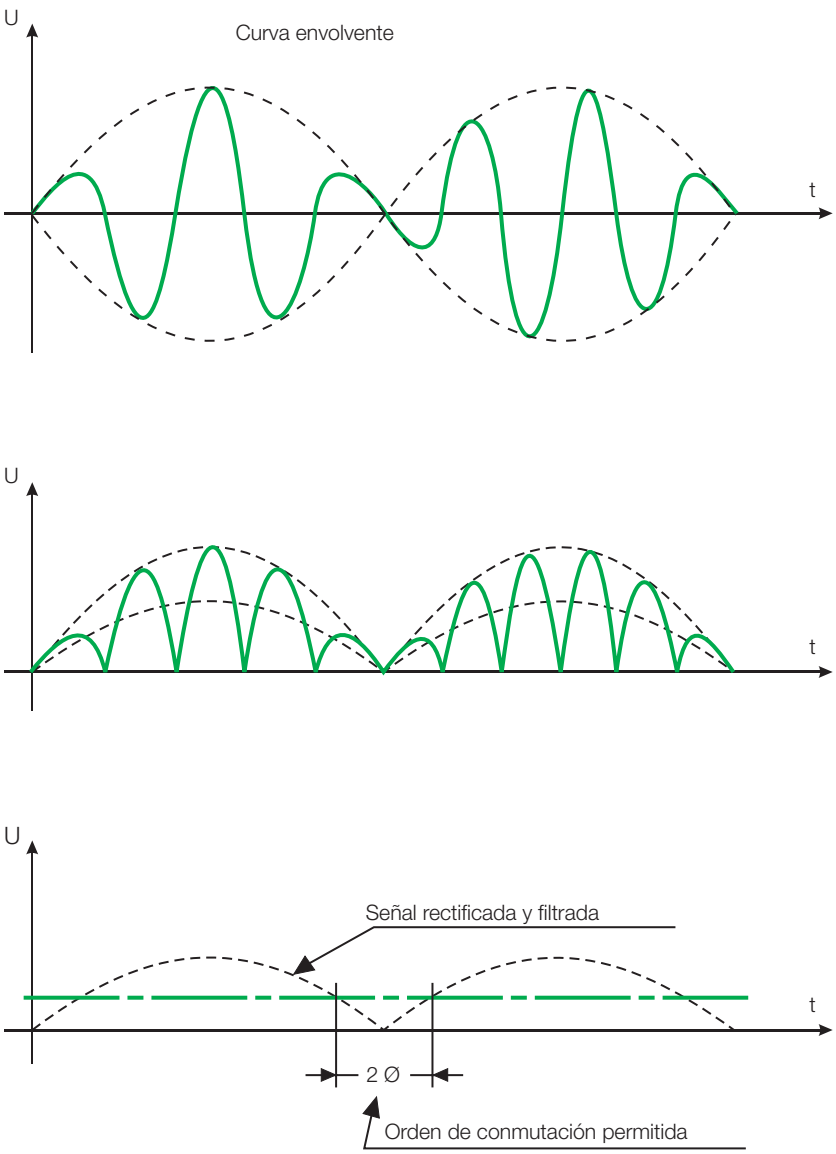


Fig. L6.4-019: *comparador de fases.*

Cuadro resumen sobre los equipos de conmutación de fuentes

Tipo de conmutación				
	Síncrona	Con corte		Pseudosíncrona
		BT	AT	
Ejemplo de aplicación	– Comutación del juego de barras – Sustitución de un generador por otro – Conmutación de un SAI sobre la red	En la industria y sector servicios: – Alimentación de circuitos auxiliares de un centro de transformación – Alimentación de almacenes de grandes superficies – Etc.	– Alimentación con 2 entradas AT comutables – Alimentación con una fuente normal y una de sustitución	– “Rearma al vuelo” de motores asíncronos
Duración de la conmutación	Nula	0,5 a 10 s	1, a 30 s	0,06 a 0,3 s
Dispositivos utilizados	– Acoplador – Sincroacoplador – Conjunto SAI con contactor estático (EPS2000 y 5000)	– Inversor de fuente automático con interruptor automático (Compact y Masterpact)	– Celda con conmutador (equipado con VM6 DDM y NSM)	– Interuptor automático AT rápido con comparador de fase
Observaciones	La conmutación debe hacerse con ausencia total de tensión en la fuente principal			Dificultades de producción de la orden de conmutación (presencia de tensión residual)

Tabla L6.4-020: *cuadro resumen de los sistemas de conmutación de dos fuentes.*

Conclusiones sobre los equipos de conmutación de fuentes

Después de haber descrito las condiciones de funcionamiento que se han de cumplir y las exigencias técnicas a tener en cuenta, se impone poner en práctica la conclusión siguiente.

Antes de proceder a la elección de un dispositivo de conmutación, es aconsejable y hasta necesario conocer:

■ La calidad de las fuentes, la principal y la de reemplazo:

□ Amplitud, duración y periodicidad de las bajadas de tensión.

□ Duración y periodicidad de los cortes de tensión (presencia o no de un automatismo de rearmado en servicio aguas arriba, tal como un interruptor de reenganche rápido y lento).

□ Potencia disponible.

■ Las exigencias de los receptores en cuanto a la continuidad del suministro:

□ No toleran ningún corte de la alimentación.

□ Toleran pequeños cortes de tensión (de 0,3 s, 1 s, 30 s, etc.).

Los equipos de socorro de “corta duración” (onduladores)

Esta función que realiza un “SAI” (Sistema de Alimentación Ininterrumpido) es sustituido por uno o varios onduladores de potencia unitaria entre 40 y 800 kVA o más, equipados de dispositivos control-mando, baterías y dispositivos de diagnóstico, comunicados por unión asíncrona.

Este tipo de onduladores pueden ser conectados en paralelo.

La autonomía de la batería debe ser suficiente para asegurar la alimentación de la aplicación, durante la secuencia de arranque de la alimentación de larga vida como puede ser un grupo electrógeno.

Esta secuencia de rearme del suministro comprende:
■ Ausencia de la alimentación proveniente del sector: 20 s
■ Arranque del GE, teniendo en cuenta el arranque de la última alternativa: 50 s
■ Permutación Normal/Socorro (lastre propio de la permutación): 20 s
■ Rearme de los interruptores automáticos prioritarios: 210 s
Sea el tiempo total para esta secuencia de 5 minutos (100 s para las partes de máxima prioridad).

Niveles de indisponibilidad deseados para el conjunto de la instalación	$10^{-6(*)}$	$5{\cdot}10^{-6}$	10^{-5}	10^{-4}
Autonomía de las baterías (minutos)				
en el fin de vida de las baterías	10	10	7	5
en el principio de vida de las baterías	15	15	10	8

(*) Con redundancia del inversor de fuente.

Tabla L6.4-021: *autonomía de las baterías de un SAI en función de los niveles de disponibilidad.*

Los sistemas electrónicos de control-mando

Este sistema es una federación de unidades electrónicas de mando o de control –UC–. Cada UC pilota uno de los principales constituyentes de la instalación (grupo inversor de fuentes...).
A esta UC se asocian una o varias unidades de vigilancia –US– que permiten el dialogo hombre-proceso, pero no permiten una actitud activa sobre el sistema.

Los criterios de funcionamiento

Una distribución de este tipo debe asegurar, por ejemplo, a lo largo de 20 años la generación de energía eléctrica, a pesar de la aparición de defectos en los siguientes sectores:
■ Pérdida del sector (la alimentación de la red pública).
■ Tensión del sector fuera de límites.
■ Desequilibrios de fase fuera de límites.
Además, debe permitir responder a las alteraciones contractuales con la red pública, tales como:
■ Falta en los días de puente.
■ Aportación de potencia en los desfasamientos de corriente del distribuidor de energía.
Cada equipo constituyente del conjunto desarrolla su funcionamiento en función de su rol en el mismo, definido como sigue:
■ El grupo electrógeno funciona sobre:
□ Defectos del sector: 200 h/año
□ Desfases de contratación: 400 h/año
□ Revisiones: 50 h/año
Sea un funcionamiento acumulado máximo de: 650 h/año
■ El cuadro de baja tensión funciona sobre:
□ Posición de socorro: 8% del tiempo
□ Posición de sector: 92% del tiempo
■ El socorro de “corta duración” interviene:
□ Durante los cortes muy breves (microcortes) en el que el número es variable, según la red de alimentación y el entorno.
□ Durante la fase de reenganche del grupo electrógeno y a las que podemos añadir los tiempos de conmutación de los equipos de BT. Una autonomía de 10 minutos es habitualmente solicitada en baterías en fin de vida siendo el mínimo 5 minutos.
□ Durante los ciclos de tests de las baterías.

Este incidente, de una duración muy reducida, es despreciable con respecto a los tiempos de reenganche.
Por otra parte, la garantía de disponibilidad elegida está unida a los tiempos de reparación. Estos tiempos y las medidas correspondientes son función del nivel de seguridad elegido.

Búsqueda e identificación de los puntos débiles

El análisis de la estructura mínima de base se realiza teniendo en cuenta:
■ Los datos de experiencias de diferentes fuentes.
■ Las tasas de desfallecimiento, definidas por los constructores o los organismos de normalización tales como IEEE, MIL, CNET, que permiten determinar los puntos débiles de la estructura.
Por los principales constituyentes de la instalación, las probabilidades de fallo expresadas en cantidad de minutos de paro año son, a título de ejemplo y por los países industrializados:

■ Un sector de MT:	450 minutos/año
■ Un cuadro de BT:	90 minutos/año
■ Un grupo electrógeno:	360 minutos/año
■ Un equipo de socorro de corta duración:	150 minutos/año

Por cada uno, los “puntos de indisponibilidad” de los componentes, sobre los cuales puede intervenir el consumidor, son los siguientes:

■ Cuadro general de baja tensión:	
□ Inversor de fuente:	65%
□ Aparamenta de distribución:	25%
□ Auxiliares de control-mando:	10%
Total	100%
■ Grupo electrógeno:	
□ Cadena de demarraje:	65%
□ Circuito de enfriamiento:	8%
□ Circuito combustible (bomba fuel-oil):	7%
□ Toma de carga del GE:	6%
□ Entorno del generador (temperatura exterior):	6%
□ Auxiliares + control-mando:	8%
Total	100 %
■ Fuentes de socorro de corta duración:	
□ Rectificador cargador:	35%
□ Cadena de arranque:	55%
□ Auxiliares:	10%
Total	100%

Podemos constatar que los tres “constituyentes más sensibles” son:
■ Inversor de fuente.
■ Cadena de demarraje.
■ Batería.

Soluciones para aumentar la disponibilidad

La estructura mínima de base (Fig. L6.4-006, página L/757) estudiada antes, sí nos conduce a una indisponibilidad máxima del orden de 5 h/año (sea un $6 \cdot 10^{-4}$), para una autonomía de la batería de las fuentes de socorro de corta duración mínima de 10 minutos, y un mantenimiento preventivo y correctivo sin asistencia permanente.
La repartición de probabilidades de averías es expresada en minutos de “desfallecimiento” por año.
Si uno desea un objetivo de indisponibilidad inferior a 1 h/año (10^{-4}) sobre la parte de socorro, el ondulador (SAI), es necesario adoptar unas mejoras en la estructura de base y/o en los componentes.

Es posible por:
■ La fiabilización de los componentes instalados (llaves en mano).
■ Elección de tecnologías y técnicas adecuadas.
■ Un recorte hasta dar en el punto óptimo (dar en el blanco):
□ Permitiendo un funcionamiento a menor escala (modular).
□ Asegurar el funcionamiento sólo a los componentes necesarios.
■ Con redundancias.

Conocer el nivel de fiabilidad de los componentes

La fiabilidad de un sistema (mecánico, eléctrico y electrónico) es su función, la de cumplir una función requerida, en las condiciones dadas, durante un período de vida dado, es la probabilidad de sobrevivir en un sistema (ver el CT n.º 144 "Introducción a la concepción de la seguridad"). En consecuencia, los diferentes componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos deben ser elegidos según sus niveles de calidad y de fiabilidad teniendo en cuenta el entorno térmico, climático y mecánico, en que se va a encontrar, particularmente por los componentes de coste elevado.

Nota: al denominar coste de un componente no nos referimos solamente al coste de adquisición sino al coste de adquisición + el coste que representa en la instalación su desfallecimiento.

En la constancia de dar en el blanco, haciendo aparecer los defectos latentes que se revelarán en el entorno operacional, y eso sin afectar la cualidad de los componentes ni provocar desgaste alguno, un análisis (ensayo) se debe practicar.
Puesto que los componentes (en términos generales) no son cualificados por los fabricantes, uno puede apelar a los organismos de cualificación, tales como LCIE para equipos electrónicos y a los laboratorios de ensayo de la ASEFA para los componentes electrotécnicos.
La Tabla L6.4-022 resume las principales elecciones tecnológicas que tienen una influencia sobre la disponibilidad.

Nivel de disponibilidad deseado por el conjunto de la instalación	10^{-6}	$5{\cdot}10^{-6}$	10^{-5}	10^{-4}
Tipo de arrancador (P > 1 MVA)				
eléctrico + neumático	■	■		
solamente neumático			■	■
Alimentación de combustible				
por gravedad (o dos bombas)	■	■		
por solo una bomba			■	■
Circuito de engrase (según el motor)				
con complemento de aceite		■	■	
con preengrasado		■	■	■

Tabla L6.4-022: *elección de tecnologías concernientes a un GE.*

Las elecciones tecnológicas

Por cada componente (TBT, GE, socorro de "corta duración") la elección entre las diferentes posibilidades de tecnología juegan un rol importante en términos de fiabilidad y mantenibilidad.

El cuadro de BT

El cuadro de BT y la aparamenta constituyente TBT no representa más que el 20% en términos de disponibilidad del sistema y deben ser elegidos bajo estas consideraciones:
■ Elección entre fusible e interruptor automático:
□ El fusible es un dispositivo de protección contra los cortocircuitos. Hoy en día

no es justificable su aplicación en aras a las actitudes de mantenimiento que comporta.

□ El interruptor automático, a parte de la personalización de los reglajes de los relés de protección, dispone de un MTTR (tiempo medio de reparación, de hecho el tiempo de reenganche) muy bajo, entonces debe ser utilizado cada vez que deseemos una buena disponibilidad de la energía.

■ Elección entre contactor e interruptor automático telecomandado:

□ El contactor es un aparato que se cierra en el momento en que su bobina es excitada y se abre cuando se desexcita. Se considera monoestable (una sola posición estable: abierto).

□ El interruptor automático telecomandado es del tipo biestable; guarda la posición, abierto o cerrado, en caso de falta de tensión.

Se elijen para instalaciones de alta disponibilidad, a fin de conservar la posición correspondiente a la instrucción dada antes de una pérdida de alimentación o la fallida del comandamiento o control electrónico.

■ Las protecciones.

Si solo la parte en defecto es aislada por el interruptor automático, situado inmediatamente aguas arriba del defecto y por él solamente, y para todos los valores de defecto, tanto de sobrecarga como de cortocircuito, se dice que hay selectividad.

La selectividad participa en la continuidad de servicio, o sea la disponibilidad de energía. La elección de la técnica de selectividad no es indiferente:

□ Selectividad amperimétrica: se realiza con los interruptores automáticos de funcionamiento instantáneo.

El escalonamiento de los reglajes según el valor de la corriente del cortocircuito da una selectividad parcial o total.

El empleo de un interruptor automático limitador aguas abajo facilita una selectividad total.

□ Selectividad cronométrica: se obtiene por un escalado de los tiempos de respuesta de los interruptores automáticos, equipados con desconectadores (relés) a corto o largo retardo.

La selectividad es total. Pero las contrariedades y los efectos destructores provocados por los cortocircuitos en función de la temporización pueden ser importantes, pero bien controlados pueden reducir la mantenibilidad.

□ El sistema SELLIM (ver el CT n.º 126) concilia las exigencias de una selectividad total y las ventajas de una fuerte limitación de las corrientes de cortocircuito.

□ La selectividad lógica sobre todo utilizada en AT y MT (ver el CT n.º 2) que permite obtener una selectividad total con el mínimo tiempo de retardo.

■ Material fijo o desenchufable.

La elección está entre los interruptores automáticos fijos, que necesitan una puesta fuera de tensión para su revisión y control, y los interruptores automáticos desenchufables, en los que su recambio es posible bajo tensión.

En el campo de actuación del interruptor automático telecomandado, en el que por su función actúan mucho, es aconsejable utilizar un interruptor automático desenchufable.

Convendrá, de otra parte, vigilar su evolutividad; por ejemplo la posible adopción posterior de auxiliares de control-mando.

Es importante buscar la mejor adecuación entre el coste y la propia MTTR.

Por los niveles de disponibilidad mejores que 10^{-4} es aconsejable instalar materiales desenchufables en razón de los siguientes elementos:

□ Desenchufable (zócalo + interruptor automático):

– MTBF = 100 años, MTTR = 1 hora.

– Indisponibilidad del interruptor automático = $3{,}4 \cdot 10^{-6}$.

□ Fijo:

– MTBF = 100 años, MTTR = 24 horas.

– Indisponibilidad de un interruptor automático = $2{,}4 \cdot 10^{-5}$.

Grupo electrógeno (GE)

■ Sistema de arranque. Es el punto sensible, puede ser neumático, asociado a un compresor, o eléctrico, asociado a un rectificador/cargador con su batería.
Los elementos de elección entre arranque neumático o eléctrico son las expuestos en la Tabla L6.4-022, página L/778.

□ Arrancador eléctrico.
Ventajas:
– Mantenimiento simple.
– Instalación simple para GE de potencia < 500 kVA.
– Influencia nula sobre el envejecimiento del motor.
– Mantenimiento simple.
Inconvenientes:
– Control delicado de la autonomía de la batería de arranque.
– Inoperante sobre un fallo mecánico del posicionamiento de la corona de arranque.
– Volumen elevado para potencias > 1 MVA.
– Dificultades de instalación: la batería debe estar situada cerca del motor, es a menudo del tipo de batería sin mantenimiento y debe ser capaz de soportar "descargas bruscas".

□ Arrancador neumático.
Ventajas:
– Mantenimiento del circuito de arranque simple.
– Costes y volúmenes menos elevados para las potencias de los GE > 500 kVA.
Inconvenientes:
– Mantenimiento delicado del compresor.
– Mantenimiento correctivo puede ser largo y delicado.

■ Toma en consideración del entorno:
La temperatura ambiente del GE, así como la altitud, pueden reducir las características del GE.
A título de ejemplo:
□ Una temperatura ambiente de 40 ºC provoca un desclasificamiento del 10% (nominal 25 ºC).
□ Una altitud de 2.000 m comporta un desclasificamiento del 25% (nominal 100 m).
Estas desclasificaciones de sus funciones son proporcionales a la variable y conducen a subdimensionar y subalimentar al motor.
Una temperatura muy baja (<15 ºC) del entorno del motor, al arranque puede provocar un calado en el momento de tomar la carga. Es posible remediar el problema instalando un circuito de precalentamiento sobre los circuitos de aceite y agua, en el caso de un motor con enfriamiento por agua o sobre el circuito de aceite en un motor refrigerado por aire.
También se puede prever una realimentación eléctrica progresiva de los circuitos de carga, empezando por los más prioritarios.

Los equipos de socorro de "corta duración" (onduladores)

Su función es la de complementar la continuidad para obtener una alimentación sin interrupción (SAI) en un sector de la instalación.
Se deben tener en cuenta cuatro criterios para definir la configuración óptima de una alimentación de socorro de "corta duración":
■ La potencia utilizada en régimen permanente.
■ Las variaciones instantáneas de carga (al lado de la utilización).
■ El nivel de disponibilidad deseada.
■ La autonomía solicitada.
Las elecciones tecnológicas que ellos llevan sobre los diferentes elementos permitiendo al SAI funcionar correctamente:
■ La aparamenta de protección aguas arriba y abajo.
■ Los cables de unión.

■ La batería de acumulación.

Para la aparamenta de protección debemos tener una atención particular a la regulación de las protecciones de sobreintensidad (relés magnéticos y térmicos de los interruptores automáticos).

■ Las puntas de corriente son frecuentes en las puestas bajo tensión.

■ La capacidad de absorción de los onduladores de las corrientes de cortocircuito es pequeña. Por tanto debemos verificar: $I_{puntas\ de\ corriente} < I_{nivel\ de\ protección} < Icc$.

En relación a la aparamenta de protección (a las personas) contra los defectos de aislamiento, el ECN "neutro aislado" es aconsejable siempre que se pueda, puesto que permite un primer defecto sin desconexión.

Por las baterías es aconsejable:

■ Disponer de una tecnología facilitando el mantenimiento: batería estanca de plomo, o batería sin mantenimiento de plomo.

■ Prever el acceso para un reemplazamiento rápido.

El tipo de funcionamiento y de configuración de los equipos de socorro de corta duración debe corresponder al nivel de disponibilidad requeridos por la aplicación o solicitación:

□ N.º 1. El funcionamiento permanente de un SAI ("on-line") es preferible a un funcionamiento "off-line", es un mero imperativo para que el SAI proteja los microcortes.

En funcionamiento "off-line": el ondulador no actúa hasta que existe el fallo de suministro del sector.

En funcionamiento "on-line": el sector (red pública) es el socorro del ondulador por una sobreintensidad o por un fallo de la alimentación estática.

Los elementos alimentados por el ondulador son entonces socorridos directamente por la energía aportada por el sector, por medio del contactor estático (CS).

■ N.º 2. Muchas alimentaciones estáticas acopladas en paralelo sin redundancia y sin utilización de una red de socorro. Esta configuración permite una distribución, adaptada según la potencia destinada para los equipos de socorro, y un funcionamiento degradado según la disponibilidad de las alimentaciones estáticas.

■ N.º 3. Muchas alimentaciones estáticas acopladas en paralelo con redundancia y sin utilización de una red de socorro. Esta configuración permite una disponibilidad superior a los del párrafo n.º 2 disponibilidad dependiente directamente del nivel de redundancia.

■ N.º 4. Muchas alimentaciones estáticas acopladas en paralelo, una en redundancia con utilización de una red de socorro. Esta configuración ofrece una disponibilidad superior a la del párrafo n.º 3 por un pequeño coste suplementario.

La Tabla L6.4-023 presenta valores indicativos para diferentes configuraciones.

Configuraciones	**Sin red de socorro**	**Con una red de socorro**	
		Calidad (sector)	Buena calidad
Una alimentación estática	31.000	183.000	261.000
Dos alimentaciones estáticas en paralelo sin redundancia	15.000	112.000	177.000
Dos alimentaciones estáticas en paralelo con redundancia 1/2	250.000	411.000	450.000

Tabla L6.4-023: *valores de MTTF, en horas, de diferentes configuraciones (de materiales provenientes de fábrica).*

La electrónica de control-mando

La electrónica, por su rol, puede administrar cada una de las partes de una instalación de energía. Con el fin de obtener la máxima fiabilidad posible, debemos tomar las siguientes opciones:

■ Nivel de integración elevado.
Utilización de componentes muy integrados tales como microprocesadores por la función de vigilancia y microcontroladores para la central de control-mando.
■ Reparto funcional a nivel de control-mando como a nivel de vigilancia.
Dos ejemplos:
□ Separación en la unidad de mando (UC) de partes interface (captores-accionadores) del proceso.
□ Separación en la unidad de vigilancia (US) de funciones de tratamiento y comunicación.
■ Integración de las alimentaciones a su nivel funcional.
Ejemplo: la unidad de mando posee su propia alimentación sobre sus cartas.
■ Componentes de bajo consumo.
■ Modularidad en el punto de asegurar una mantenibilidad con la finalidad de evitar en lo posible el tener que interrumpir el proceso.

Captores y accionadores
Una atención particular se debe tener en la elección de los captores y los accionadores:
■ Para los captores es muy importante tener en cuenta su entorno físico-eléctrico en lo que estos elementos permiten asegurar:
□ Un control-mando eficaz.
□ Una ayuda al mantenimiento correctivo.
□ Un nivel elevado al mantenimiento preventivo.
■ Por los accionadores directamente unidos a la garantía de disponibilidad de energía, deben asumir su misión, más bien en el caso de falta de alimentación que en la pérdida del control (incidente sobre US o UC). En otros términos deben:
□ Conservar su estado ON u OFF (funcionamiento biestable).
□ Permitir el funcionamiento de forma manual.
El interruptor automático es un ejemplo.

La tolerancia a las averías

Si las elecciones técnicas y tecnológicas efectuadas no son suficientes para obtener el nivel de disponibilidad deseado, es conveniente realizar una llamada a la tolerancia de las averías.
Se obtiene esencialmente por:
■ Las técnicas de redundancia (evoca a proposiciones de socorros de corta duración).
■ La posibilidad de funcionar de forma degradada.
■ Una buena elección del esquema de conexión del neutro.

Las redundancias

Deben estar previstas prioritariamente a nivel de los equipos que tienen el peso más elevado en el cálculo de disponibilidad en el circuito de energía tratado. Examinemos las elecciones posibles:
■ El GE.
Uno piensa que 2 GE en redundancia aseguran una mayor disponibilidad. Pero esto no es cierto si estos GE no utilizan dos juegos de barras distintos, sino la fiabilidad es disminuida por los dispositivos de acoplamiento suplementarios.
■ Los socorros de “corta duración”.
En este nivel, donde la misión es suministrar la alimentación a la fase de reenganche del GE, es un rol importante para la disponibilidad de la instalación. Para cumplir esta misión este nivel no puede ser de modo común.
Una solución práctica: dividir el riesgo por la modularidad:
□ De 3 kW (rectificador cargador de baterías) para alimentar los utilizadores en corriente continua, equipamientos de telecomunicación por ejemplo.

□ De 3, 40, 80 kVA (SAI) por alimentar utilizadores de corriente alterna, materiales informáticos.
Esta modularidad permite:
□ Un funcionamiento degradado y una acción de mantenimiento correctivo sin interrumpir la misión de la instalación.
□ Una redundancia de potencia función del nivel de disponibilidad solicitado y de las esperas por las reparaciones impuestas por la logística de mantenimiento.
■ El inversor de fuente del cuadro de BT.
Es un modo común que, con sus órganos de mando, representa una tasa de desfallecimiento próxima al 10^{-5}. Los dos tipos de redundancia siguientes permiten obtener unos niveles de disponibilidad superiores:
□ Redundancia del cuadro que permite disponer al menos del 50% de la potencia distribuida por los dos cuadros en caso de mantenimiento.
□ Redundancia del inversor de fuentes, en esta redundancia intervienen en la detección de una anormalía del inversor teniendo en cuenta la autonomía de la batería.
■ Los automatismos.
Diferentes posibilidades de redundancias de automatismos pueden emplearse. En este tipo de equipamientos nos inclinamos por la siguiente redundancia: dos autómatas totalmente asíncronos están activados permanentemente sobre el proceso, cada uno está introducido en sincronismo en el estado del proceso, el primero impone automáticamente una acción activa en el seno de la disponibilidad por encima del otro. Los accionadores, por el cableado de sus comandos, deben favorecer el estado de marcha.
El autómata en defecto se retira y no se rearman sus controles de vigilancia.
■ Los captores.
Ciertas medidas, tales como la medida de velocidad, de temperatura, del nivel de fuel-oil, etc., son partes del equipamiento fundamentales para asegurar la disponibilidad: los captores se deben "doblar". La coherencia de la medida en relación al estado del proceso es evaluado por el control-mando que, en un caso constante de incoherencia, rechaza el captor declarándolo en avería.
■ La alimentación de la electrónica de control-mando y sus auxiliares.
Para autorizar el funcionamiento en degradación, la alimentación de diversas funciones de control-mando de un sistema de seguridad no debe ser único.
Cada función debe poseer su propia alimentación, y si la fuente es común por varias o todas las funciones, es necesario disponer de una protección para cada una de ellas.

Los esquemas de conexión a tierra ECT y los riesgos de incendio y de no disponibilidad de la energía

Riesgo de incendio

Ver el capítulo F, apartado 4 "Los regímenes de neutro", página F/71 del 1.er Volumen

Los tres regímenes o esquemas de unión a tierra clásicos son el "TT" (neutro a tierra), el "TN" (puesta a neutro) y el "IT" (neutro aislado).
Los tres permiten asegurar la protección de personas contra los choques eléctricos.
Su influencia sobre la disponibilidad es totalmente diferente.
Se ha demostrado, y después se ha incluido en las normas, que en locales especialmente sensibles, cuando la corriente de defecto sobrepasa los 500 mA, un contacto puntual entre un conductor y una pieza metálica puede provocar un incendio.

A título de ejemplo

■ Locales con riesgo importante: factorías petroquímicas, granjas...

■ Locales con riesgo menor, pero donde las consecuencias pueden ser muy graves: edificios de gran altura con afluencia de público...

■ Con el neutro aislado, el riesgo de "incendio":

□ Es muy pequeño para el primer defecto.

□ Es tan importante como en TN para el segundo defecto.

■ Para los ECT TT y, sobre todo TN, la corriente de defecto es peligrosa, vista la potencia desarrollada ($P = R_d \cdot I^2$):

□ En TT: 5 A < I_d < 50 A.

□ En TN: 1 kA < I_d < 100 kA.

La potencia puesta en juego en el punto del defecto, sobre todo en el esquema TN, es considerable y hay que conseguir limitar la energía disipada ($\int R_d \cdot i^2 \cdot dt$) actuando con la máxima velocidad y los mínimos valores posibles de corriente.

Esta protección, prescrita por la IEC, se realiza por medio de DDR instantáneos con un ajuste ≤ 500 mA, sea cual sea el ECT. Cuando los riesgos de incendio son particularmente importantes (fabricación y almacenamiento de materias inflamables...), es necesario y hasta obligatorio utilizar un ECT con las masas a tierra, minimizando naturalmente este riesgo (TT o IT).

El TN-C está prohibido técnicamente cuando hay riesgo de incendio (condición BE2) y/o de explosión (condición BE3): si el conductor CP y el neutro son el mismo conductor no se puede instalar un DDR.

Riesgo de no disponibilidad de la energía

Este riesgo es importante para el usuario porque trae consigo costes por paro de la producción y por reparación que pueden llegar a ser importantes.

Es diferente según el ECT escogido:

■ Recordemos que la disponibilidad (D) es una magnitud estática igual a la razón entre dos tiempos:

□ Tiempo durante el cual la red está presente (MTTF - tiempo medio de buen funcionamiento antes del primer desfallecimiento).

□ Tiempo de referencia, igual al tiempo "red presente + red ausente" (MTBT - tiempo medio entre dos desfallecimientos).

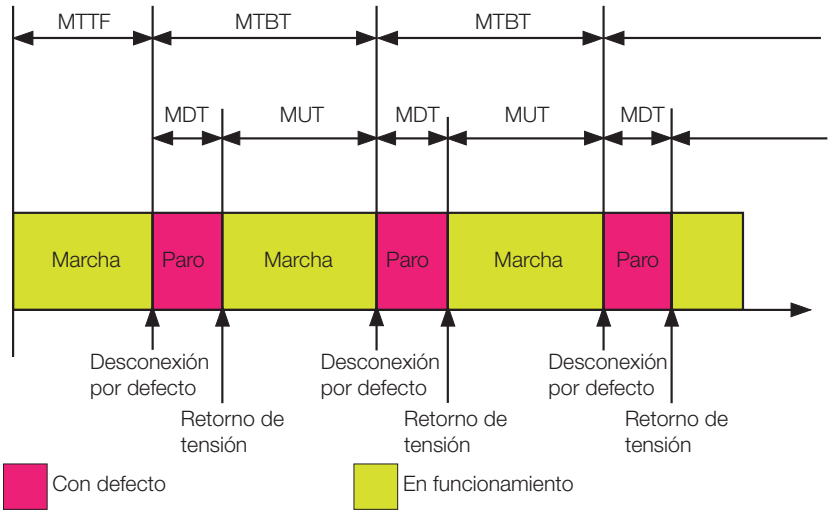


Fig. L6.4-024: *disponibilidad de la energía eléctrica.*

El tiempo de buen funcionamiento (MUT) depende del estado general de aislamiento de la red. Ahora bien, con el tiempo el aislante se va degradando con

los sobreesfuerzos térmicos y electrodinámicos debidos especialmente a las corrientes de defecto.

■ El tiempo de fallo (MDT) depende, también él, de la corriente de defecto y especialmente de su intensidad que, según su valor, puede provocar:

□ Un deterioro más o menos importante en receptores y cables.

□ Incendios.

□ Fallos en el funcionamiento de los equipos de señal o de bajas corrientes y de control y mando.

El problema de la disponibilidad de la energía hay que analizarlo para el estudio de cada uno de los esquemas de conexión a tierra. El ECT IT requiere un estudio particular, puesto que es el único que permite el no disparo en presencia de un defecto.

Los esquemas de puesta a tierra ECT

■ El neutro a tierra "TT".

La disponibilidad es función de la elección de los interruptores a corriente diferencial residual DDR y el diseño de su selectividad (amperimétrica, cronométrica), que permiten aislar la parte en defecto y eliminar rápidamente el peligro sin alterar el funcionamiento del conjunto de la instalación.

La corriente de defecto es limitada por la impedancia de la toma de tierra del neutro y de las masas de la utilización; en consecuencia un defecto no deteriora la instalación.

Esta conexión es particularmente recomendada por las redes susceptibles de ser modificadas, alteradas por receptores móviles o temporales, o explotadas por personal no cualificado.

■ La puesta a neutro "TN".

En esta arquitectura todo defecto de aislamiento entra en cortocircuito de intensidad superior a la de desconexión de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos. La disponibilidad es función de la técnica de selectividad y de las protecciones de sobretensión (ver el apartado "Las elecciones tecnológicas", página L/778).

Tener en consideración que el esquema TNS, si está asociado al empleo de DDR, es preferible al régimen TNC en términos de los posibles daños a la instalación. En efecto: atender el establecimiento de una fuerte corriente de defecto es sinónimo de daños importantes, particularmente en los receptores. Esto no sucede sin incidentes sobre la mantenibilidad y por tanto de la disponibilidad.

■ Los ECT TN y TT.

Recordemos que con el TN, el tiempo de reparación, visto el $\int i^2 \cdot dt$, tiene el peligro de ser más importante que en TT, lo que influye también en la disponibilidad.

■ El neutro aislado "IT".

Un solo defecto de aislamiento no entraña ningún riesgo para las personas y no necesita desconectar la parte en defecto; no necesita corte.

La corriente del primer defecto es muy débil y no puede provocar daños. Esta es la mejor conexión del neutro para contar con la mejor disponibilidad a condición. de realizar la búsqueda y reparación del primer defecto. Con esta conexión de neutro se puede hablar de "tolerancia al defecto".

Para conservar todas las ventajas que este esquema tiene de no interrumpir la distribución eléctrica al primer fallo, hay que evitar el segundo fallo, que tiene entonces los mismos e importantes riesgos del ECT TN. Para hacer esto hay que suprimir este primer fallo antes de que pueda aparecer el segundo. El empleo de medios de detección y de localización eficientes por parte de un personal de mantenimiento con capacidad de respuesta reduce muchísimo la probabilidad del "doble fallo". Además existen hoy en día dispositivos de control que permiten seguir continuamente la evolución de los aislamientos de las diferentes salidas y conseguir la predicción del defecto y, por tanto, prever el mantenimiento del primer defecto. De ahí la posibilidad de una disponibilidad máxima de la energía con el ECT IT.

Para todos los ECT

Es siempre interesante prevenir los defectos de aislamiento, en particular en ciertos motores durante el arranque. Hay que saber que el 20% de las averías de un motor se deben a un defecto de aislamiento, que se pone de manifiesto precisamente al conectarlo a la tensión. En efecto, una pérdida de aislamiento, aunque débil, en un motor caliente que se enfría en un ambiente húmedo (condensación) degenera en un defecto franco al arrancar de nuevo, implicando, por una parte, importantes gastos por la reparación de sus bobinados y, por otra, una pérdida por el cese de la explotación; y aún puede haber riesgos mayores si se trata de un motor usado para seguridad (motor de una bomba de achique, de incendios, de ventilación...).

La prevención de este tipo de incidente se puede conseguir, sea el que sea el ECT, mediante un control permanente de aislamiento que supervise al receptor sin tensión. Así, ante un defecto, se impide el arranque. Como conclusión de este apartado, queda claro que, para una buena disponibilidad de la energía, los ECT se clasifican, por orden de preferencia, en IT, TT, TN.

Nota: si por imperativos de la continuidad del suministro la instalación tiene un grupo electrógeno o un SAI –Sistema de Alimentación Ininterrumpida (ondulador)–, cuando se pasa a la fuente secundaria hay un riesgo de no funcionamiento o de funcionamiento tardío de los DPCC, por Icc menor (ver capítulo J, apartado 14 "Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida), página J/725 del 3.er volumen).

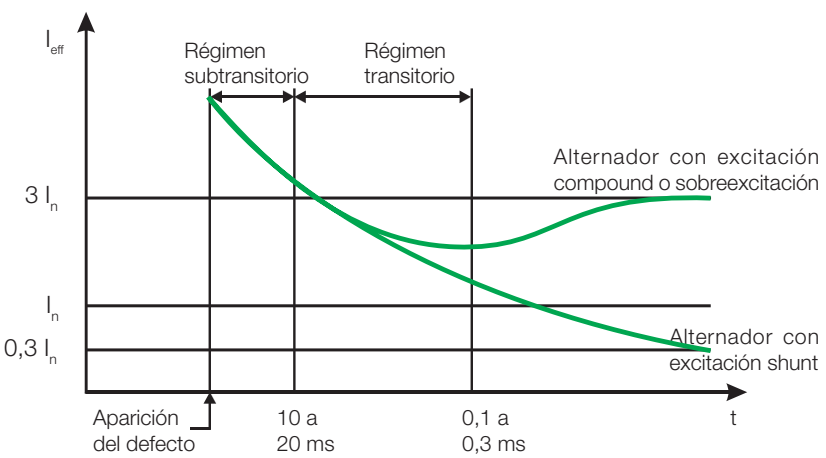


Fig. L6.4-025: *establecimiento de una corriente de cortocircuito en una red alimentada por un grupo de emergencia "diesel/alternador".*

En TN e IT, para la seguridad de las personas y los bienes, es pues indispensable comprobar que las condiciones de protección se respeten siempre (ajuste del margen de disparo y del tiempo de funcionamiento) sobre todo para las salidas de gran longitud. Si no es así, hay que instalar los DDR.

Resumen de posibilidades de elección

La elección de las técnicas, relativas a la tolerancia a las averías, función del nivel de disponibilidad, están resumidas en la Tabla L6.4-026 de la página siguiente.

Nivel de indisponibilidad accesibles por una instalación según su arquitectura		10^{-6}	$5{\cdot}10^{-6}$	10^{-5}	10^{-4}
Las redundancias desde UC	por el GE	■	■	■	■
	en la TBT	sin	■	■	■
Los inversores de fuente		■	■	■	sin
Los captores (tensión y niveles de aceite, agua, presiones)		■	■	■	sin
Los SAI	niveles/potencias totales	1/6	1/6	1/8	sin
	modularidad	■	■	■	■
El GE		sin	sin	sin	sin
La distribución específica para los dispositivos electrónicos		■	■	■	■
La conexión del neutro		IT	IT	TT; TNS; IT	TN; TT; IT

Tabla L6.4-026: *elección de técnicas relativas a la tolerancia de averías.*

Tener en consideración que, si el GE no dispone de redundancia es por que su interés no justifica su coste elevado, y por la elección del esquema de conexión del neutro debemos retener: IT = continuidad de servicio; TT = daños reducidos por un defecto de aislamiento.

Alimentaciones con doble suministro por dos Cías.

Lo que hemos expuesto hasta el momento de una doble alimentación entre Cía. (sector) y generador propio GE, sirve para las alimentaciones de dos Cías., con las simplificaciones propias, correspondientes a la complejidad de los grupos generadores. Debemos tener en consideración los consumos mínimos que expone la contratación con dos Cías intercambiando la prioridad en cada período. Es muy importante que los suministros de las dos Cías., provengan de líneas de AT totalmente distintas

Cálculo de la no disponibilidad debida a la acometida

Sobre el ejemplo de la Fig. L6.4-027 (dos entradas desde transformadores en paralelo y 20 salidas a motores) la no disponibilidad a nivel de receptor es aproximadamente de 1/2 h/año, donde el 50% se debe a un fallo en la acometida. En conclusión, la no disponibilidad de entrada, si es que no es siempre preponderante, puede sin embargo representar una gran parte de la no disponibilidad total.

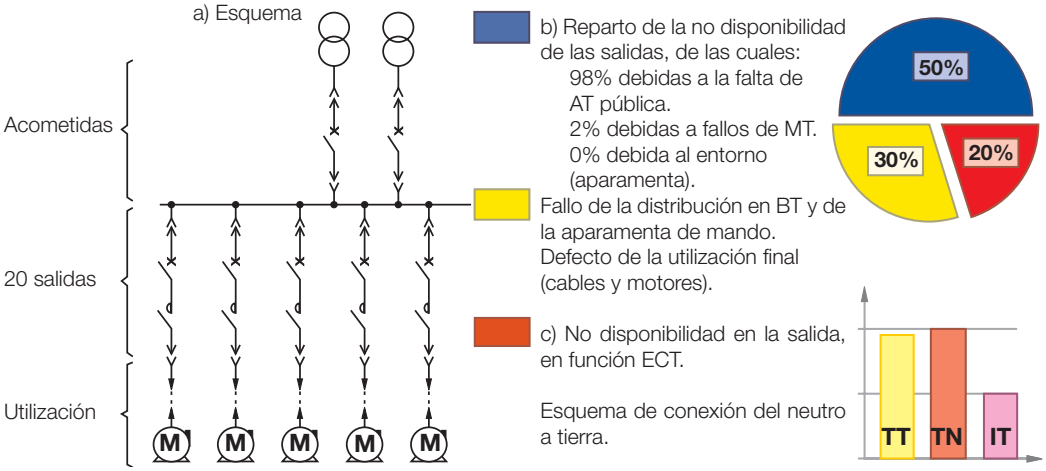


Fig. L6.4-027: *la no disponibilidad de una acometida puede representar una gran parte de la no disponibilidad total, en este ejemplo representa el 50%.*

Conducción (control) de una instalación

La electrónica participa activamente en los niveles de seguridad asistiendo al hombre en las tareas de explotación y de mantenimiento, para dar en el blanco de la reducción de las posibles averías.
El comportamiento humano se considera como un defecto si reduce, total o parcialmente, la fiabilidad de un sistema.
Es conveniente poner encima de la mesa la cuestión:

¿Qué parte del trabajo se reserva al tándem hombre-máquina?

La intervención en el control-mando automático, se realiza en función de los criterios:
- Percepción, decisión y acción reflejas.
- Complejidad y puesta en servicio.
- Procesos repetitivos.

Por ejemplo, el paso de la fuente de energía principal a la fuente de socorro GE se confía a un sistema.
La intervención del hombre se sitúa a dos niveles:
- Control-mando del sistema (derecho a veto sobre la acción).
- Toma en consideración del mantenimiento con la asistencia del sistema a la explotación.

Así:
- El reparto de las tareas reduce la influencia humana puesto que el hombre no interviene en el proceso normal de funcionamiento.
- El hombre es considerado como agente fiabilizador por su función de controlador, él es el último eslabón de seguridad en el caso de disfunción del sistema.

La electrónica la descomponemos en tres niveles:
- UC por el control-mando.
- US por la vigilancia.
- UG (unidad de gestión) por la gestión global.



Fig. L6.4-028: *nivel jerárquico de la gestión técnica de la electricidad.*

El término aparamenta ha sido utilizado habitualmente antes que el concepto control-mando (UC). Los niveles US y UG, menos operacionales, son también muy importantes.

Nivel de vigilancia (US)

Este nivel permite al controlador de la instalación disponer, en tiempo real, de la señalización del estado del proceso:

■ Las alarmas definirán la naturaleza del defecto así como el tipo de reparación.
■ El día a día de la instalación da paso a la historia de los defectos y cambios de estado de proceso.
■ Los estados del sistema dan el tiempo real del estado del proceso.

Este nivel permite igualmente al utilizador asegurar el control-mando y de intervenir sobre el sistema en función de la relación "Hombre-Máquina" (RHM) vía un terminal operador sobre la forma de:

■ Lectura de los estados del sistema.
■ Modificación de los parámetros de explotación del proceso.
■ Instrucciones sobre la realización de ensayos.
■ Conocimiento y actuación sobre las alarmas.
■ Modificación horaria.
■ Etc.

Nivel de gestión (UG)

Este nivel, distante del sistema local, asegura conocer lo que sucede en varias partes repartidas en una zona geográfica y su gestión, en base a las funciones siguientes:

■ Televigilancia.
■ Inventario.
■ Estadística.
■ Telemando sobre los enclavamientos correspondientes al nivel de disponibilidad elegido.

Localización, el manipulador puede, en caso de problema, ser avisado por una señal "bip" por ondas hercianas. Entonces él puede conectarse por medio de la UG al generador de llamadas por línea telefónica, por ejemplo un Minitel, con el equipo.

Para que el manipulador pueda tomar las primeras decisiones, si es necesario puede instalarse un poste de control-mando local.

Estos diferentes niveles participan en:

■ El mantenimiento correctivo, imponiendo un control de todas las reparaciones de las partes críticas en relación de la disponibilidad de energía. Solamente el resultado positivo del ensayo permite la valoración de la alarma originada de demanda de reparación.
■ El mantenimiento preventivo, efectuando revisiones periódicas (automáticas o manuales) según la planificación de un calendario en proceso electrónico.

Comunicación

La fiabilidad de comunicación (por bus) entre los diferentes niveles es muy importante:

■ Asegura las uniones entre:
□ La instalación y UC (por bus en el caso de utilizar captores accionadores inteligentes).
□ UC y US.
□ US y UG.
■ Permitir al manipulador comunicar con el sistema de forma local y a distancia.

Los datos de explotación, de gestión, de mantenimiento y de archivo pueden ser:

□ Unidireccional (transferencias de ficheros, recogida periódica de información de mantenimiento).
□ Interactivos de tipo mando/respuesta para las operaciones de telemando y de telediagnóstico.

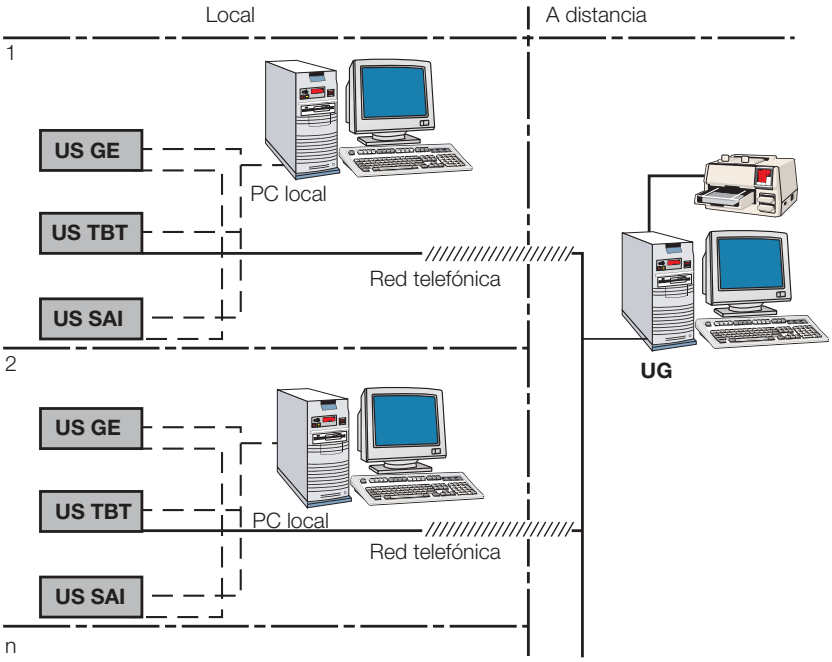


Fig. L6.4-029: *estructura de las comunicaciones de una explotación.*

Ejemplo de distribución socorro a alta disponibilidad

Especificación

Tasa de indisponibilidad: 10^{-5}, sean 6 minutos/año.
Paros (demoras) por reparación: 8 h, por la reparación de componentes al límite del riesgo de comprometer la función. En términos de imagen: tiempo de reparación de los elementos cuando están el conjunto y las comunicaciones en plena actividad.

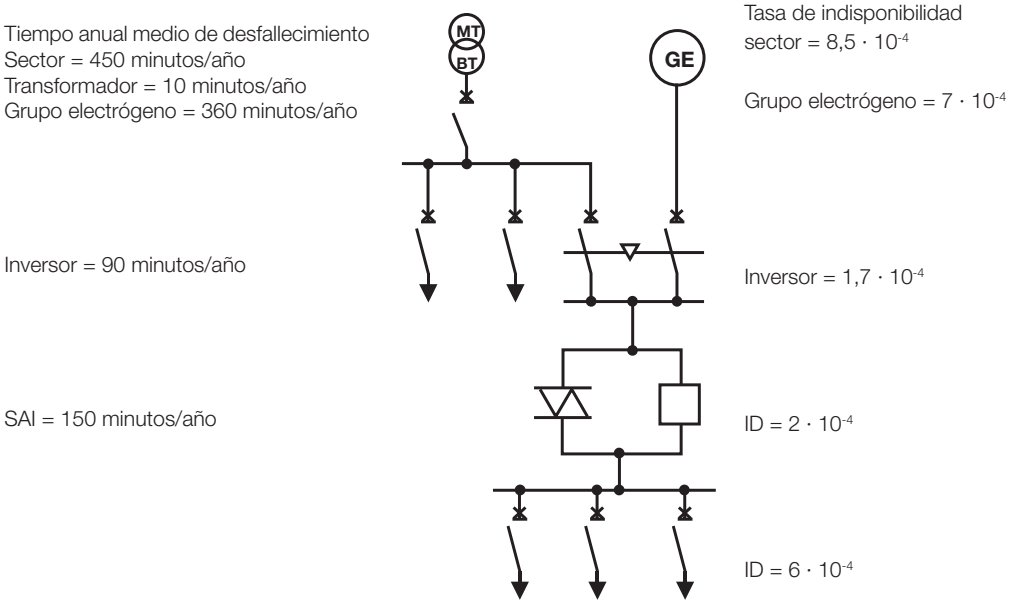


Fig. L6.4-030: *esquema y material clásico para una indisponibilidad de 5 h/año.*

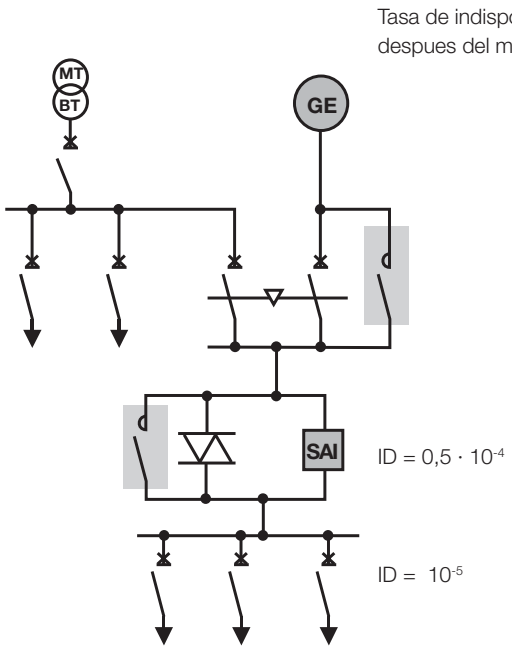


Fig. L6.4-031: *mejora para la alimentación de los puntos sensibles (GE-N/S y SAI) permiten mantener una indisponibilidad de 6 minutos/año a nivel de utilización.*

Construcción

Sobre la base del esquema de la Fig. L6.4-006, página L/757, es conveniente mejorar los puntos débiles de instalación (apartado “Concepción de una arquitectura de seguridad”) y de tomar disposiciones en término de mantenimiento para poder dividir por 60 la tasa de indisponibilidad.

Acción sobre los componentes de la instalación

■ Grupo electrógeno GE:

□ Motor sobredimensionado del orden del 30% (la plena potencia no se puede conseguir cuando el motor está frío) o bien un precalentamiento permanente del motor.

□ Conjunto de arranque formado por:

– Un arrancador eléctrico del orden de 600 kVA, o uno de neumático.

– Dos cargadores de baterías equipados con sus correspondientes baterías.

– Dos equipos de medida de velocidad.

□ Circuito de fuel-oil alimentando el motor por gravedad.

□ Un circuito de engrase controlado por dos medidores de temperatura.

□ Dos circuitos de ventilación.

□ Un refrigerador por agua en circuito cerrado, y además un circuito de enfriamiento por agua circulante de red pública a cloaca u otra aplicación.

□ Dos unidades de control-mando.

■ Dispositivo de inversión de fuente.

Los interruptores automáticos de la parte de “socorro” deben doblarse por un contactor que intervendrá bajo la orden de la unidad de control-mando (US) en caso de avería del inversor de fuente.

■ Socorros de corta duración.

Los cálculos muestran que es necesario prever una redundancia mínima del 10% de la potencia, se sobreentiende un equipamiento modular en el que la suma de potencia total excede a la nominal.

Disposiciones relativas al mantenimiento

■ Electrónica: una carta para cada tipo de US y UC.

■ Potencia: una sola unión bajo cada elemento crítico para el mantenimiento de la función, esto para todo el conjunto, que participa en la alimentación de las partes para el incremento de disponibilidad.

Composición del conjunto de mantenimiento

■ Mantenimiento preventivo.

En función de las acciones solicitadas por el sistema, sea bajo ensayos periódicos, sea bajo alarmas diferenciales unidas al fin de períodos de funcionamiento (limpieza del GE).

En cada caso la explotación debe estar en funcionamiento a las 48 h siguientes a la generación de la alarma.

■ Mantenimiento correctivo.

Deben realizarse las acciones de reparación inmediatamente a la generación de una alarma.

Todo deberá estar previsto para que las reparaciones sean rápidas, respetando la tasa de 10^{-5}, correspondiente al tiempo de buen funcionamiento antes de la primera reparación y de las previsiones del mantenimiento preventivo.

Si se incurre en negligencia, durante el mantenimiento correctivo de la alimentación de alta disponibilidad, la disponibilidad cae. En efecto, el tiempo de reparación medio se aumenta como mínimo 6 minutos.

La composición del conjunto de mantenimiento y la eficacia del servicio de mantenimiento son determinantes.

Demostrar la disponibilidad especificada

El cálculo de la disponibilidad es un poco complejo para exponerlo aquí. Simplificando un poco, podemos analizar el esquema de la Fig. L6.4-030, página L/790):

■ La probalidad de ausencia de la tensión al nivel del interruptor automático general de BT es de 450 mn/año, le corresponde un ID = 10^{-3}.

■ La probabilidad de ausencia de tensión aguas abajo del inversor de fuentes corresponde a la probabilidad de estar simultáneamente el sector ausente y:

□ El GE está en funcionamiento después de 5 minutos.

□ El inversor de fuentes fuera de servicio.

La probabilidad es muy próxima a la tasa de desfallecimiento del inversor que es de modo común (punto de paso obligado) sea del orden de 100 minutos/año, equivale a un ID = $2 \cdot 10^{-4}$.

Si doblamos el inversor con un contactor disminuimos en $0{,}5 \cdot 10^{-4}$.

La probabilidad de ausencia de tensión a nivel de utilización, del orden de 10^{-5} con un SAI y su contactor estático, evita los microcortes que hacen caer los contactores y relés electromagnéticos.

Si nos referimos al diagrama de la Tabla L6.4-023, página L/781, esta solución corresponde a un MTTF de 261.000 h teniendo en cuenta el tiempo de reparación. Por el total de la instalación, la MTBF es entonces del orden de 100.000 h que corresponde a una indisponibilidad de 6 minutos por año de media.

Conclusión

La generalización de la gestión técnica, de procesos, de instalaciones de edificios y de la distribución eléctrica, implica la alimentación permanente de sistemas de energía eléctrica, a nivel de control-mando y cada día más a nivel de potencia.

Mantener la disponibilidad de la energía es hoy en día una prioridad para los electricistas.

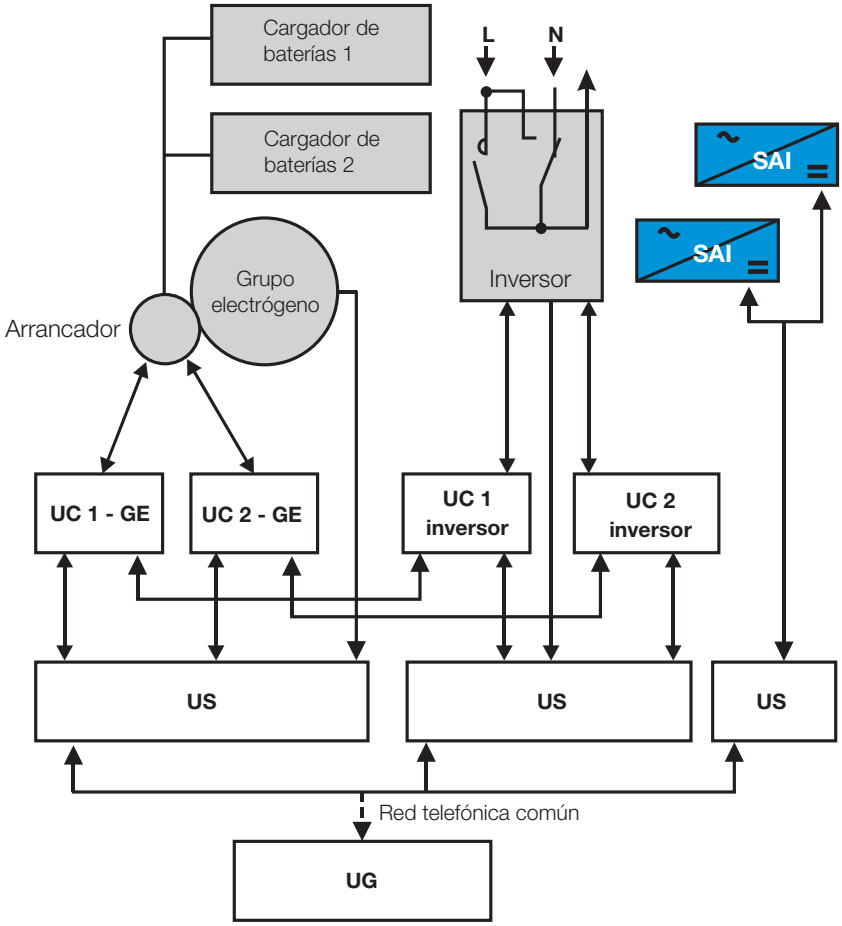


Fig. L6.4-032: *control-mando correspondiente a una indisponibilidad de 10^{-5} (6 minutos/año).*

Este CT muestra que este objetivo puede lograrse, a condición de que:
■ Una concepción total que pasa por la definición:
□ Los objetivos (necesidades).
□ Los criterios de funcionamiento.
□ Las condiciones de explotación (formación, vigilancia, mantenimiento).
■ Y una acción sobre:
□ La fiabilidad de los componentes.
□ La tolerancia a los defectos.
□ La redundancia de los componentes.
□ Tratamiento de la información; en otros términos: sobre la inteligencia del control-mando.
Para mejorar la disponibilidad, nosotros debemos conducir los esfuerzos esencialmente hacia:
■ Las fuentes de socorro próximas a la utilización.
■ Los circuitos de aparamenta de modo común (camino obligado).
■ El mantenimiento preventivo.
Es hoy en día posible obtener tasas de indisponibilidad de 10^{-6} (menos de un minuto por año) gracias a los SAI; éstos pueden atender varios centenares de kW. Con los SAI de potencia, nos aproximamos a la noción de sector próximo y seguro.
La continuidad en el suministro de energía no depende solamente de las fuentes de alimentación sino del trazado, resolución y componentes de todo el esquema

de la red (estructura eléctrica). Depende del sistema que empleemos, de los materiales que empleemos y de su mantenimiento.
Así por ejemplo podemos clasificar:
- La seguridad por el esquema.
- La seguridad por las conexiones.
- La seguridad en los arcos eléctricos.
- La seguridad en los cuadros eléctricos.
- La seguridad en las alimentaciones (rack-seccionable).
- La seguridad en los auxiliares de control-mando.

Todo el conjunto de la estructura forma parte de la Disponibilidad, Fiabilidad, Seguridad y Mantenibilidad.

Este concepto ha sido desarrollado en el capítulo K, apartado 4.5. "La calidad de la red", página K\|335 del 4.º Volumen).
Independientemente de lo expuesto es este apartado, es aconsejable una lectura de los Cuadernos Técnicos de MG "CT-144. Introducción a la concepción de la seguridad" y "CT-156. Seguridad de funcionamiento y cuadros eléctricos de BT".
El concepto de seguridad está muy desarrollado en la ingeniería aeronáutica, en la nuclear y en la militar. Ellas disponen de tablas de desfallecimiento que permiten realizar los cálculos correspondientes.
En el campo de la electrónica se disponen de datos que permiten los primeros balbuceos, pero en el campo de la electrotecnia prácticamente se está en paños menores.
Empiezan a existir entes capaces de realizar estudios concretos tales como:
EWICS (European Workshop In Computer Science). Asociación que trabaja sobre cuestiones de normalización y métodos de estudio de la seguridad.
IFPI (International Function Industrial Process). Asociación que, como la anterior, trabaja sobre cuestiones de normalización y métodos de estudios de seguridad.

6.4.2. Proceso de concepción del alumbrado y del alumbrado de seguridad

Instalaciones de seguridad y de sustitución

Instalaciones de seguridad

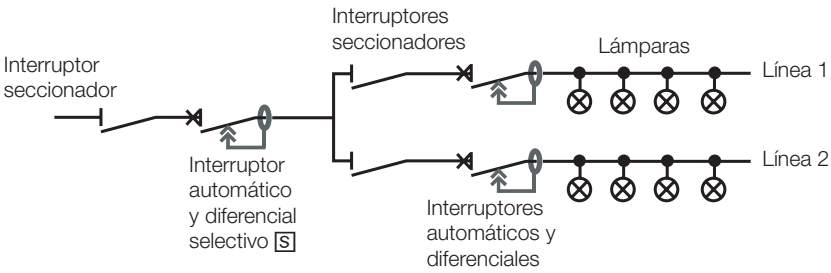
Las instalaciones eléctricas que aseguran una función esencial a la seguridad del personal, denominadas instalaciones de seguridad, deben establecerse en las condiciones de la ITC-BT-28 y las que albergan trabajadores; además deben cumplir las correspondientes a la normativa sobre ellos.

Alumbrado normal de los locales accesibles al público

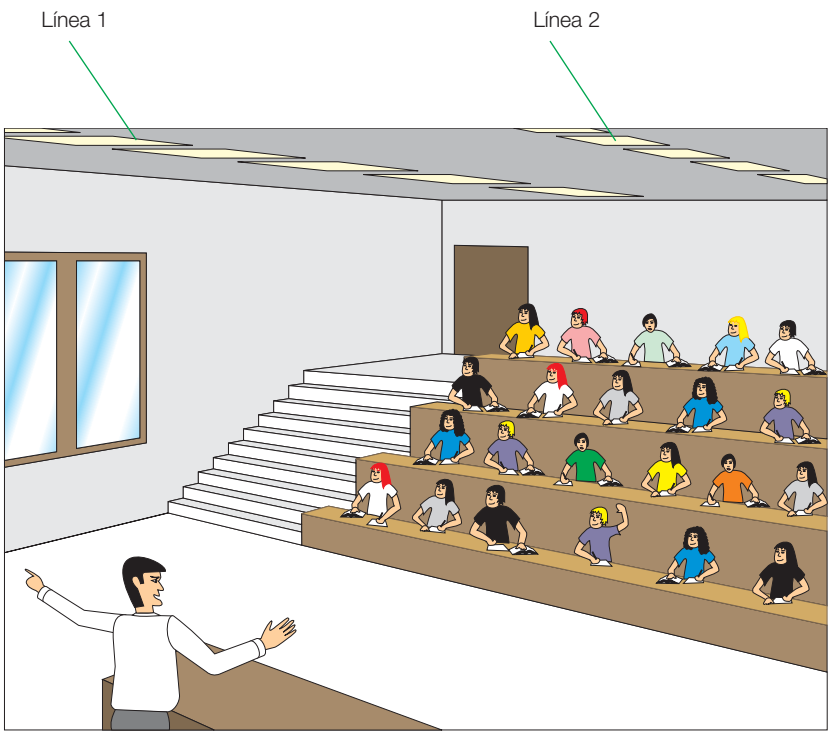
El alumbrado normal, con energía eléctrica, es el que se utiliza en la explotación en condiciones de normalidad.

Circuitos

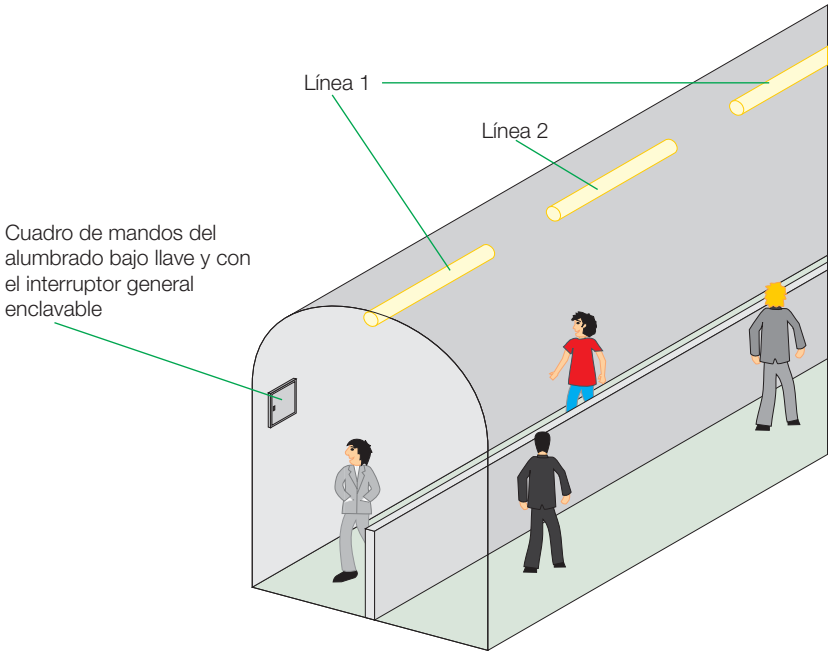
El alumbrado normal de los locales de pública concurrencia deben ser alimentados, por lo menos, con dos circuitos con dos líneas diferentes y protegidas de forma selectiva, tanto para las sobreintensidades como para las corrientes de fuga.



Esta regla implica: como que la protección de las corrientes de fuga se asegura generalmente por corte de la alimentación, con interruptores de corriente diferencial residual. Debe situarse un dispositivo en cada circuito para que una fuga en uno de ellos permita mantener como mínimo la mitad del alumbrado en funcionamiento.
Los circuitos pueden alimentar más de una sala y por tanto los elementos de protección serán para más de una sala, pero lo importante es que en las salas de pública concurrencia, o donde se pueda recibir más de 50 personas, dispongan de un alumbrado alimentado por dos circuitos o más.



En establecimientos donde no todas las salas son receptoras de público, el alumbrado de las salas que no reciben público pueden ser alimentadas por los mismos circuitos que las receptoras de público, lo importante es que las que reciban el público dispongan de un alumbrado normal, alimentado desde dos circuitos diferentes y con protecciones diferentes.
Para las salas receptoras de público, los mandos del control del alumbrado no deben estar al alcance del público.



Elección de luminarias

El alumbrado normal no debe realizarse en la totalidad con fuentes luminosas que necesiten un tiempo notable de encendido y reencendido.

En los pasillos de acceso, en las rampas y en las escaleras, las envolventes, los dispositivos de fijación, los difusores, los elementos decorativos de su entorno (ojos de buey), los difusores o refractores, los bornes de conexión y los conductores de alimentación al portalámparas y ellos mismos deben superar el ensayo del hilo incandescente a 850 ºC, con una autoextinción de la llama en los 30" de la retirada de la aplicación del hilo incandescente.

En los demás casos la severidad del ensayo del hilo incandescente es de 750 ºC, en la condición de que la superficie del aparato no supere un metro cuadrado. Las luminarias que no aseguran el grado de extinción al fuego especificado, no deben instalarse.

Cuando las luminarias o plafones se instalan empotrados, deben tomarse medidas de protección en función de la temperatura, facilitando la ventilación para su enfriamiento y debemos prever mantenimiento de limpieza para que la acumulación del polvo no dificulte la ventilación, en cualquiera que sea el tipo de instalación.

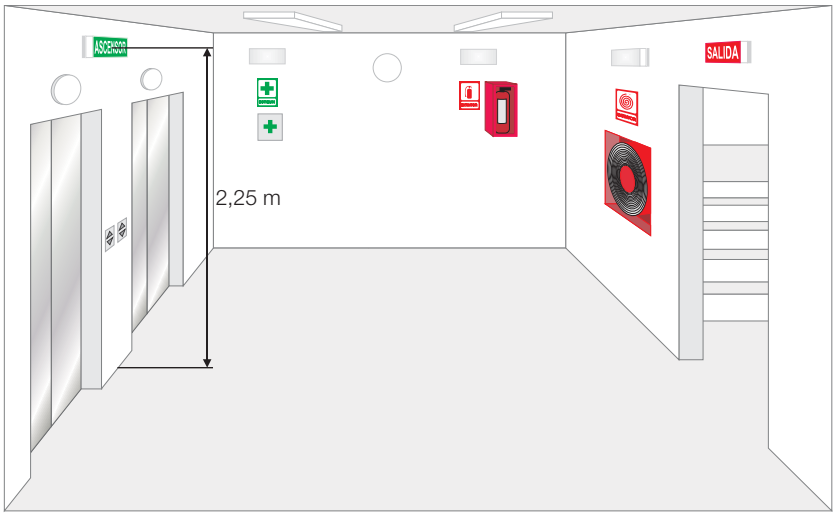
Emplazamiento de las luminarias

Los objetos que dificultan la libre circulación, los pasillos y gradas, las puertas y accesos, deben estar alumbradas o como mínimo con alumbrado de señalización.

Los carteles, las indicaciones o las luces de señalización de los caminos de evacuación deben responder a los criterios de visibilidad siguientes:

■ Las indicaciones deben ser bien visibles de día y de noche, entendibles para todos los públicos desde cualquier punto, para seguir el camino de evacuación, incluso cuando una gran cantidad de personas de diferente estatura se sitúa en el camino. Deben colocarse a una altura superior a los 2,25 m del suelo como mínimo.

■ Las indicaciones deben estar situadas de forma que no se confundan con otras instrucciones. En realidad deben estar situadas a una altura propia, que les permita definir un circuito homogéneo.



Esta señalización debe realizarse por paneles luminosos translúcidos o transparentes de forma rectangular, conformes a la reglamentación vigente en cada lugar.
A la vez estos indicadores pueden estar suplementados con indicadores leíbles de SALIDA (para condiciones normales) o SALIDA DE EMERGENCIA.
No deben confundirse con las indicaciones de salida normales las cuales se acostumbran a señalizar con fondo verde e indicaciones blancas.
Estas instalaciones deben ser revisadas, comprobadas y mantenidas permanentemente.

Alumbrado de emergencia

Generalidades

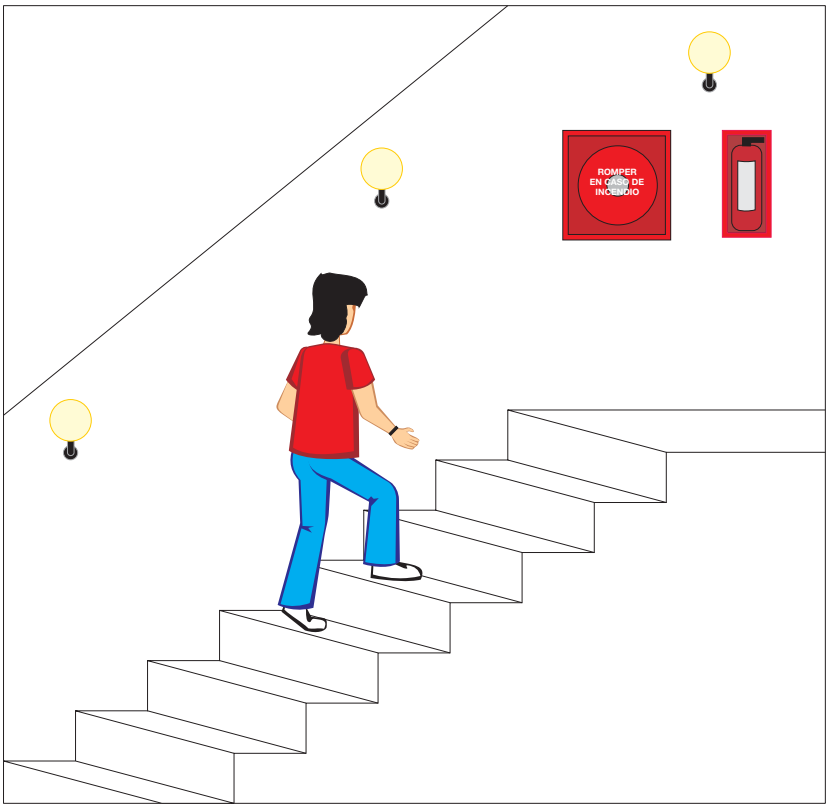
El alumbrado de emergencia está destinado a permitir en caso de fallo del alumbrado normal:
■ La evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.
■ Terminar la tarea en curso.
■ Las maniobras de seguridad necesarias.
La conmutación del alumbrado normal al de emergencia será automático sin corte o con corte breve. Se producirá el cambio cuando el alumbrado normal desfallezca o bien cuando la tensión baje al 70% de su valor nominal.

- Alumbrado de emergencia
  - Alumbrado de seguridad
    - Alumbrado de evacuación
    - Alumbrado de ambiente o antipánico
    - Alumbrado de zonas de alto riesgo
  - Alumbrado de reemplazamiento

El alumbrado de seguridad

El alumbrado de seguridad comporta: el guiado, por medio de la iluminación, que permite a toda persona el acceso al exterior, permitiendo el reconocimiento de todos los obstáculos del recorrido, la dirección y los cambios de dirección.

Este alumbrado es imprescindible para los locales receptores de público con un nivel mínimo de 50 personas.



En centros de hospitalización el alumbrado de emergencia debe proporcionar una iluminancia de 5 lux durante dos horas, como mínimo.
El alumbrado de seguridad se subdivide en tres conceptos:

Alumbrado de evacuación
Es la parte de alumbrado de seguridad para cumplir la misión de orientar el personal situado en su área hacia las salidas exteriores.
La alimentación de este alumbrado será de generación o acumulación propia.
La iluminación horizontal mínima aceptada es de 1 lux al nivel del suelo o donde se deban situar los pies. En los puntos donde se sitúen equipos de extinción o cuadro de maniobra, deberá ser por lo menos de 5 lux.
La uniformidad de la iluminación no deberá superar una relación:

$$\frac{\text{iluminancia}_{(\text{máx.})}}{\text{iluminancia}_{(\text{mín.})}} = 40.$$

La duración o reserva de la energía para el alumbrado de evacuación será como mínimo de una hora.

Alumbrado de ambiente o antipánico
El alumbrado de ambiente o antipánico que debe permitir la visibilidad en toda la superficie del local. Es aconsejable en todos los locales receptores de público con 100 o más personas y los ubicados en sótanos a partir de 50 personas. La ITC-BT-28 prevé, en términos generales, que toda la Instrucción Técnica se aplica a partir de la ubicación de 50 personas. Pero en el apartado 3.3. “Lugares

donde deberá instalarse alumbrado de emergencia" especifica que será a partir de 100 personas.

El alumbrado de ambiente o antipánico deberá disponer de:

■ Una iluminancia de 0,5 lux, como mínimo, desde el suelo y hasta una altura de 1 m sobre él.

■ Una duración mínima de una hora.



Alumbrado en zonas de alto riesgo

En el caso de que la zona de pública concurrencia sea una zona potencialmente peligrosa o bien es una zona de trabajo con un entorno peligroso. Debe permitir la interrupción del trabajo, de una forma ordenada, con seguridad para el manipulador y los ocupantes del entorno.

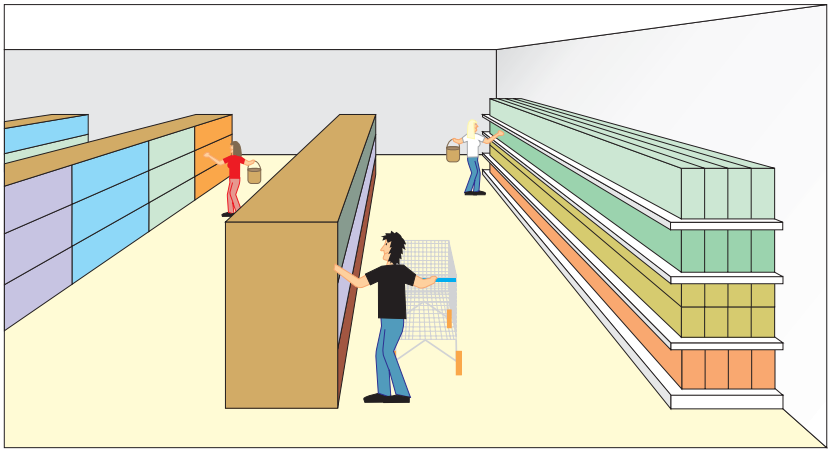
■ El alumbrado de alto riesgo deberá disponer de:

□ Una iluminancia de 15 lux, como mínimo o

□ Una iluminancia del 10% de la habitual.

Siempre se escogerá el mayor valor de las dos opciones.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima será $\frac{\text{iluminancia}_{(\text{máx.})}}{\text{iluminancia}_{(\text{mín.})}} = 10$.

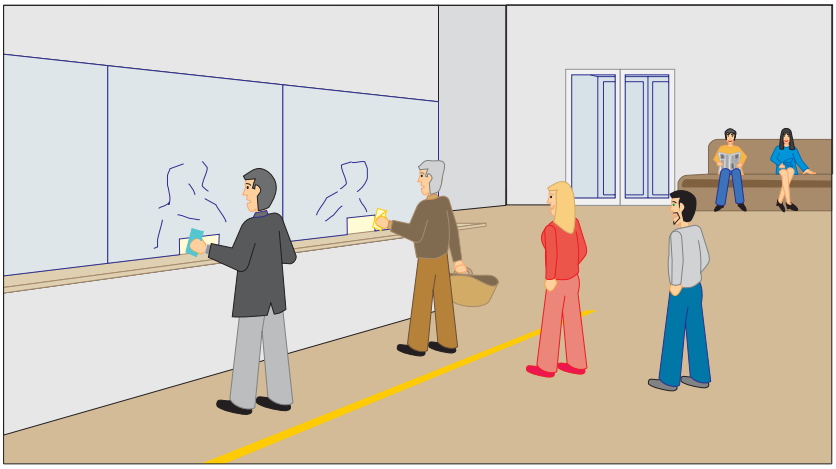


Alumbrado de reemplazamiento

En función del tipo de explotación del local, en función de su propio riesgo en el contacto con el público, puede ser necesario un alumbrado de reemplazamiento. Este alumbrado de reemplazamiento debe permitir las mismas actividades que un alumbrado normal.

En general el alumbrado de reemplazamiento consiste en instalar una fuente autónoma (grupo motor térmico-generador, batería de acumuladores) realimentando el total del alumbrado o el mínimo suficiente para la explotación.

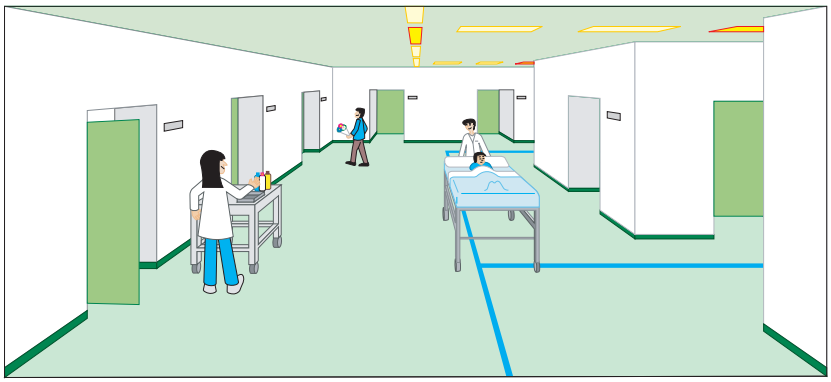
El fallo del alumbrado de reemplazamiento comporta la entrada del alumbrado de seguridad.
La aparamenta de protección contra las sobreintensidades y contra las corrientes de fuga deben ser útiles en condiciones alumbrado normal y de reemplazamiento.
En el caso de que el alumbrado de reemplazamiento disponga de menor iluminancia que el alumbrado normal, sólo servirá para terminar el trabajo en curso y la evacuación.
En las zonas de hospitalización, las salas de intervención, las destinadas a tratamientos intensivos, las salas de curas, paritorios, urgencias, etc. dispondrán de un alumbrado de reemplazamiento que proporcione el mismo nivel de iluminancia que el normal durante un período mínimo de dos horas.
Recomendado en funciones de cierto riesgo.



Deberemos instalar alumbrado de seguridad

En las zonas de los locales de pública concurrencia:
■ En todos los recintos cuya ocupación sea mayor de 100 personas.
■ Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a usos residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.
■ En los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
■ En los estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
■ En los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
■ En las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
■ En todo cambio de dirección de la ruta de evacuación.
■ En toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.
■ En el exterior del edificio, en la vecindad inmediata de la salida.
■ A una distancia inferior a 2 metros de las escaleras, de forma que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.
■ A una distancia inferior a 2 metros, medida horizontalmente de cada cambio de nivel.
■ A una distancia inferior a 2 metros, medida horizontalmente de cada puesto de primeros auxilios.

■ A una distancia inferior a 2 metros, medida horizontalmente de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios, con una iluminancia mínima de 5 lux.
■ En los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente, con una iluminancia mínima de 5 lux.



Deberemos instalar alumbrado de evacuación

A parte de todas las dependencias descritas que deben incorporar alumbrado de seguridad deberán incorporar alumbrado de evacuación, sean o no instalaciones catalogadas de pública concurrencia:
■ Todas las escaleras de incendios.
■ Todas las escaleras de evacuación.
■ Todas las zonas clasificadas de riesgo especial en el Artículo 19 de la Norma Básica de Edificación NBE-CPI-96.



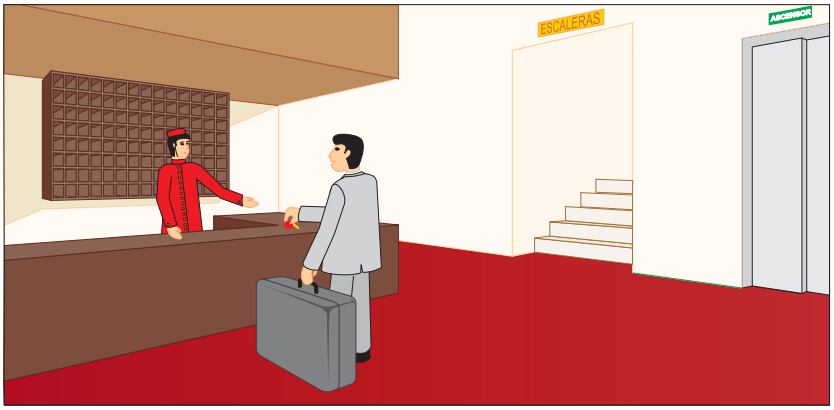
Formas de instalación del alumbrado de seguridad

Las alternativas de las instalaciones de alumbrado de seguridad, en establecimientos receptores de público, podemos catalogarlas en cuatro tipos de alumbrado de seguridad:
■ Tipo A en el cual las lámparas son alimentadas por una fuente central y están alumbradas en permanencia durante la presencia de público.
■ Tipo B en el cual las lámparas están alumbradas en permanencia durante la presencia de público, bien sea:
□ Por baterías de acumuladores.

□ Por la fuente de sustitución, el grupo motor térmico-generador o una segunda Cía., asegurando los circuitos de seguridad en menos de un segundo.
■ Tipo C en el cual las lámparas están alumbradas o no en permanencia durante la presencia de público por la fuente de alumbrado de seguridad asegurando los circuitos en menos de quince segundos.
■ Tipo D en el que el alumbrado es asegurado por lámparas portátiles.

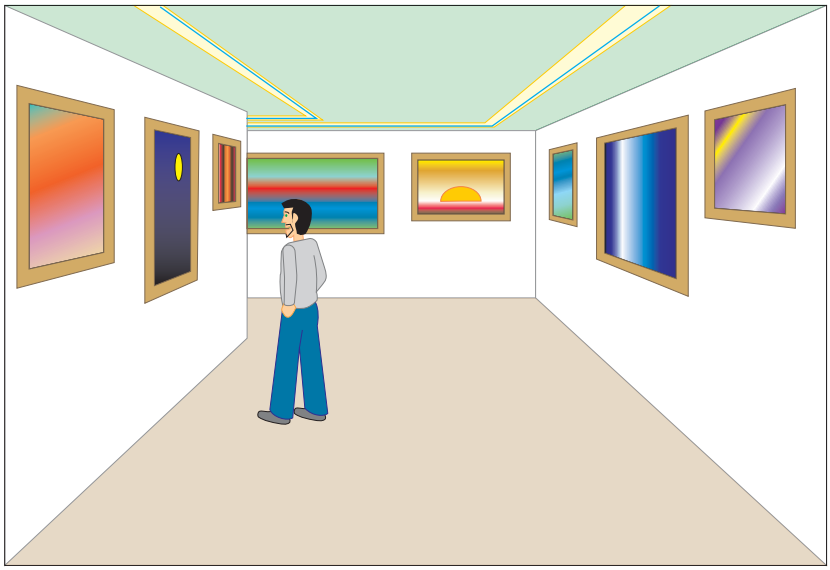
Nota: los tipos B y C pueden ser realizados con grupos autónomos.

Se dice que el alumbrado de seguridad está en:
■ Reposo cuando está apagado. Este estado solamente se comprende cuando el establecimiento está fuera de servicio o el alumbrado natural es suficiente.
■ Vigilancia cuando las fuentes del alumbrado de seguridad están en atención por si falla el alumbrado normal.
■ Funcionamiento cuando las fuentes de seguridad alimentan dicho alumbrado.
El servicio de mantenimiento del local debe disponer de un stock permanente de los modelos de lámparas utilizados en el alumbrado de seguridad y si es con bloques, de uno o varios bloques en función de la cantidad y la tasa de fallo.



Flujo luminoso

Independientemente de las prescripciones específicas que hemos detallado amparadas con la ITC-BT-28, en términos de consideraciones generales podemos considerar que:
■ El alumbrado de ambiente debe estar basado bajo un flujo luminoso de 5 lúmenes por metro cuadrado de superficie del local.
■ Este valor de flujo luminoso corresponde, en la práctica, a una potencia media de 0,5 watios por metro cuadrado, usando lámparas de incandescencia normales de un rendimiento de unos 10 lúmenes por watio.
■ El empleo de lámparas de un rendimiento luminoso superior, por ejemplo lámparas fluorescentes, permite una reducción proporcional de los watios por metro cuadrado.
■ El alumbrado de ambiente debe ser suficientemente uniforme sobre toda la superficie del local para obtener una buena visibilidad. A este efecto la relación entre la distancia máxima de separación entre dos puntos luz contiguos y la altura del punto luz al suelo debe ser inferior o igual a 4.
■ Los aparatos destinados a la señalización pueden contribuir al alumbrado de ambiente, el flujo luminoso de la lámpara debe disminuirse en función del efecto de los difusores y el efecto translúcido de los propios indicadores. En la práctica considerar valores del 15 al 20 % del valor del flujo luminoso es adecuado.



■ Cuando los puntos luz están equipados con lámparas incandescentes alimentadas por una fuente central, éstas deben ser de por lo menos 15 W.

Emplazamiento de los puntos luz

El emplazamiento y la forma de colocación no debe disminuir considerablemente el flujo luminoso de los puntos luz.



En los corredores y pasillos los puntos luz no deben distanciarse más de 15 metros.
Prestar mucha atención a que los cambios de dirección estén bien alumbrados, a pesar de que tengamos que reducir las distancias entre puntos luz, que por cálculo puedan resultar.
Los puntos luz deben situarse fuera del alcance del público. Deben situarse a una altura mínima del suelo de 2,25 m de la superficie más próxima del mismo.
Las luminarias utilizadas no deben deslumbrar, bien sea de forma directa o a través de algún reflejo, su ubicación debe ser fija.
Es recomendable enumerar los puntos luz para poder llevar un control y mantenimiento de los mismos.

Fuente central

Circuitos

La instalación de alimentación de los puntos luz del alumbrado de seguridad debe realizarse con varios circuitos protegidos de forma individual.
El alumbrado de ambiente de cada local y el de señalización de cada pasillo superior a 15 m, conductor del público al exterior, debe alimentarse cada uno con dos circuitos diferentes (por ejemplo un circuito alimenta los puntos luz pares y el otro los impares).
Las canalizaciones deben estar situadas cada una con soportes diferentes, distanciados como máximo 40 cm y con elementos de protección individuales para cada circuito, con la finalidad de que el desfallecimiento de uno de ellos permita un alumbrado suficiente.
El nivel del alumbrado de ambiente, los 5 lm/m^2, debe ser garantizado por los dos circuitos.
Los puntos luz de señalización de los pasillos de evacuación deben ser conectados alternativamente a cada una de las dos líneas.



Elección de las luminarias

Una misma luminaria no debe contener las lámparas del alumbrado normal y las del alumbrado de seguridad.
Las envolventes, los dispositivos de sujeción, los difusores, los elementos de decoración, los elementos antirreflectivos, los portalámparas y los bornes de conexión de los aparatos deben superar el ensayo del hilo incandescente a 850 ºC, con una autoextinción de la llama en los 30" de la retirada de la aplicación del hilo incandescente.
El alumbrado de seguridad debe realizarse con lámparas que el tiempo de reencendido no supere los 15 segundos.

Bloques autónomos de alumbrado

Generalidades

Los bloques autónomos de alumbrado de seguridad (BAAS) utilizan una fuente luminosa a incandescencia o fluorescencia y contienen una batería de acumuladores y los dispositivos necesarios para activar el punto luz en caso de fallo de la tensión en el alumbrado normal.

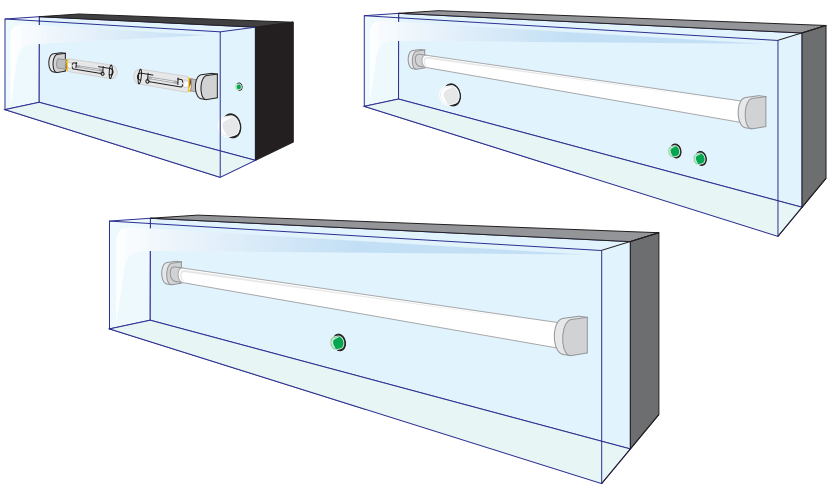
Un BAAS, se llama permanente cuando es capaz de asegurar un alumbrado efectivo en el estado de vigilancia.

■ Según la naturaleza de la fuente luminosa, los BAAS, son:

□ A incandescencia, generalmente destinados al alumbrado de señalización, con un flujo de unos 60 lúmenes.

□ A fluorescencia, generalmente destinados al alumbrado de ambiente y con un flujo luminoso superior a los 60 lúmenes.

Nota: los bloques construidos de conformidad a la UNE-EN 60598-2-22, con un flujo asignado de como mínimo 30 lúmenes, pueden ser utilizados.



Elección y estado de los bloques autónomos

Tipo de alumbrado de seguridad elegido	**Tipo de bloque**	**Estado** Espera	Funcionamiento	Reposo
B (solo para alumbrado brado de balizamiento) C	Incandescente	Solo lámpara térmica	Tubos o lámparas de seguridad alimentados por la batería del bloque	Activado a través de un telemando
B, C	Fluorescente permanente	Tubo encendido, lámpara térmica encendida		
C	Fluorescente no permanente			

Tabla L6.4-033: *define la elección de los BAAS en función del tipo de alumbrado de seguridad necesario.*

Instalación

Un BAAS es alimentado por una derivación aguas abajo de un dispositivo de protección y aguas arriba de un dispositivo de mando de un circuito de alumbrado normal del local correspondiente.

Puede alimentarse de una derivación tomada aguas arriba del dispositivo de protección, si le llega la señal de fallo de tensión del circuito de alumbrado normal.
No es obligatorio que la conducción de alimentación de los bloques autónomos sea la conducción de alimentación del alumbrado de seguridad.
El alumbrado de ambiente de cada local debe ser asegurado por lo menos por dos bloques.
El alumbrado de señalización de todo los pasillos de una longitud superior a 15 m debe ser asegurado como mínimo por dos bloques.
Fuera de las horas de actividad del establecimiento, los bloques deben situarse en el estado de reposo a partir de un punto central de mando, situado en las proximidades de los dispositivos de mando del alumbrado normal del edificio.
El telemando sitúa a los BAAS en el estado de reposo a través de la emisión de una señal.
Toda acción de telemando sobre los BAAS al estado de vigilancia es inoperante. Para ser operante debe ser previo al paso contiguo de funcionamiento.
El telemando puede permitir la realización de tests de verificación de forma automática o manual.
La canalización de alimentación de un equipo de telemando se efectúa por puentes de bloque a bloque sin distinción de locales.
Las conexiones de la canalización de telemando deben realizarse en cajas de bornes, no en los bloques de BAAS a no ser que los bloques dispongan de caja de bornes para realizar las conexiones.
Los BAAS no deben instalarse cerca de las fuentes de calor.

Características

■ Los BAAS a incandescencia comportan:
□ Una lámpara testigo para visualizar el estado de carga de la batería, encendida en el estado de vigilancia (recarga).
□ Dos lámparas a incandescencia alumbran en el estado de funcionamiento, alimentadas por la batería.
■ Los BAAS a fluorescencia del tipo “no permanente” (NP), comportan:
□ Una lámpara testigo para visualizar el estado de carga de la batería, encendida en el estado de vigilancia (recarga).
□ Un tubo fluorescente que alumbra en el estado de funcionamiento, alimentadas por la batería.
■ Los BAAS a fluorescencia del tipo “permanente” (P), comportan:
□ Un tubo fluorescente que alumbra en el estado de vigilancia (recarga) y en el de funcionamiento, pero en este último caso alimentado por la batería.
Los BAAS deben disponer de una autonomía de una hora; una lámpara testigo (LED) permite visualizar ciertas verificaciones.
Los bloques autónomos deben ser conformes a la UNE-EN 60598-2-22, para las instalaciones de emergencia. La conformidad puede ser la marca del ente certificador.

Ejemplo de una instalación de alumbrado de seguridad de un local accesible al público y sus pasillos

Alumbrado de ambiente

Local receptor de público (más de 100 personas, 50 personas en locales en sótanos).
Potencia de las luminarias 5 lm/m^2.
F1, F2: puntos luz alimentados respectivamente por los circuitos 1 y 2 del alumbrado de seguridad.

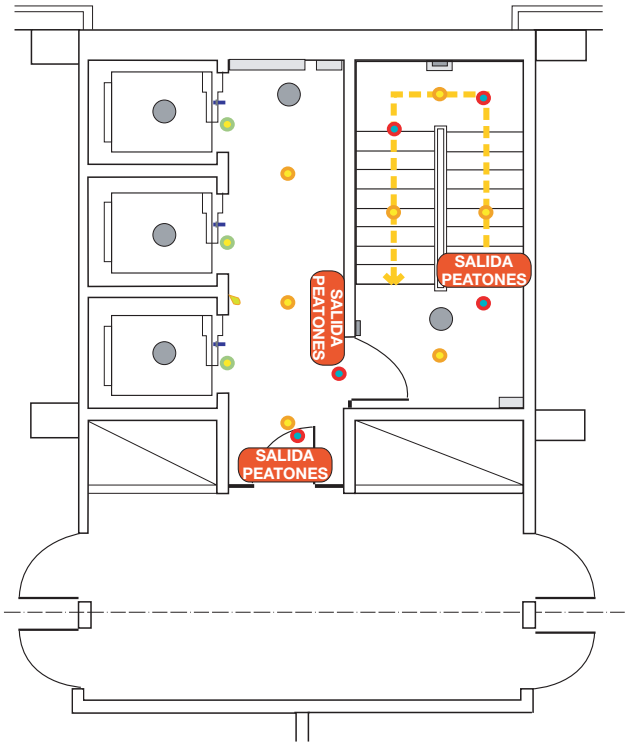
Alumbrado de señalización

Locales sin alumbrado de ambiente y receptores de menos de 50 personas, pasillos.

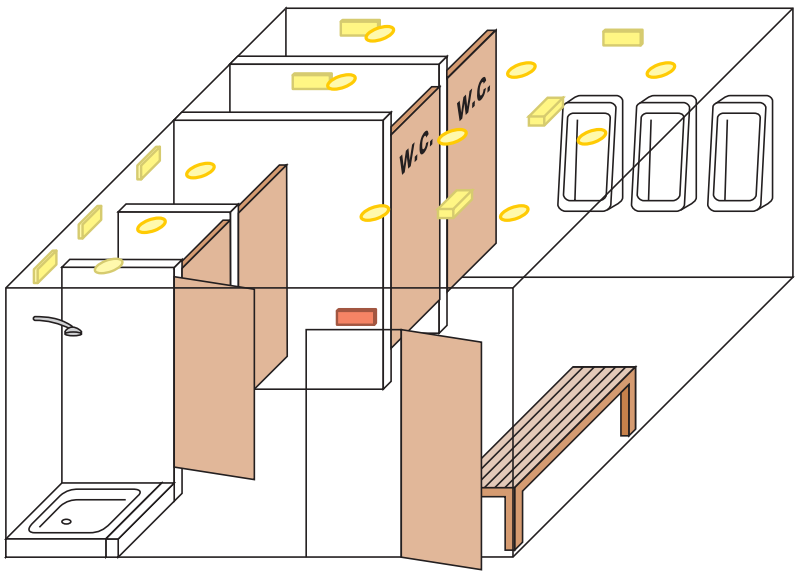
Potencia luminosa: lámparas de menos de 15 W de incandescencia.

F3, F4: puntos luz alimentados respectivamente por los circuitos 3 y 4 del alumbrado de seguridad.

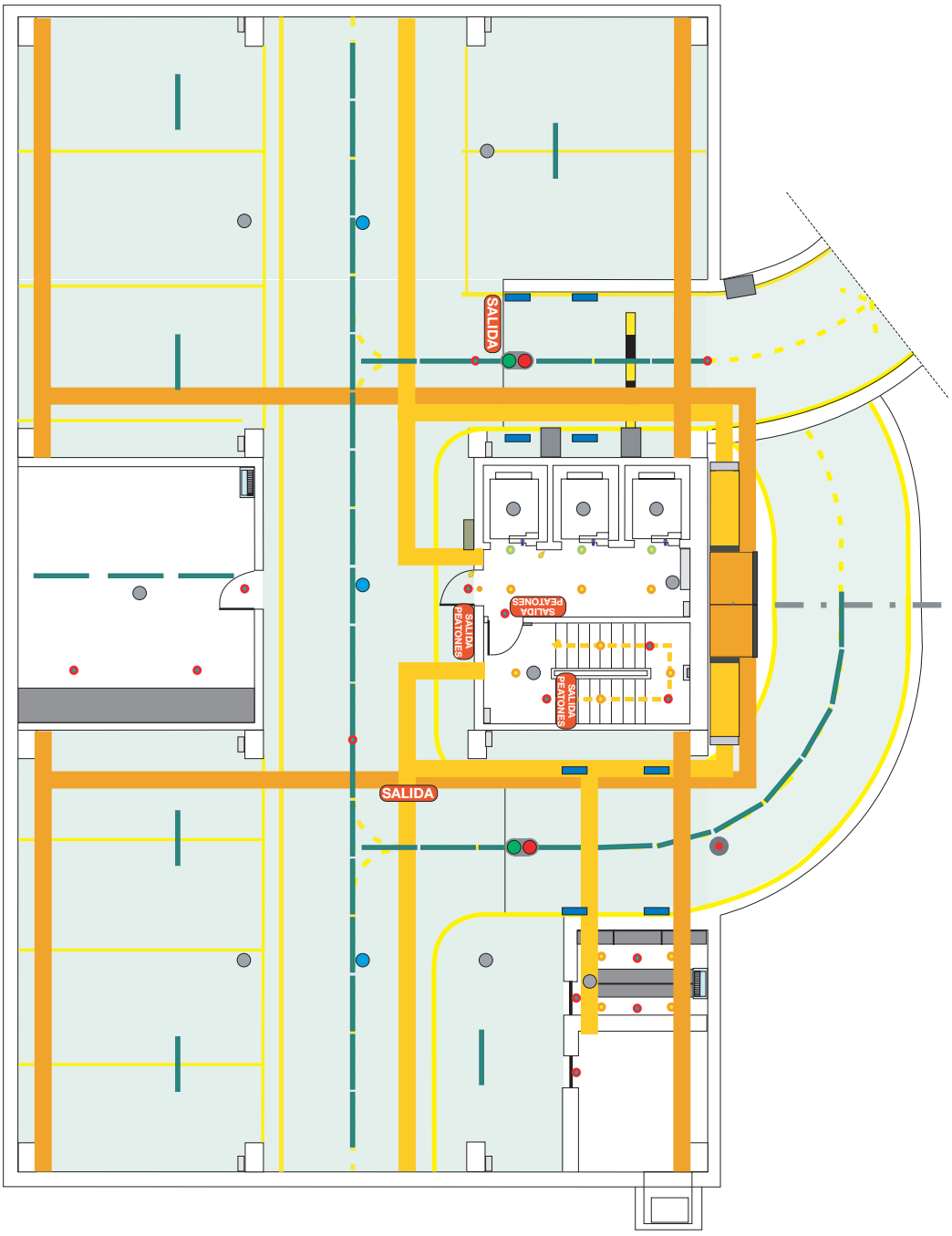
■ Escalera de acceso sala de espera para ascensores y hall de planta del edificio para sevicios terciarios.



■ Vestuarios en un local con presencia de trabajadores.



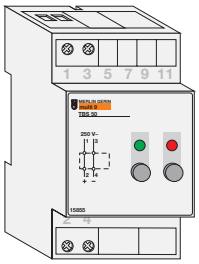
■ Planta de aparcamiento de un edificio de pública concurrencia.



Los ejemplos se desarrollarán a lo largo del apartado.

Materiales para el control del alumbrado de seguridad

Telemando para luminarias de emergencia TBS



Aplicación

El telemando para luminarias de emergencia es indispensable en:

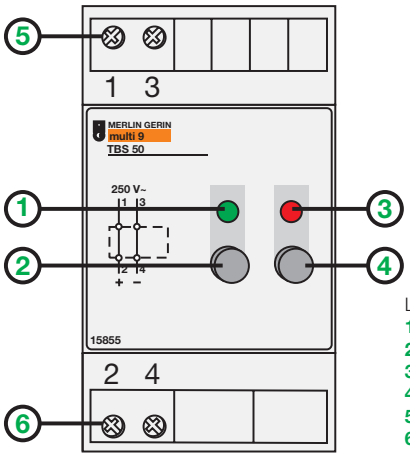
- Locales de pública concurrencia.
- Locales comerciales o industriales.
- Garajes o aparcamientos.
- Locales de explotación agrícola.
- Otros similares.

Función

Permite apagar y volver a encender los bloques de iluminación de seguridad de tipo incandescente o fluorescente.

Esta función se puede realizar en cada apagado voluntario de la iluminación normal (por ejemplo: cierre de los locales). Evita así la descarga completa de los acumuladores y aumenta su vida útil.

Descubra su TBS



Leyenda:

1 - Indicador luminoso verde de encendido.
2 - Pulsador de encendido.
3 - Indicador luminoso rojo de apagado.
4 - Pulsador de apagado.
5 - Entrada de alimentación.
6 - Salida polarizada hacia los bloques de seguridad.

Modo de funcionamiento del TBS

Por medio de pulsadores de “apagado” y de “encendido“, el telemando inyecta a las bornas de los bloques de iluminación de seguridad impulsos + y – que realizan así la función deseada:

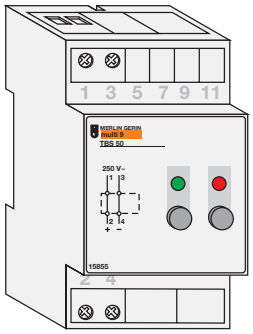
- Si hay suministro eléctrico: ninguna función.



■ Si no hay suministro eléctrico:

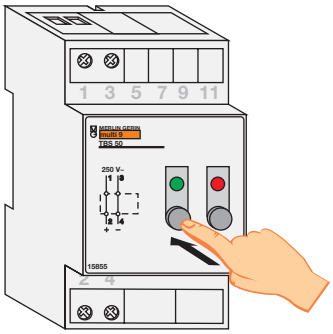
□ Encendido automático de los bloques de iluminación de seguridad (por ej.: cierre de los locales).





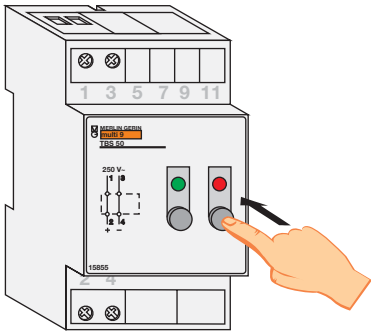
□ Apagado manual de los bloques de iluminación de seguridad.





□ Reencendido manual de los bloques de iluminación de seguridad (por ej.: visita del guardia).





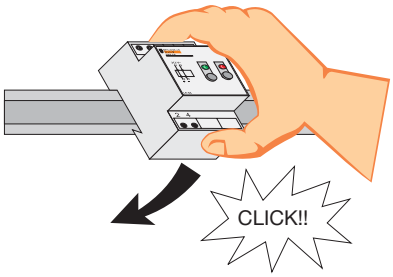
Instalación de los TBS

■ Recomendaciones de instalación.

La conexión del TBS a los bloques de iluminación de seguridad se realiza respetando las polaridades.

■ Observación.

La conexión de los bloques de iluminación de seguridad para cada local debe instalarse aguas abajo del interruptor general y aguas arriba del interruptor de iluminación normal. La longitud máxima del cable de 1,5 mm^2 es de 1.000 metros.

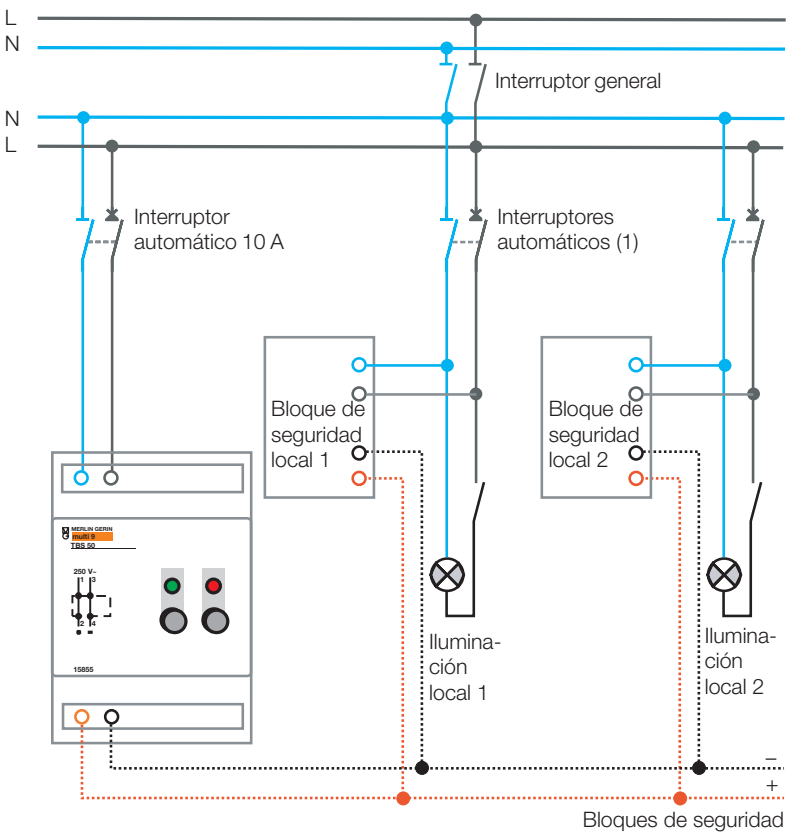


Características del TBS

- Tensión de alimentación: 220/240 V CA.
- Frecuencia: 45/60 Hz.
- Tensión de salida: 7,2 V CC.
- Tiempo de carga antes de la primera manipulación: 24 horas.
- Poder de telemando:
  - Ref.: 15855 (50 bloques).
  - Ref.: 15856 (100 bloques).
- Consumo: 0,5 VA.
- Sección máx. de las bornas de caja: 2 × 2,5 mm^2.
- Temperatura de utilización: 0 a + 40 °C.
- Dimensiones: 6 pasos de 9 mm.
- Peso: 0,250 kg.

Esquemas

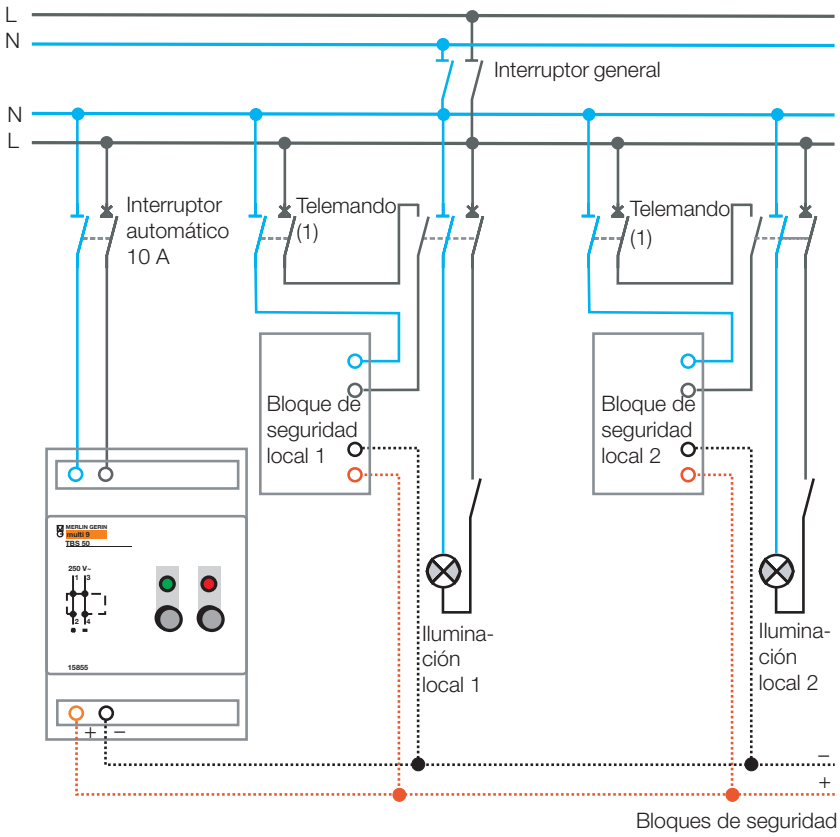
- Montaje básico.



(1) Determinar el interruptor automático más adecuado para cada circuito.

Fig. L6.4-034: *esquema con interruptor automático, montaje básico.*

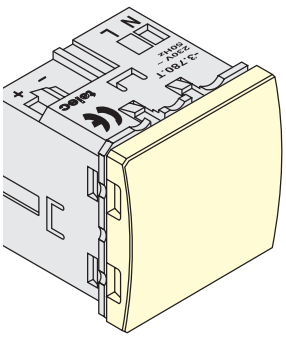
■ Montaje con interruptor automático de telemando.



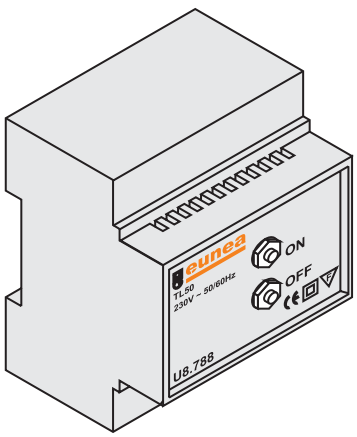
(1) Determinar el interruptor automático más adecuado para cada circuito.

Fig. L6.4-035: *esquema con interruptor automático de telemando Réflex.*

Sistemas de pilotos balizados autónomos para escalera con grado de impacto IK07



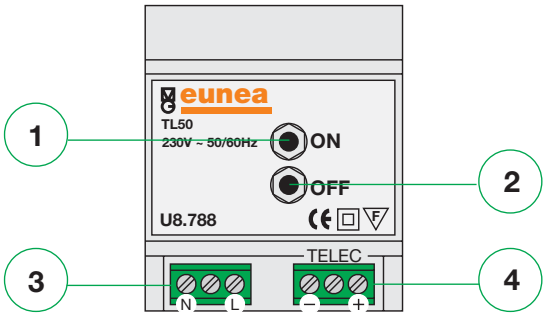
U3.780.T



U8.788

Descripción

1. Pulsador ON.
2. Pulsador OFF.
3. Bornes red.
4. Salida polarizada.



Características	U3.780.T	U8.788
Tensión nominal	230 V CA +/–10%	230 V CA +/–10%
Flujo luminoso	2 lúmenes	NA
Autonomía (horas)	3	NA
Batería	2·1,2 V - 0,3 Ah	3·3,6 V - 170 mAh Ni - Cd
Tiempo mínimo	24	24
Carga	NA	50 pilotos aut-. U3.780
Máxima distancia entre telemando (U8.788) y último piloto balizado autónomo	NA	200 m
Resistencia al impacto	IK07	NO
Homologado	CE	CE
Fabricado según	UNE-EN 60598-2-2	UNE-EN 60598-2-2

Tabla F6.4-036: *características del controlador de pilotos balizados autónomos U8.788.*

Funcionamiento

■ El piloto balizado autónomo (U3.780.T) debe estar conectado a la red, en presencia de ella se activa un led de color verde (piloto autónomo 1):

□ En caso de fallo de suministro de la red, el piloto de balizado, queda iluminado por dos leds de color amarillo (2); su autonomía es de 3 h.

□ En el caso de que la red esté presente y el led de color verde no está encendido, indica que la batería está agotada. En estas circunstancia se debe cambiar el producto.

■ El telemando (U8.788) es un producto opcional el cual nos permite:

□ Con red eléctrica ausente: PUESTO EN REPOSO, partiendo de los pilotos en estado de emergencia (2), pulsando “OFF” pasan a estado de reposo (todos los leds apagados) y si pulsamos “ON”, se volverán a activar los leds amarillos en estado de emergencia (2).

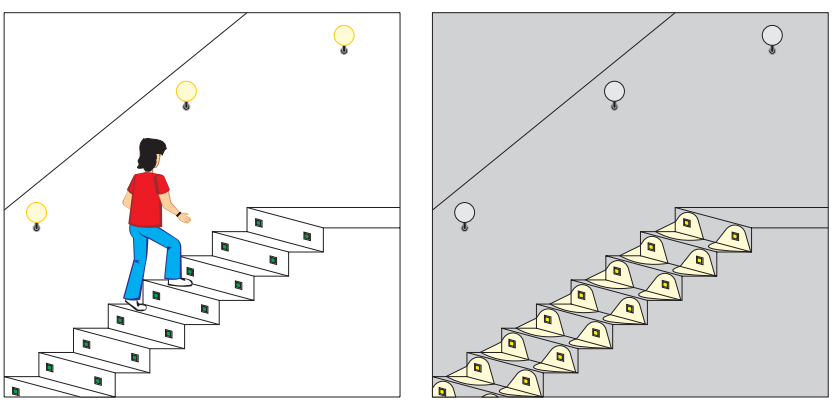


Fig. L6.4-037: *posicionado de los pilotos de balizamiento autónomos sin tensión.*

□ Con red eléctrica presente: TEST DE LÁMPARAS DE EMERGENCIA/CONMUTACIÓN; pulsando “ON”, los pilotos de balizado autónomo pasan a situación de emergencia (3) permaneciendo en este estado mientras mantengamos pulsado “ON”. Al dejar de pulsar “ON” los pilotos pasan al estrado de alerta, con el piloto verde encendido (4).

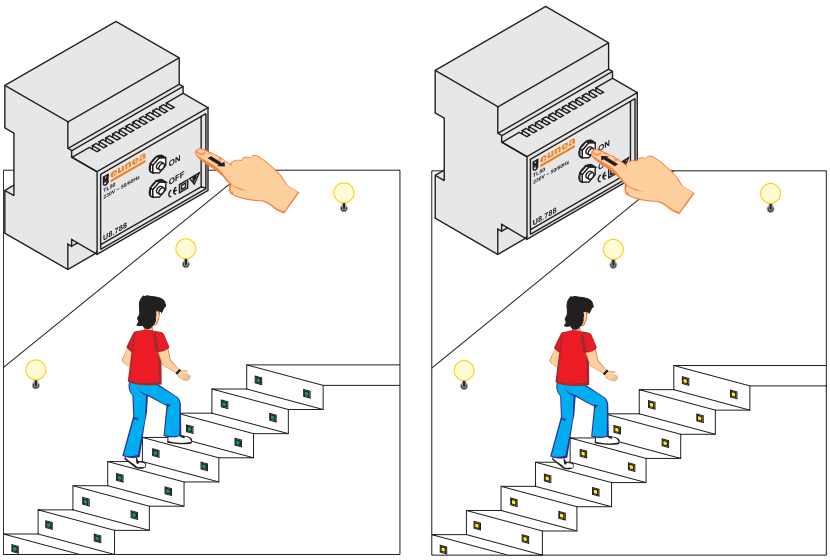


Fig. L6.4-038: *posicionado de los pilotos de balizamiento autónomos con tensión.*

Esquema de conexiones

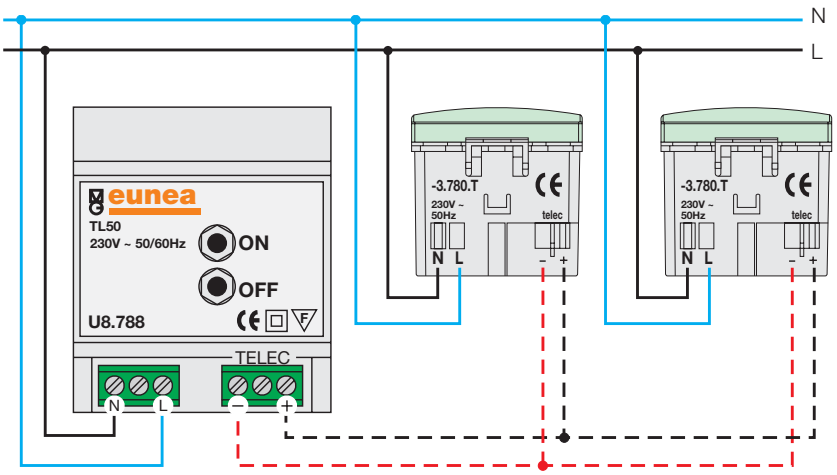


Fig. L6.4-039: *esquema de conexionado de los pilotos de balizamiento autónomos con telemando.*

6.4.3. Proceso de concepción de la arquitectura de una Infraestructura Comun de Telecomunicaciones, bajo el concepto de seguridad

El Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, aprueba el reglamento regulador de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y conjuntos de viviendas unifamiliares.

Se establece un nuevo régimen jurídico en la materia que, desde la perspectiva de libre competencia, permite dotar a los edificios de instalaciones suficientes para atender a los servicios de televisión (terrestre y satélite) y nuevos servicios de banda ancha (SAFI) como el LMDS, que entrarán por la parte superior del edificio, y servicios de telecomunicaciones por cable, telefonía básica y RDSI, que entrarán por la parte inferior del edificio.
Además posibilita la planificación de dichas infraestructuras de forma que faciliten su adaptación a servicios de implantación futura.
Este decreto especifica en sus anexos distintas normas técnicas para cada tipo de servicio:

- Garantizar el libre acceso de la información.
- Facilitar la opción de elección entre operadores.
- Igualdad de oportunidades y competencia entre operadores.

Todo ello plantea la necesidad de establecer las normas que faciliten a los usuarios el acceso a los nuevos servicios eligiendo entre los diversos operadores y permitiendo a éstos el libre acceso a los usuarios.

Normativa ICT

SERVICIOS

RTV

Red interior capaz de distribuir:
RTV terrestre analógica.
RTV terrestre digital.
RTV de satélite (hasta 2 plataformas).

TB+RDSI

Instalación de 2 líneas como mínimo por vivienda.
Estructura para permitir el cambio de operador sin instalación o trabajos adicionales calidad de líneas adecuada para internet.
Preinstalación que permite el acceso básico a RDSI (acceso primario opcional).

TLCA y SAFI

Existencia de una infraestructura que permite el acceso de hasta dos operadores de telecomunicaciones por cable y acceso fijo inalámbrico hasta cada vivienda sin obras adicionales.

ANEXOS

ANEXO I. Servicios de radio y televisión

El ANEXO I hace referencia a la “Norma técnica de Infraestructura Común de Telecomunicaciones para la captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora y televisión, procedentes de emisiones terrestres y de satélite” (de forma abreviada RTV).

ANEXO II. Telefonía

El ANEXO II se refiere a la “Norma técnica de Infraestructura Común de Telecomunicaciones para el acceso al servicio de telefonía disponible al público” (de forma abreviada TB+RDSI).

ANEXO III. Telecomunicaciones de banda ancha

El ANEXO III se refiere a la “Norma técnica de Infraestructura Común de Telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha prestados por operadores de redes de telecomunicaciones por cable (TLCA), operadores del Servicio de Acceso Fijo Inalámbrico (SAFI) y otros titulares que habiliten para el establecimiento y explotación de redes públicas de telecomunicaciones.

ANEXO IV. Infraestructuras

Estas especificaciones técnicas tienen por objeto establecer los requisitos mínimos que han de cumplir los registros y armarios, canalizaciones, recintos y elementos complementarios que alberguen la Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT) para facilitar su despliegue, mantenimiento y reparación, posibilitando que los usuarios accedan a los servicios anteriormente descritos.

¿Qué aporta el nuevo Reglamento?

■ Nuevas dimensiones.
■ Grados de protección (IP-IK).
■ Calidad de los materiales.

Instalaciones más modulares y compactas
Desaparición de los recintos de obra que existían hasta ahora. Se propone una mayor utilización de armarios como recintos modulares.

Mayor escalabilidad en edificios
Permite el acceso y soporte de nuevas tecnologías de banda ancha (ADSL, LMDS...).

Permite mayor flexibilidad en pequeñas edificaciones
En edificios de hasta 10 viviendas permite realizar simplificaciones (instalación de 1 solo recinto modular).

Optimiza las instalaciones ICT
Permite adecuar las instalaciones ICT al tamaño de los diferentes tipos de edificaciones.

Mejora de la calidad en los materiales
Los materiales utilizados en las instalaciones ICT estarán de acuerdo con normativas europeas UNE-EN y el nuevo reglamento de baja tensión REBT (ICT 51).

Ejemplos de instalación

Registros de acceso

Armarios metálicos murales o empotrables formados con puerta y fondo con junta de estanqueidad preparados para cumplir el grado de estanquiedad en el interior IP3X-7 e intemperie IP55-10 según normas UNE-EN 60529.
Posibilidad de cierre de llave (Ref. CL/CRN).
Mayor accesibilidad para facilitar la entrada de canalizaciones (tubo o canaleta).
Instalación del registro de acceso:
En los casos de insuficiencia de espacio en acera o prohibición expresa del organismo competente se podrá habilitar el punto de entrada general con un registro de acceso instalado en la zona limítrofe de la finca de dimensiones capaces de albergar los servicios equivalentes a la arqueta de entrada, con dimensiones mínimas de 400 × 600 × 300 mm.

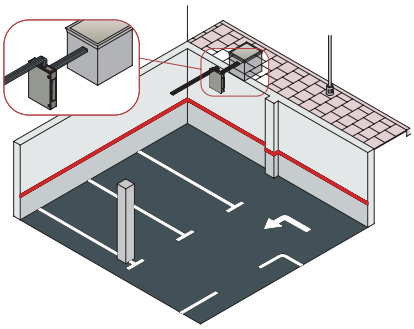


■ Registros de acceso:
□ ICT 4060/30 RA.
□ ICT 6060/30 RA.

Registros de enlace

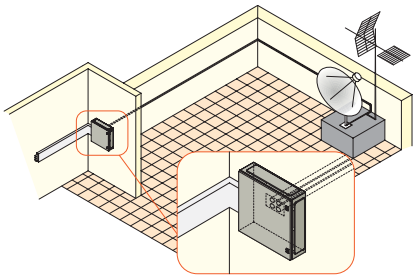
Para entrada inferior

En el registro de enlace inferior se produce la unión entre la canalización externa (cables entubados procedentes de los operadores que acceden por la arqueta) y la canalización del enlace.
Esta canalización normalmente discurre por el techo de un parking.



Para entrada superior

En el registro de enlace superior se produce la unión entre la canalización del enlace superior proveniente de los elementos de captación y la parte que continúa hacia el RITM superior.
En este caso se muestra la instalación de un registro de enlace superior en una azotea.



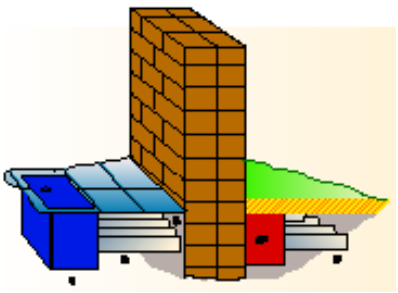
Armarios metálicos y de poliéster con accesibilidad en todos los lados incluido el posterior:

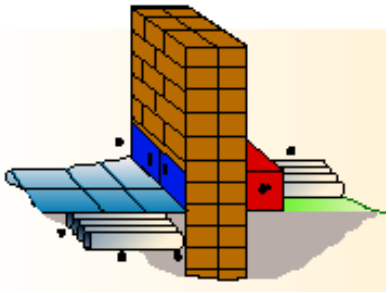
- Grados de protección IP337 para interiores, e IP55.10 para exterior.
- Posibilidad de suministro de cierre de llave (modelo ICT 5050/15 RE) como accesorio ref. CL/CRN.



Esquema de posibilidades de acceso de entrada de una ICT

1. Arqueta de entrada.
2. Canalización externa.
3. Elemento pasamuros.
4. Registro de enlace ICT 5050/15 RE.
5. Canalización de enlace.
6. Registro de acceso.
7. Red de alimentación.





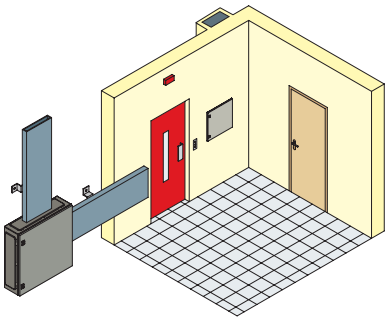
Registros secundarios de interior

Armarios metálicos para instalación de registros en interior de edificios y de poliéster para instalación en intemperie.
Amplia gama de registros de empotrar y en superficie.
■ Grados de protección:
□ IP3X-7 para instalación en el interior de edificios.
□ IP55-10 para la instalación en intemperie.



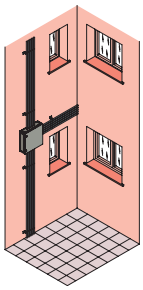
Para empotrar

Armarios para la instalación empotrada o superficial en rellanos, patios de luces..., preparados para la entrada y salida de canalizaciones, realizados en tubo o canaleta.



Para superficie

Registro secundario instalado en superficie en patio con entrada y salida de canalizaciones realizadas mediante tubo o canaleta.



Registro secundario cableado en edificios de viviendas

En esta imagen podemos observar un registro secundario de planta cableado que en su parte izquierda dispone de televisión por cable (TLCA).
Ejemplo de edificio con 12 plantas y 5 viviendas por planta, con telefonía básica con dos cables multipares, segregados 15 pares, conectadas 4 viviendas con mangueras de dos pares cada una y radiotelevisión preparada para 5 a 8 viviendas por planta (instalación sólo 4 viviendas, derivadores hasta 8 viviendas) y TLCA conectadas a 4 viviendas, pasantes 35 cables.



Los nuevos cambios introducidos establecen que los registros secundarios de interior deberán disponer del grado de protección siguiente:

Situación del registro	Grado de protección IP	Instalación gama de producto
Interior	IP3X-7 (*)	Empotrado ICT...RSE
		Superficie ICT...RS/ICT...RSCD

Tabla L6.4-040: *registro secundario cableado en edificios de viviendas.*

Registros secundarios para intemperie





Registro secundario cableado en viviendas unifamiliares RTV+FM, TB+RDSI y TLCA (SAFI).
Ejemplos de cómo se distribuyen los servicios de RTV+FM, TLCA y TB+RDSI en viviendas unifamiliares:

Situación del registro	Grado de protección IP	Instalación gama de producto
Intemperie	IP55-10 (*)	Emp./Sup. ICT...RSE
		Superficie ICT...RS/ICT...RSCD

Tabla L6.4-041: *registros secundarios para intemperie.*

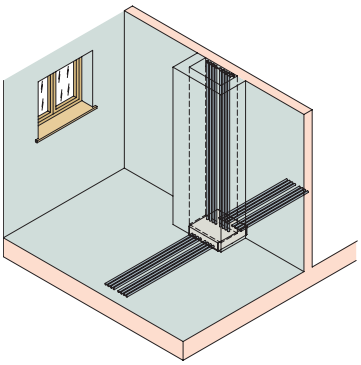
Para cambio de dirección

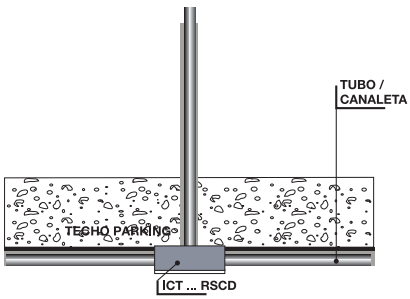


Para cambio de tipo de conducción



El registro secundario de cambio de dirección permite acceder a las diferentes verticales en edificios de viviendas e incluso permite la transformación de conducción (canaleta-tubo o tubo-canaleta).
Son armarios para la instalación superficial o empotrada en garajes, acceso a varias verticales, cambios de pendiente, bifurcaciones...
El fondo de poliéster permite una fácil mecanización para la distribución de canalizaciones.

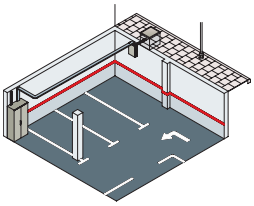




RIT modular HIMEL

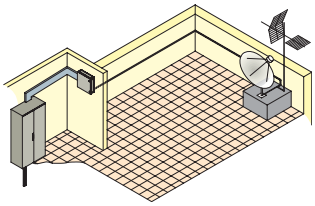
RIT modular inferior

Instalación de RITM en garaje (RITM inferior) para edificios y conjuntos de viviendas unifamiliares.
El RITM inferior se instalará en la parte inferior del inmueble, y contendrá:
- Registros principales de TB+RDSI.
- Registros principales de TLCA (SAFI).
- Caja de protección eléctrica del recinto con bases schuko.
- Espacio reservado para nuevos operadores.



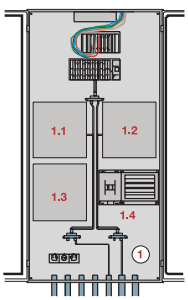
RIT modular superior

Instalación de RITM modular superior en la azotea (RITM superior) en edificios de viviendas. Siempre habrá que instalarlo en zona común como mínimo a la altura o por encima de la última planta.
Deberá estar provisto de electrificación.

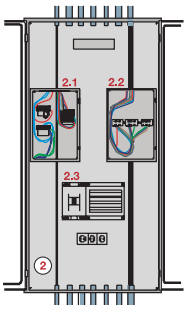


RIT modular único

En pequeñas edificaciones de hasta 10 PAU existe la posibilidad de poder instalar un solo recinto modular que integre todos los servicios.
Podrá instalarse en la parte superior o inferior del inmueble.



1. Vista interior de RITM superior (izquierda)
1.1. Espacio previsto para una primera plataforma digital.
1.2. Espacio previsto para una segunda plataforma digital.
1.3. Previsión de espacio para futuros servicios como el LMDS.
1.4. Caja de protección eléctrica del recinto.



2. Vista interior de RITM inferior (derecha)
2.1. Registro principal de TB+RDSI.
2.2. Registro principal de TLCA.
2.3. Caja de protección eléctrica del recinto.

Registros de terminación de red

RTR

- Registros con fondo y tapa de plástico, metálica o puerta metálica.
- Grado de protección IP33-5.
- Las tapas y la puerta son de color blanco RAL 9002.
- Empotrables.



Registro de paso

■ Registros de poliéster aislantes.
■ Grado de protección IP33-5.
■ Empotrables y con pretroqueles.

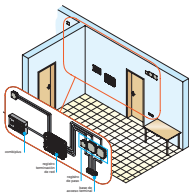


RTR: instalación en interior de vivienda

Registro de terminación de red empotrado en la entrada de la vivienda, en su interior se alojarán los PAU's, puntos de acceso a usuario (Splitters, PTR's, regletas...). Se instala a más de 20 cm y menos de 180 cm del suelo en la entrada de la vivienda, con un punto de alimentación en su interior:

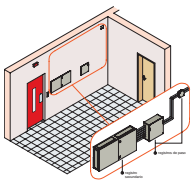
■ Registros de paso. Instalación en interior de vivienda.

Registros de paso de tipos B y C empotrados en el interior de la vivienda, sirven para facilitar el tendido de cables.



■ Registros de paso. Instalación en rellano.

Registros de paso tipos A y B empotrados en rellano de edificio de viviendas.
Se instalan en caso de tener más de 15 m entre registro secundario y la entrada de la vivienda o más de 6 viviendas por planta.
Sirven para facilitar el tendido de cables.



Registros principales

TB+RDSI y TLCA

■ Instalables en RIT o RIT modular inferior.
■ Armarios conforme a las especificaciones de la norma UNE 20451 o UNE-EN 50298, con los grados de protección indicados (ICT...RPTB).
■ Placa de aluminio perforada para los registros de TLCA (ICT...RPTC).

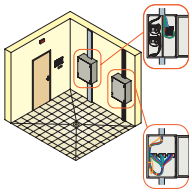


RTV+FM

■ Armario metálico que permite la fijación de equipos de amplificación monocanales de FM+RTV.
■ Registro para instalar en RITS.
■ Armario metálico con puerta transparente para el registro principal de RTV (ICT...RPTV).
■ Incluye ranuras de ventilación.
■ Grado de protección IP65.
■ Cierre de llave tipo 405.

2. ICT...RPTC

■ Registro principal para TLCA.
■ Preparado para la llegada de 1 operador por registro.
■ En su interior se realizará la interconexión entre los operadores y usuarios mediante los TAP's con 8 salidas, es decir, para 24 usuarios.
A partir de este registro la instalación se hace en estrella, un cable desde el registro hasta cada usuario.



1. ICT...RPTB

■ Registro principal para TB+RDSI.
■ Admite la llegada de hasta 2 operadores.
■ En su interior se realizará la interconexión entre los operadores y usuarios mediante regletas de 10 pares.
■ A partir de este registro la instalación se hace en árbol-rama con regletas de 5 pares en cada planta para derivar hacia cada usuario.

Foto ejemplo de registro principal de televisión por cable TLCA (ICT...RPTC).
En esta aplicación se puede observar que la televisión por cable se realiza en estrella ocupando una parte importante de la canalización vertical.

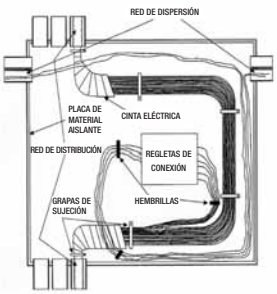


Situación del registro	Grado de protección IP	Instalación gama de producto	
Interior	IP3X-7 (*)	Empotrado	ICT...RPTB/ICT...RTB 10P
		Superficie	ICT...RPTC/ICT...RPTV
Exterior	IP55-10 (*)	Empotrado	ICT...RPTB/ICT...RTC
		Superficie	ICT...RPTV

Tabla L6.4-042: *situación de los registros principales y grado de protección IP.*

Pequeña capacidad ICT...RTB 5P/ICT...RTB 10P

Las cajas repartidoras de pequeña capacidad sirven para distribuir en árbol-rama la TB+RDSI en los puntos de distribución en los registros secundarios. Protegen las regletas de partículas de polvo asegurando la calidad de la señal y de la instalación.



Grado de protección IP55. Dispone de varias entradas cónicas para facilitar su acceso.



Mediana capacidad ICT...RTB 10P

Armarios repartidores de capacidad media ICT...RTB 10P, en oficinas o locales comerciales donde haya una concentración de pares será necesario un armario de distribución de TB+RDSI.



La nueva gama de armarios repartidores de capacidad media están preparados para albergar desde 440 hasta 1.200 pares.



L
6.4

Instalación de registros ICT

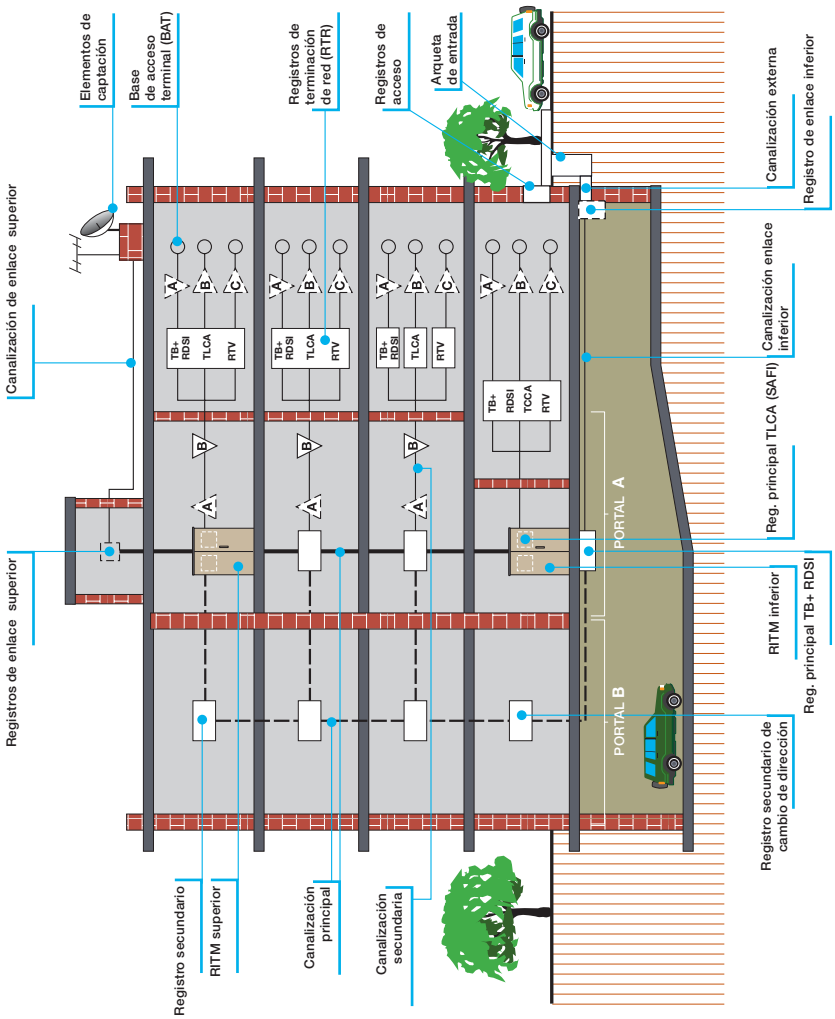


Fig. L6.4-043: *situación de los registros ICT.*

Registros de enlace

Registro de enlace instalado en superficie o empotrado en la parte inferior del edificio para recibir la canalización externa y continuar con la canalización de enlace inferior.



Registros principales
Están instalados en el interior de los RITM.
Contienen las regletas de TB+RDSI del punto de interconexión.



Recintos modulares
En edificaciones verticales de hasta 45 PAU y edificaciones horizontales de hasta 10 PAU deberá de instalarse un recinto modular.



Registros secundarios
Vista de registro secundario, instalado en un rellano de escalera.



Registros de paso
Registro de paso del tipo A instalado en un rellano de viviendas. En este caso se instala porque la planta tiene 6 o más viviendas.



Registros de terminación
Registro de terminación de red, en interior de vivienda o local comercial.



Instalaciones ICT en edificios de viviendas

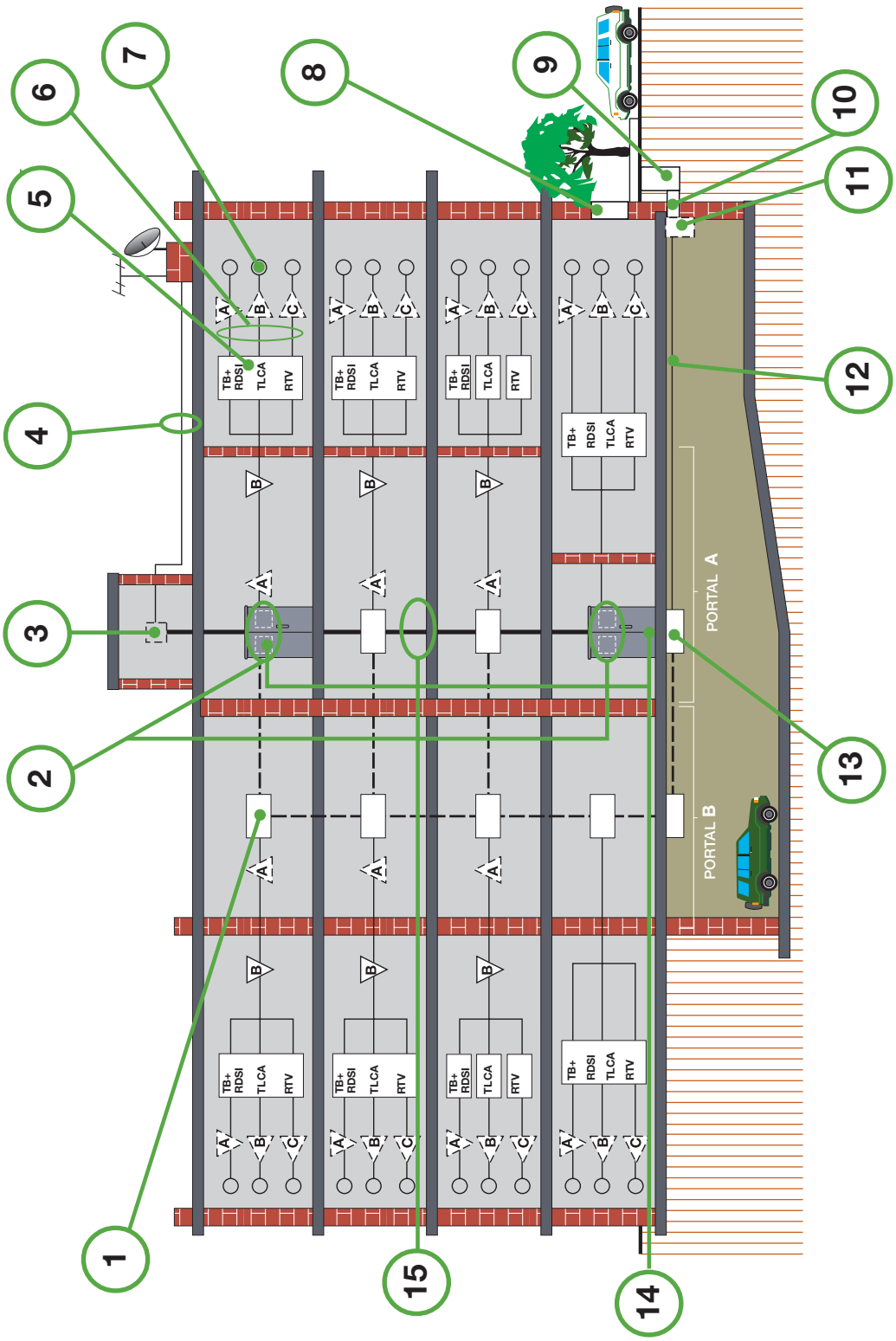


Fig. L6.4-044: *instalaciones ICT en edificios de viviendas.*

1 Registros secundarios

En función del n.º de PAU del inmueble o portal.
Elección de registros secundarios:
Primero hay que ver el n.º de PAU total del inmueble, luego en función del n.º de PAU/Planta (= n.º de viviendas) y el n.º de plantas, elegir el registro.

N.º total de PAU inmueble	N.º de PAU planta	N.º Plantas	Dimen-siones mínimas	Referencias
Hasta 20	⩽3	Variable	45×45	ICT 5050/15 RS
	4	⩽5		ICT 4545/15 RSE
	⩾5	Variable	50×70 o 70×50	ICT 5070/15 RS ICT 5070/15 RSE ICT 7050/15 RS ICT 7050/15 RSE
Entre 21 y 31	Variable	Variable	50×70	ICT 5070/15 RS ICT 5070/15 RSE ICT 7050/15 RS ICT 7050/15 RSE
A partir de 30	Variable	Variable	55×100 100×55	ICT 60100/15RS ICT 55100/15RSE

Tabla L6.4-045: *registros secundarios.*

Se instalará en:
■ Intersección canalización secundaria - vertical.
■ Cada 30 m canalización vertical.
■ Cambios de tipo de conducción (ICT...RSCD).
En viviendas unifamiliares la canalización principal es subterránea y si existe un cambio de dirección o bifurcación se coloca una arqueta de 40 × 40 × 40 (cm).
Para más de una vertical y con cambios de dirección o cambios de pendientes se instala ref. ICT...RSCD, registros secundarios de cambio de dirección.

2 Registros principales (RPTB, RPTC, RPTV)

■ 1 registro de TB+RDSI por cada dos operadores ICT...RPTB de dimensiones suficientes para alojar el punto de interconexión.
■ 1 registro de TLCA por cada operador ICT...RPTC.
■ 1 registro para equipos de RTV para instalar en el RITM superior.

3 Registro de enlace superior

Dimensiones mínimas (mm):
■ 360 × 360 × 120 mm ICT 3636/13RP. IP-3X, IK-07 (interior).
■ 360 × 360 × 180 mm ICT 3636/18RE. IP-55, IK-10 (exterior).

4 Canalización de enlace superior

Estará formada por tubos o canales empotrados o superficiales.
■ Tubo: 4 de Ø 40 mm.
■ Canaleta: de 6000 mm^2 con 4 compartimentos.

5 Registros de terminación de red (RTR)

■ 1.ª opción:
□ Para TB+RDSI 1 caja ICT 1017/4 RTR...
□ Para TLCA y RTV 2 cajas ICT 2030/6 RTR...
■ 2.ª opción:
□ 1 caja con ref.: ICT 3050/6 RTR... que agrupe los tres servicios.

6 Canalización interior del usuario

3 tubos corrugados o lisos de Ø 16 mm como mínimo (1 para TB+RDSI, 1 para TLCA y 1 para RTV).

(7) Bases de acceso terminal (BAT)

(8) Registros de acceso

Se instalará el registro de acceso:
- ■ Por insuficiencia de espacio en acera.
- ■ Prohibición expresa del organismo competente.

Dimensiones mínimas (mm): 400 × 600 × 300 mm o bien se instalará un pasamuros que coincidirá en su parte interna con el registro de enlace ref.: ICT 4060/30 RA.

(9) Arqueta de entrada

En función del número de puntos de acceso a usuario del inmueble, la arqueta de entrada deberá tener las siguientes dimensiones interiores mínimas:

Número de PAU del inmueble	Dimensiones en mm long. × anch. × prof.
Hasta 20	400 × 400 × 600
De 21 a 100	600 × 600 × 800
Más de 100	800 × 700 × 820

Tabla L6.4-046: *arquetas de entrada.*

- ■ Pequeñas edificaciones hasta 10 PAU (RITM único).

Para pequeñas edificaciones de hasta 10 PAU se admite la posibilidad de instalación de 1 solo recinto modular único que concentrará todos los servicios de telecomunicación.

(10) Canalización externa

- □ Proviene de la arqueta de entrada.
- □ Formada por tubos de 063 mm (S/UNE 50086).

N.º PAU	N.º conductos	Utilización de los conductos
Hasta 4	3	1 TB+RDSI+1 TLCA+1 reserva
De 5 a 20	4	1 TB+RDSI+1 TLCA+2 reserva
De 21 a 40	5	2 TB+RDSI+1 TLCA+2 reserva
Más de 40	6	3 TB+RDSI+1 TLCA+2 reserva

Tabla L6.4-047: *canalizaciones externas.*

(11) Registros de enlace

Para entrada inferior ICT 5050/15RE:
- ■ IP3X, IK07 (interior).
- ■ IP55, IK10 (exterior).

(12) Canalización de enlace inferior

Caso tubos: n.º igual a los de canalización externa.
Canalización TB+RDSI: de 1 hasta 3 tubos en función del n.º de pares (de Ø 40 hasta 63).
TLCA: 1 de TLCA de Ø 40 mm de 1 hasta 2 tubos.
Reserva: igual al Ø mayor de los anteriores, o canaleta compartimentada (ver fórmulas).

(13) Registro secundario de cambio de dirección (ICT...RSCD)

(14) RIT modular único

En el caso de RITU las medidas mínimas (mm), serán de:

N.º de PAU	Altura	Anchura	Profundidad	Referencias
Más de 10	2.300	2.000	2.000	
Hasta 10	2.000	1.000	500	ICT 2010/50 RITM

Tabla L6.4-048: *RIT modular único (dimensiones).*

■ Recintos de telecomunicación modular (RITM).
Los recintos de instalaciones de telecomunicación tendrán las dimensiones suficientes:

N.º de PAU	Altura	Anchura	Profundidad	Referencias
Hasta 20	2.000	1.000	500	ICT 2010/50 RITM o RITD (desmontable)
De 21 a 30	2.000	1.500	500	ICT 2015/50 RITM o RITD (desmontable)
De 31 a 45	2.000	2.000	500	ICT 2020/50 RITM
Más de 45	2.300	2.000	2.000	

Tabla L6.4-049: *recintos de telecomunicación modular (RITM) (dimensiones).*

15 Canalización principal

Se realizará mediante tubos de Ø 50 mm. Discurrirá próxima a los huecos de ascensores o escalera.

N.º de PAU	RTV	TB+RDSI	TLCA y SAFI	RESERVA	Total
Hasta 12	1	1	2	1	5
De 13 a 20	1	1	2	2	6
De 21 a 30	1	1	3	2	7
Más de 30	1	*2	*1	*1	*

*= cálculo específico en el proyecto ICT.
*1 = 1 tubo de TLCA y SAFI por cada 10 PAU o fracción como mínimo de 3.
*2 = 1 tubo de reserva por cada 15 PAU o fracción, como mínimo de 3.
En caso de canaleta ver fórmula.

Tabla L6.4-050: *canalizaciones principales.*

Ejemplos de instalaciónes ICT en viviendas unifamiliares

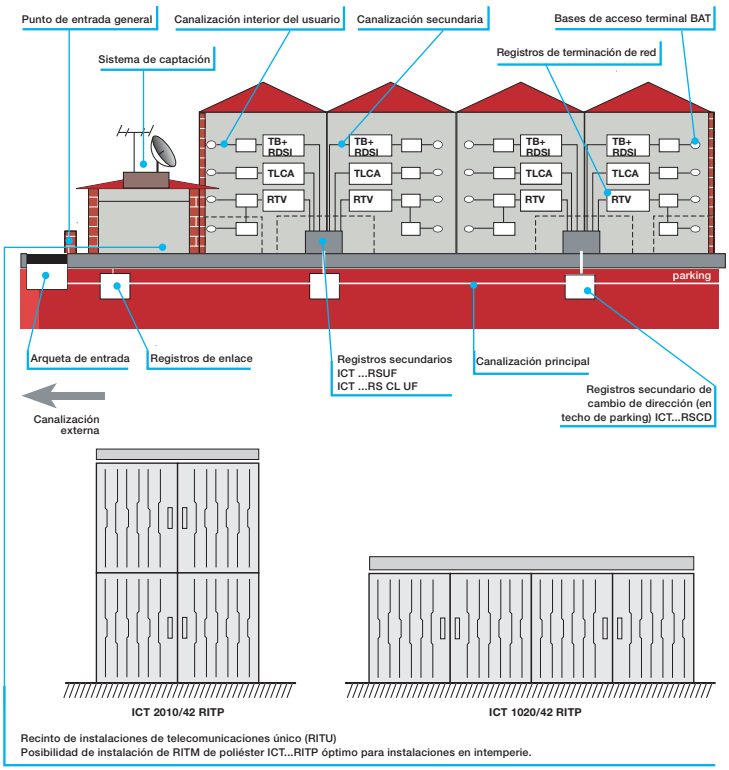


Fig. L6.4-051: *instalaciones ICT en edificios de viviendas unifamiliares.*

Cada vivienda = 1 PAU
Oficina = 1 PAU
Local comercial = 1 PAU

n.º total de PAU inmueble	=	n.º PAU / planta	+	n.º PAU locales comerciales y oficinas

Registros de enlace
Registro de enlace instalado en superficie o empotrado en la parte inferior del edificio para recibir la canalización externa y continuar con la canalización de enlace inferior.



Registros principales
Están instalados en el interior de los RITM.
Contienen las regletas de TB+RDSI del punto de interconexión.



Recintos modulares
En edificaciones verticales de hasta 45 PAU y edificaciones horizontales de hasta 10 PAU deberá instalarse un recinto modular.



Registros secundarios
En viviendas unifamiliares los registros secundarios irán empotrados o de superficie. El grado de protección escogido es IP55-10.



Registros de cambio de dirección
Se instalarán en la intersección entre la canalización de enlace inferior y la canalización vertical, o cambio de tipo de conducción.



Registros de terminación de red
Se instalarán en cada vivienda, oficina y local comercial.



Ejemplos de los materiales para instalaciones ICT en viviendas uinifamiliares

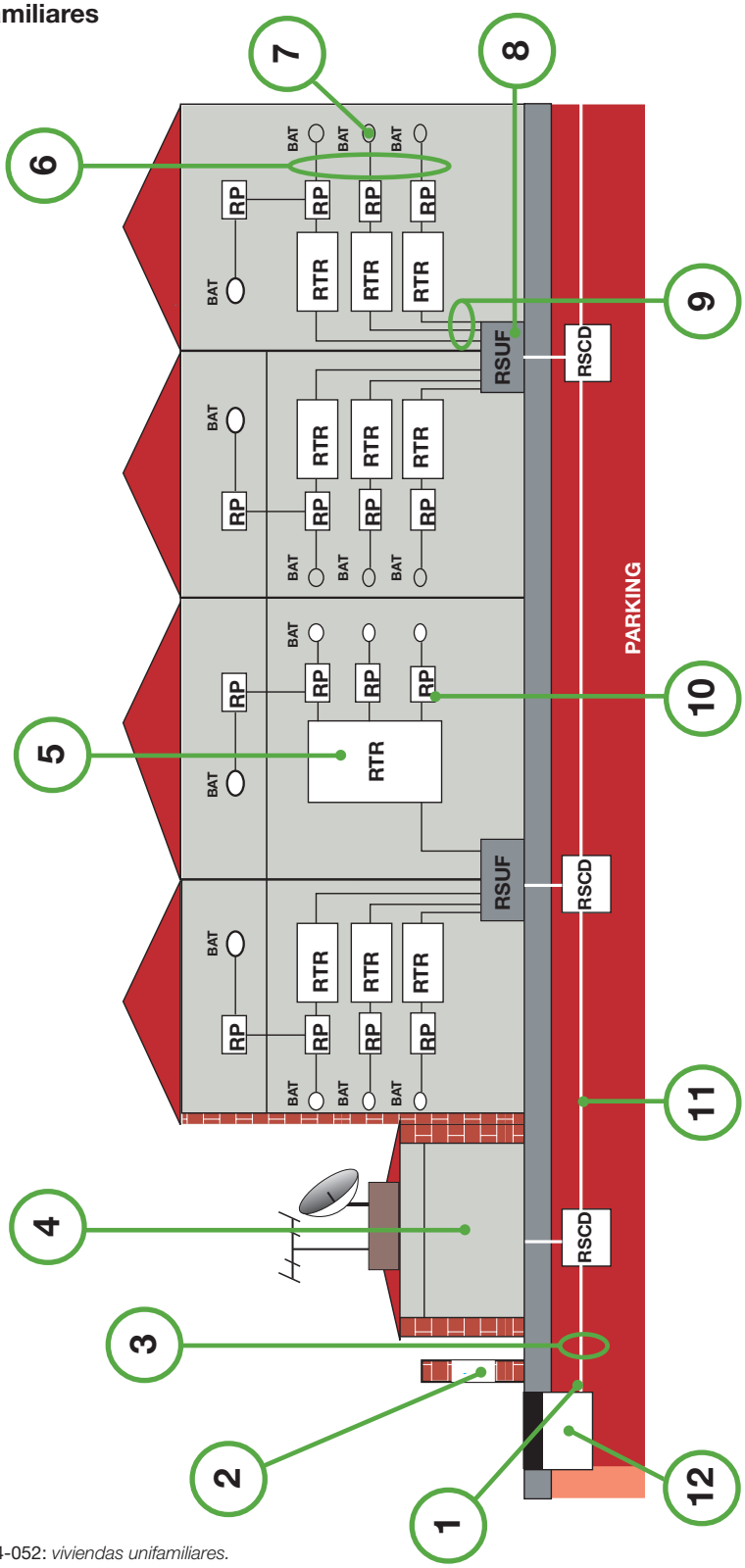


Fig. L6.4-052: *viviendas unifamiliares.*

(1) Canalización exterior

Proviene de la arqueta de entrada.
Tubos de Ø 63 mm.

N.º de PAU	N.º de conductos	Utilización de los conductos
Hasta 4	3	1 TB+RDSI, 1 TLCA, 1 reserva
De 5 a 20	4	1 TB+RDSI, 1 TLCA, 2 reserva
De 21 a 40	5	2 TB+RDSI, 1 TLCA, 2 reserva
Más de 40	6	3 TB+RDSI, 1 TLCA, 2 reserva

Tabla L6.4-053: *materiales para las canalizaciones exteriores.*

(2) Registro de acceso

Se instalará cuando por insuficiencia en el espacio de acera o por prohibición expresa del organismo competente no se pueda instalar una arqueta.
Dimensiones mínimas: 400 × 600 × 300. Ref.: ICT 4060/30 RA.

(3) Canalización de enlace inferior

Caso tubos: n.º igual a los de la canalización externa:
Canalización TB+RDSI: – de 1 hasta 3 tubos.
– Ø en función del n.º de pares (de 40 hasta 63).
Canalización TLCA(SAFI): – 1 de TLCA Ø 40 mm.
Reserva: – De 1 hasta 2 tubos. Igual al Ø mayor de las anteriores o canaleta compartimentada.

(4) RITU o RIT modular único

En el caso del RITU, las dimensiones mínimas (en mm) serán:

N.º de ref.	Altura	Anchura	Profundidad	Referencia
Hasta 10	2.000	1.000	500	ICT 2010/50 RITM ICT 1020/42 RITP ICT 2010/42 RITP
Más de 10	2.300	2.000	2.000	Obra

ICT...RITP: RIT modular en poliéster.

Tabla L6.4-054: *materiales para RITM o RIT único*

(5) Registros de terminación de red RTR

1.ª opción. Instalación de 1 caja que agrupe los 3 servicios:
Dimensiones (mm) = 300 × 500 × 60. ICT 3050/6 RTR TP.
2.ª opción. Instalación de 3 cajas:
Una caja para TB+RDSI. Ref. ICT 1017/4 RTR TP.
Una caja para RTV Ref. ICT 2030/6 RTR TP.
Una caja para TLCA SAFI Ref. ICT 2030/6 RTR TP.
3.ª opción. Instalación de 2 cajas:
Una caja de 380 × 400 × 60 que agrupe 2 de los 3 servicios (RTV, TB+RDSI, TLCA).
Una caja de 100 × 170/200 × 300 para el servicio restante.

(6) Canalizacion interior de usuario

Realizados en tubos o canales.
3 conductos (corrugados o lisos) de Ø 20 mm mínimo.

(7) Bases de acceso terminal BAT

(8) Registros secundarios (*)

■ Registro secundario con IP55-10 para instalación en intemperie ref.: ICT 5050/20 CL UF.

■ Instalación de un registro secundario para cada cambio de dirección ICT...RSCD.
■ Registro secundario para equipos activos ICT 5050 RSCLUF.

(9) Canalización secundaria

Se podrán realizar con tubo o canaleta mínimo para cada servicio:
■ 1 para TB+RDSI.
■ 1 para TLCA y SAFI.
■ 1 para servicios RTV.
■ 1 de reserva.
Su número para cada servicio y sus dimensiones mínimas se determinarán por separado de acuerdo con la siguiente tabla:

Diámetro exterior del tubo (mm)	N.º de cables de cometida interior para TB+ RDSI		N.º de cables de acometida exterior TB+RDSI	N.º de cables de usuario TLCA (SAFI)	N.º de acometidas para usuario RTV
	De 1 par	De 2 pares			
25	1-5	1-5	2	2	2
32	6-12	6-11	4	6	6
40	13-18	12-16	6	8	8

Tabla L6.4-055: *materiales para canalizaciones secundarias.*

(10) Registro de paso

En canalización interior de usuario:
■ Tipo B: ref. ICT 1111/4 RP.
■ Tipo C: ref. ICT 1016/4 RP.

(11) Canalización principal

Podrá estar enterrada, empotrada o superficial y materializarse con tubos, canales o galerías.

N.º de PAU	RTV	TB+RDSI	TLCA y SAFI	Reserva	Total
Hasta 12	1	1	2	1	5
De 13 a 20	1	1	2	2	6
De 21 a 30	1	1	3	2	7
Más de 30	1	*2	*1	*1	*

*= cálculo específico en el proyecto ICT.
*1 = 1 tubo de TLCA y SAFI por cada 10 PAU o fracción como mínimo de 3.
*2 = 1 tubo de reserva por cada 15 PAU o fracción, como mínimo de 3.
En caso de canaleta ver fórmula.

Tabla L6.4-056: *materiales para las canalizaciones principales.*

(12) Arqueta de entrada

En función del número de puntos de acceso a usuario del inmueble, la arqueta deberá tener las siguientes dimensiones interiores mínimas:

N.º de PAU (nota 1) del inmueble	Dimensiones mm
Hasta 20	400 × 400 × 600
De 21 a 100	600 × 600 × 800
Más de 100	800 × 700 × 820

Tabla L6.4-057: *materiales para las arquetas de entrada.*

■ Registros de enlace.
Se colocará en caso de canalización principal que discurra por un parking o acceso no subterráneo. Ref.: ICT 4545/15 RE.

6.4.4. La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales

Las instalaciones han sido descritas durante la obra en cada apartado, atendiendo al tema correspondiente. En éste se desarrolla el cálculo de la instalación. Los cálculos de los circuitos son similares y, desarrollado un caso (el más complejo), quedan todos identificados. Por tanto se expone el caso del abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª, que corresponde a la instalación de un centro de cálculo, con doble suministro y parte de la red en ECT TT y parte en ECT IT.

Plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª

Las han alquilado para un centro de cálculo.

Planta 1.ª

Aire acondicionado

Disponen de dos bombas de calor situadas en la azotea, una para atender la parte derecha y otra para la izquierda del local de la planta 1.ª.

Las bombas de calor calientan o enfrían agua de un depósito. Esta agua se distribuye a los fancoils, distribuidos por las dependencias, a través de sendas bombas de agua de 3/4 de CV. A requerimiento de los termostatos que controlan la temperatura de las dependencias de la 1.ª planta.

Las bombas de calor desarrollan una potencia de 29,7 kW en la creación de frigorías y de 31,7 kW en calorías cada una.

Los fancoils son individualizados para cada dependencia:

■ Despachos (n.os 1, 2, 7, 19, 22, 23 y 24): el fancoil permite un caudal de 1.500 m^3/h, con una potencia de 1/4 de CV a 230 V cada uno.

■ Salas de reunión (n.º 4, 5, 20 y 21): el fancoil permite un caudal de 2.000 m^3/h con una potencia de 1/3 de CV a 230 V cada uno.

■ Los servicios (n.os 11 y 12 y 13 y 14): el fancoil permite un caudal de 1.500 m^3/h con una potencia de 1/4 de CV a 230 V cada uno. El reparto para todos los departamentos de los servicios se realiza a través de conductos.

■ La sala de la CPU central (n.º 18): el fancoil dispone de un caudal de 2.000 m^3/h, con una potencia de 1/3 de CV a 230 V.

■ Despacho para el secretariado (n.º 25), sala de depósitos y bombas de acondicionamiento (n.º 16), sala para complemento de máquinas (n.º 17), pasillo (n.º 15) y salas de visitas (n.os 20 y 21): dispone de dos fancoils, cada uno de un caudal de 2.400 m^3/h, con una potencia de 1/2 CV a 230 V. En la sala de secretariado la salida de aire es libre desde el fancoil y en las demás dependencias a través de conductos.

■ Vestíbulo (n.º 26) y sala de mando eléctrico CGBT (n.º 27): dispone de dos fancoils que permiten cada uno un caudal de 1.500 m^3/h, con una potencia de 1/4 de CV a 230 V. En el vestíbulo la salida de aire es libre y en la sala de control eléctrico a través de conductos.

■ Despacho para el secretariado (n.º 28), vestuarios (n.º 8 y 9), pasillo (n.º 10) y salas de visitas (n.º 4 y 5): dos fancoils que disponen cada uno de un caudal de 2.400 m^3/h, con una potencia de 1/2 CV a 230 V. En la sala de secretariado la salida de aire es libre y en las demás dependencias a través de conductos.

Los fancoils se alimentan de agua aclimatada desde un depósito, a través de dos circuitos con bombas de 1 CV.

Renovación de aire

Debemos colaborar en la renovación de aire, expulsando aire con poco O_2 y bastante CO_2, adquiriendo mayor caudal del exterior.

Con dos ventiladores de 1/4 de CV que expulsen aire polucionado, obtendremos un caudal de aire nuevo, que se introducirá en las dependencias a través de rejillas con láminas que sólo permiten la circulación de aire en un sentido.

Debemos tener en consideración las salas especiales que necesitan una renovación de aire propia, en consonancia con su actividad:

■ Los servicios: situaremos dos extractores con conducto para cada dependencia, que permiten cada uno un caudal de 900 m^3/h, de una potencia de 225 W a 230 V, y un temporizador que los haga trabajar cinco minutos cada cuarto de hora.

■ La sala de los depósitos de acondicionamiento y la complementaria para máquinas.

Para las dos dependencias colocaremos un extractor de 400 m^3/h y un temporizador que lo haga trabajar tres minutos cada cuarto de hora.

■ El vestíbulo donde se situa el SAI con sus baterías.

La renovación de aire del local de las baterías debe ser V (m^3/h) = 0,055 n · I.

Donde: n = número de elementos de la batería y I = intensidad de carga del cargador de la batería en amperios (ver página J14/9 del 3.er Volumen).

En este caso se han previsto baterías herméticas y situadas en el armario del SAI, pero sí que es sumamente importante mantener una temperatura ambiente no superior a 25 ºC para el buen funcionamiento de todos los elementos del equipo. El cálculo térmico de los cuadros prevé las necesidades.

Dosificador de ambiente

En cada fancoil dispondremos de un dosificador de ambientador y desinfectante, para mantener un clima agradecido a la sensibilidad humana.

Alumbrado general de la planta

Cada dependencia dispondrá de un alumbrado general reducido de unos 300 lux y un alumbrado de refuerzo de unos 400 lux, ambos se encienden a voluntad a través de un interruptor manual.

La luminosidad se ha adecuado al trabajo con monitores tanto en intensidad como en color; si debemos trabajar en las mesas de despacho sin el monitor, podemos necesitar un incremento de luminosidad a unos 850 lux. Suplemento a obtener de una lámpara de sobremesa.

Alumbrado de emergencia - alumbrado de evacuación

Dispondremos de un alumbrado de señalización con lámparas fluorescentes compactas de 25 W cos φ = 0,5, I = 0,205 A. La alimentación se realiza a través del SAI con una reserva de una hora (según reglamento).

Alumbrado de reemplazamiento

Sirve para terminar el trabajo en el equipo informático, se realiza con lámparas fluorescentes compactas de 25 W cos φ = 0,5, I = 0,205 A. La alimentación se realiza a través del SAI con una reserva de una hora (según reglamento).

Conectores para red de 230 V

Dispondrán en cada dependencia de una red de conectores a 230 V, del tipo SM200 para dos unidades, de las cuales una, de color naranja, estará discriminado en horario de trabajo y son las que corresponden para el uso de los utensilios de la limpieza. Solamente dispondrán de tensión en las horas valle de la contratación.

Conectores para la red de 230 V a través del SAI
Cada punto informático dispondrá de una columna del sistema Canalis con los mandos del alumbrado, una toma de corriente de la red de conectores a 230 V, un juego de tomas de corriente alimentadas por el SAI, para los equipos informáticos, una toma correspondiente a la red informática, una toma de TV y una toma de teléfono y un interruptor para el alumbrado de reemplazamiento.
En las salas con proyección también dispondrá de toma a través del SAI, para el monitor de TV, para el vídeo y para el proyector de ampliación de la señal del PC, así como un mando doble de la serie SM para la subida y bajada de la pantalla de proyección.

Confort
La transparencia al exterior con grandes ventanales obliga a una protección con persianas de los rayos ultravioletas del sol, incidentes sobre las salas.
En las salas con proyección deberemos complementar la atenuación de la luz exterior con cortinas para la opacidad.
Tanto las persianas como las cortinas tendrán mandos individualizados en cada dependencia.
La puerta de entrada a la oficina es una abertura que, desde el rellano del edificio, te conduce al interior de la oficina; a las horas que no existe actividad comercial, debe cerrarse con una puerta metálica.
Las persianas las alimentaremos desde la caja de distribución de la red de tomas de corriente a 400/230 V 50 Hz en régimen TT y las controlaremos por medio del sistema domótico de forma individual y desde la recepción de forma centralizada.
Las distribuiremos en dos líneas, la de la derecha y la de la izquierda, como hemos realizado para las tomas de corriente.

La antena de comunicación
La alimentación de la amplificación de la señal de TV no es discriminable.

Hilo musical
Alimentaremos un equipo de cadena HI-FI para las tres plantas.

La central telefónica
Estará situada en la recepción y alimentada a través del SAI.

Agua sanitaria caliente
El termo de agua caliente para los servicios es discriminable para actuación exclusivamente en horas valle.

Las alarmas técnicas
Su consumo es esporádico en circunstancias excepcionales solamente por la aptitud de su función.

Detección de humos
Con el sistema domótico podemos detectar la presencia de humos en cada dependencia, excitar una alarma acústica o luminosa y comunicar la situación a un centro particular de alarmas vía telefónica.
Distribuiremos la red en dos sectores, el de la derecha y el de la izquierda y su alimentación la realizaremos a través del SAI en la red de régimen IT.
Para la definición del tipo de detector de cada dependencia ver el capítulo J, apartado 19 “Cómo utilizar la aparamenta electrónica (domótica)”, página J/831 del 3.er Volumen.

■ Situación en planta de las alarmas técnicas en la 1.ª planta.

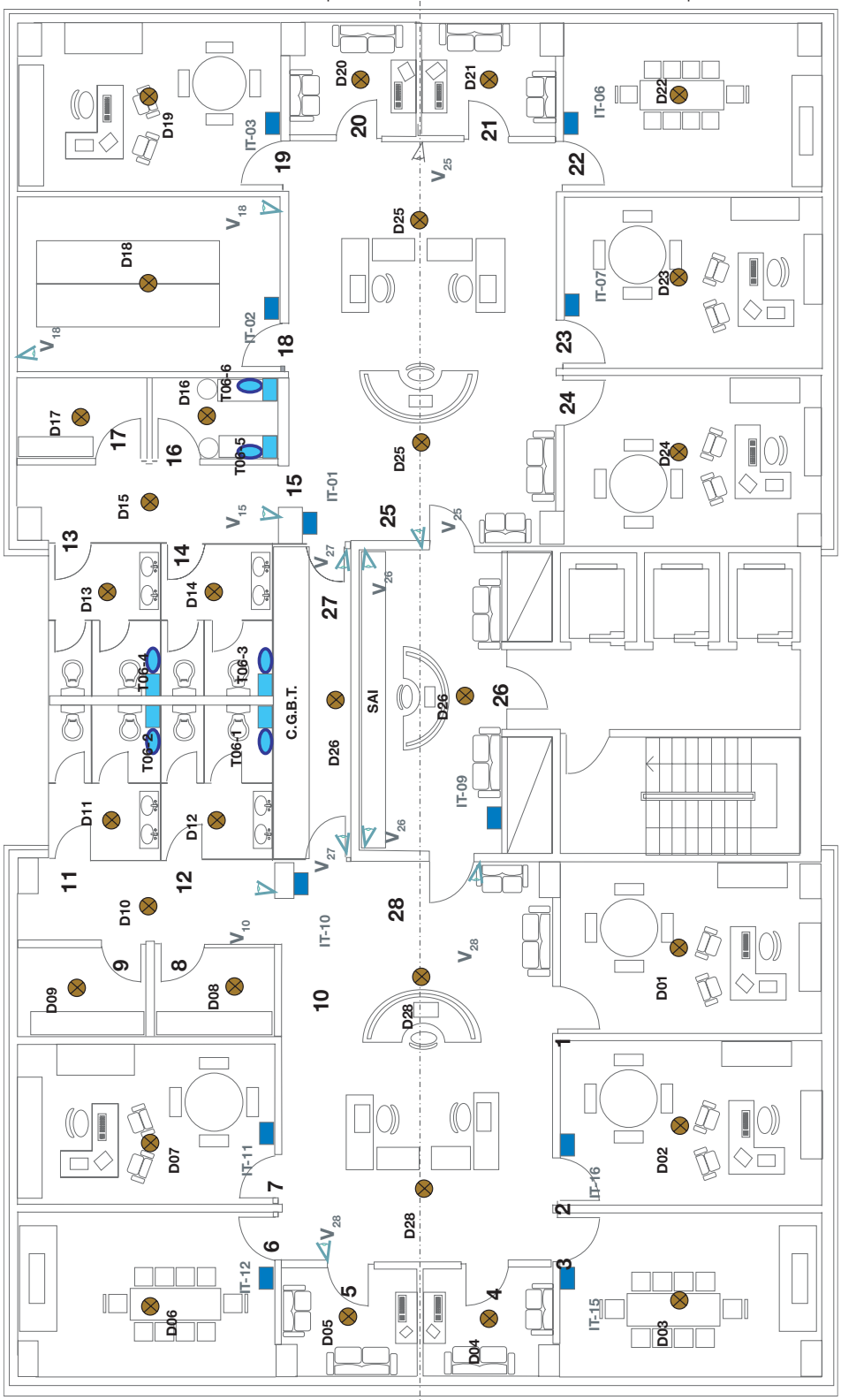
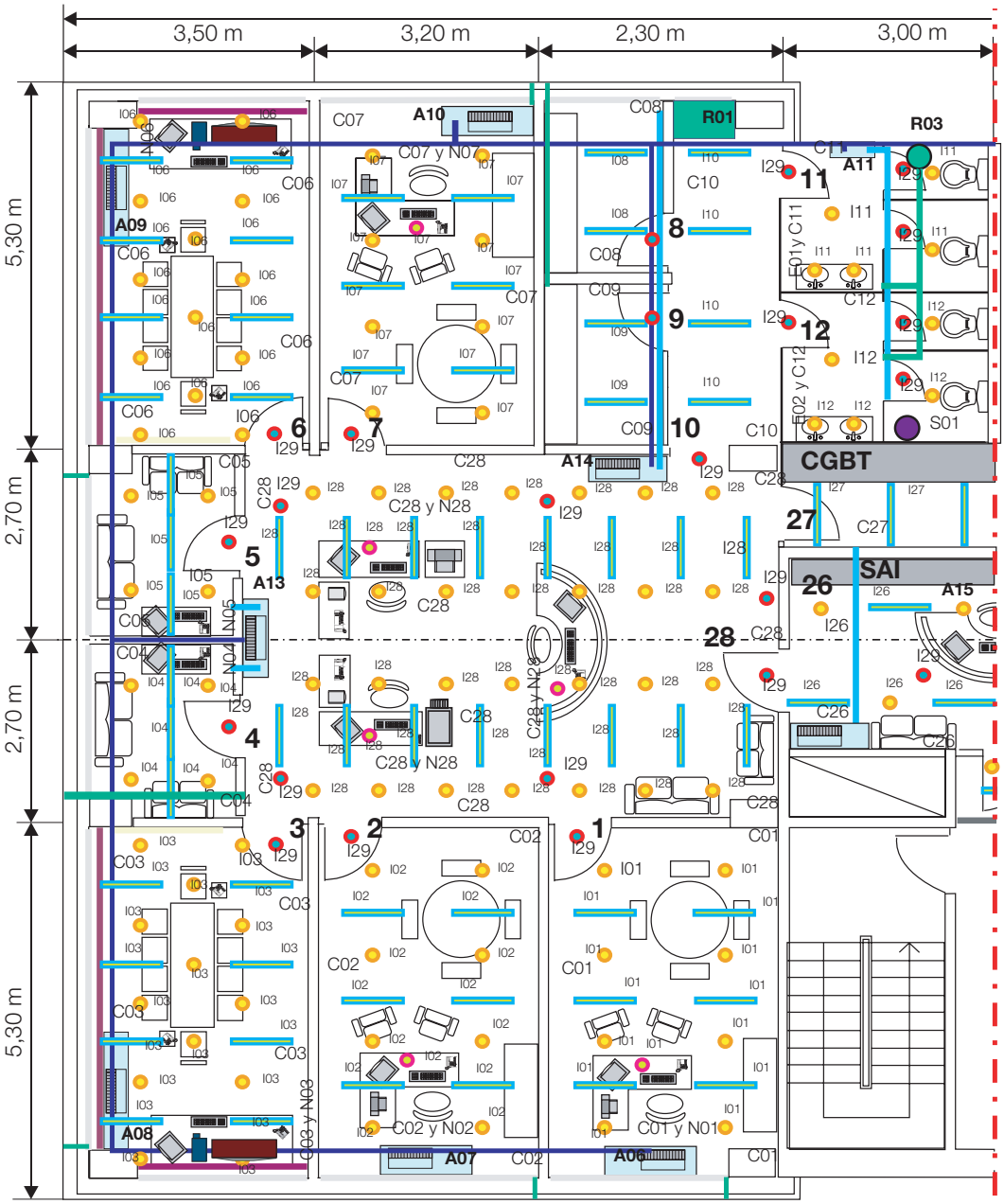


Fig. L6.4-058: *situación en planta de las alarmas técnicas.*

■ Detección de presencia.
La detección de presencia para el control de intrusos, en determinadas horas del día, puede activar una alarma acústica o luminosa y una conexión vía telefónica a una central de alarmas particular. Durante todo el día puede estar activando un sistema de control por grabación con registro por vídeo.
■ Control de fugas de agua.
En las salas donde se dispone de suministro de agua en el momento que se detecte una fuga, deberá cortarse el suministro de la dependencia actuando sobre la llave general de la dependencia.
Disponemos del sistema domótico para poder controlar las posibles fugas.

Plano situación de las cargas en la 1.ª planta



En esta instalación deberemos agrupar las cargas correspondientes a cada esquema de conexión a tierra ECT.

Red con ECT-TT

Las cargas correspondientes a cada caja de conexiones.

Las cargas correspondientes a la red de ECT-TT son:

- Las de acondicionamiento.
- Las de alumbrado normal.
- Las de la red de tomas de corriente y electrodomésticos.
- Las del confort.

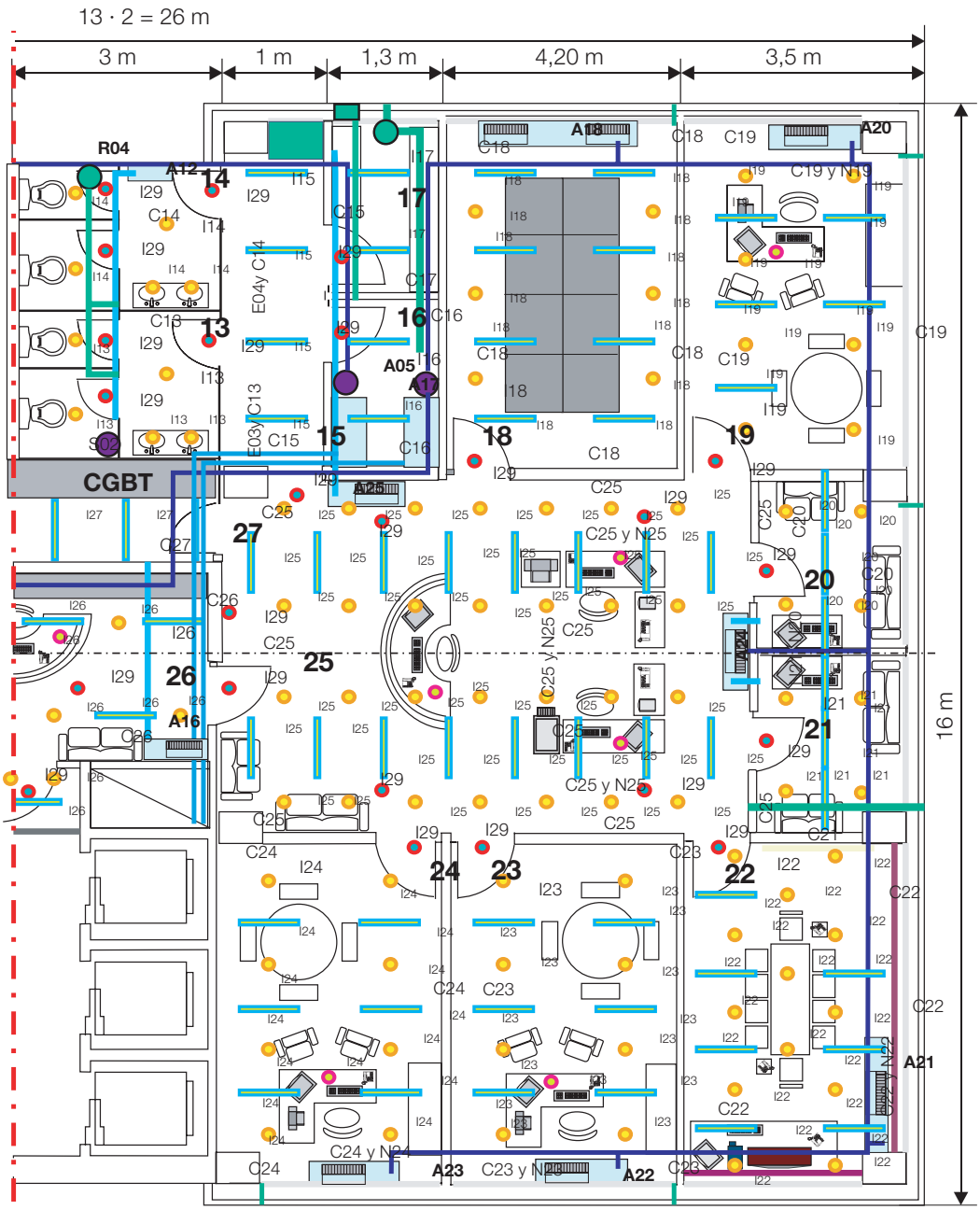


Fig. L6.4-059: *situación de las cargas en la planta 1.ª.*

Dependencia n.º 01 despacho
Caja de conexiones CC28.
Cuadro secundario C28.

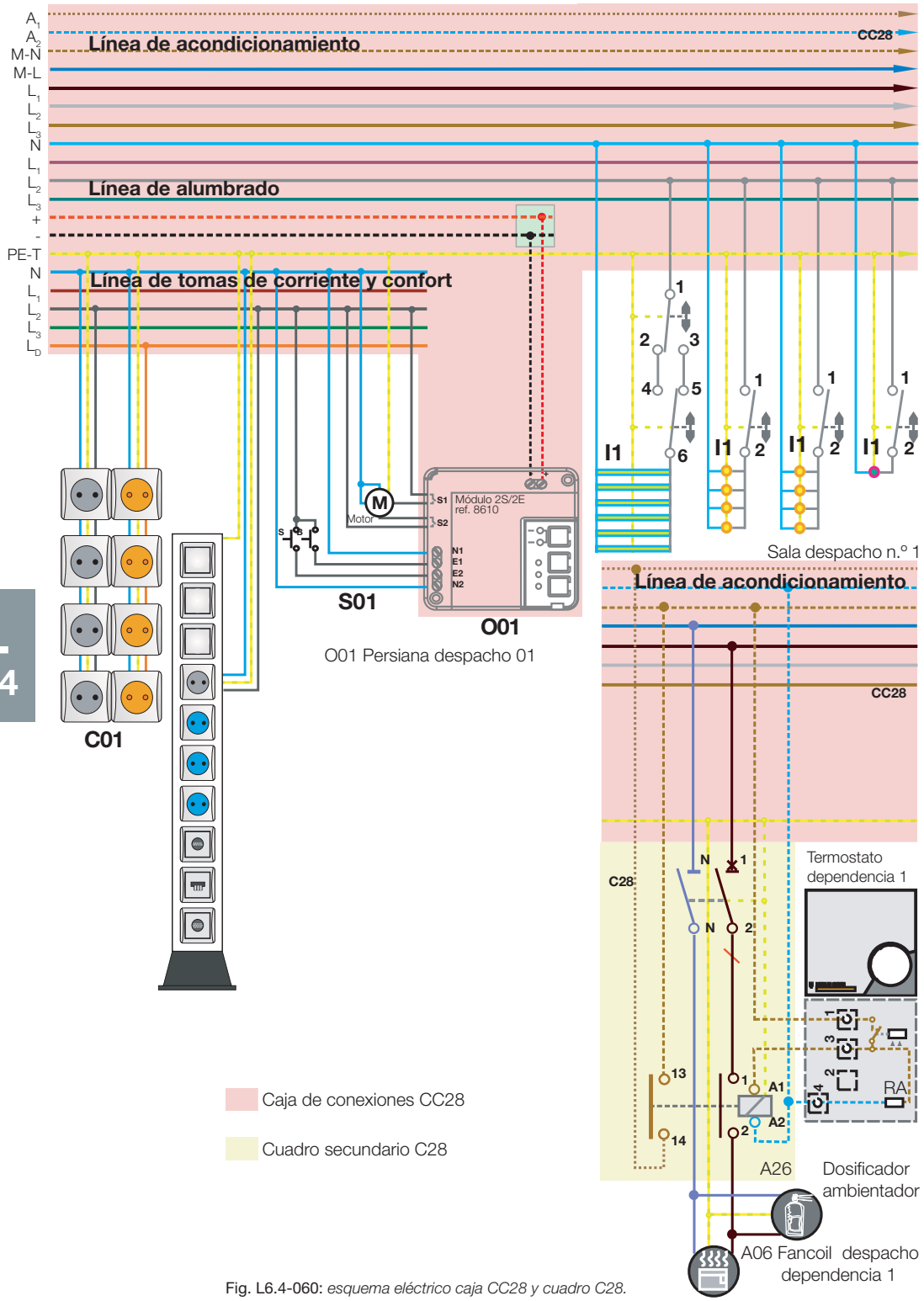


Fig. L6.4-060: *esquema eléctrico caja CC28 y cuadro C28.*

Clasificación de las cargas dependencia despacho 01							
Caja	**N.º CC28**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**1,9**		
A06	Fancoil S1	BB2	1 · 190	1,4	1,4		
A26	Fancoil S1	BB2	1 · 115	0,5	0,5		
I00	**Alumbrado**				**3,7**		
I01	Despacho S1	BB1	6 · 54	0,45	2,7		
			8 · 50	0,22	1,76		
			1 . 55	0,24	0,24		
C00	**Conectores, enchufes**				**2,0**		
C01	Despacho 1	BB1	4 · 5 A · 0,1	2	2		
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**				**0,5**		
O01	S01 Persiana	BB1	1 · 100	0,5	0,5		

Tabla L6.4-061: *cargas de la caja CC28.*

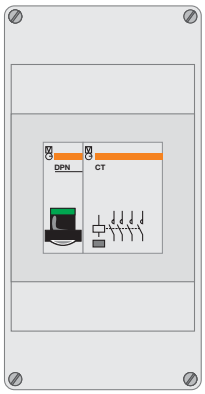


Fig. L6.4-062: *cuadro secundario C28.*

Dependencia n.º 02 despacho
Caja de conexiones CC27.
Cuadro secundario C27.

Clasificación de las cargas despacho 02							
Caja	**N.º CC27**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**					**1,9**	
A07	Fancoil S2	BB2	1 · 190	1,4		1,4	
A27	Fancoil S2	BB2	1 · 115	0,5		0,5	
I00	**Alumbrado**					**4,7**	
I02	Despacho S2	BB1	6 · 54	0,45		2,7	
			8 · 50	0,22		1,76	
			1 . 55	0,24		0,24	
C00	**Conectores, enchufes**					**2,0**	
C02	Despacho 2	BB1	4 · 5 A · 0,1	2		2	
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**					**0,5**	
O02	S02 Persiana	BB1	1 · 100	0,5		0,5	

Tabla L6.4-063: *cargas de la caja CC27.*

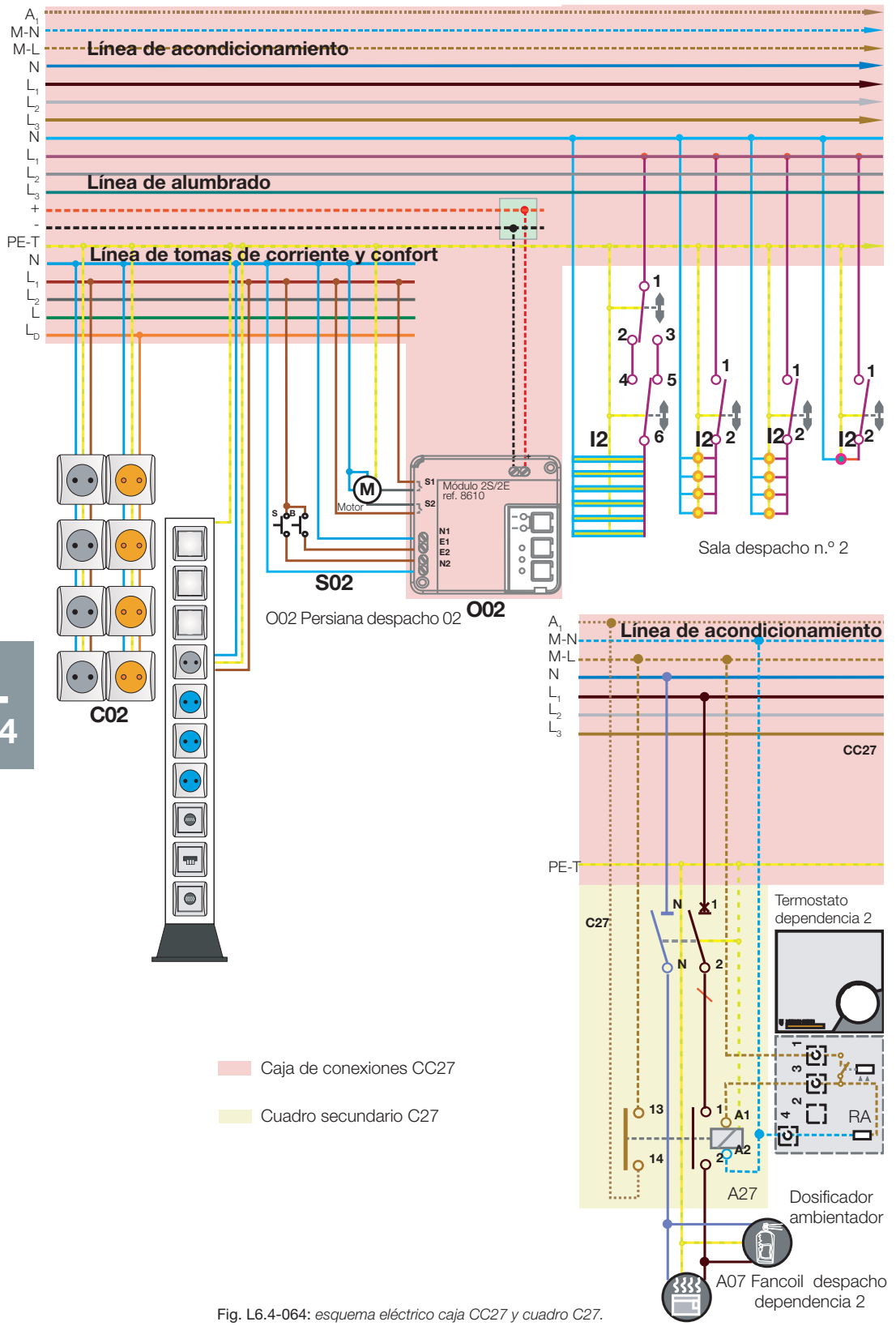


Fig. L6.4-064: *esquema eléctrico caja CC27 y cuadro C27.*

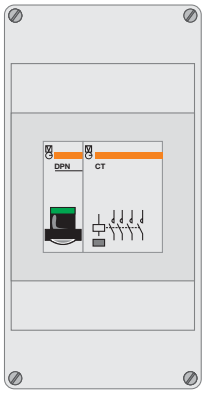
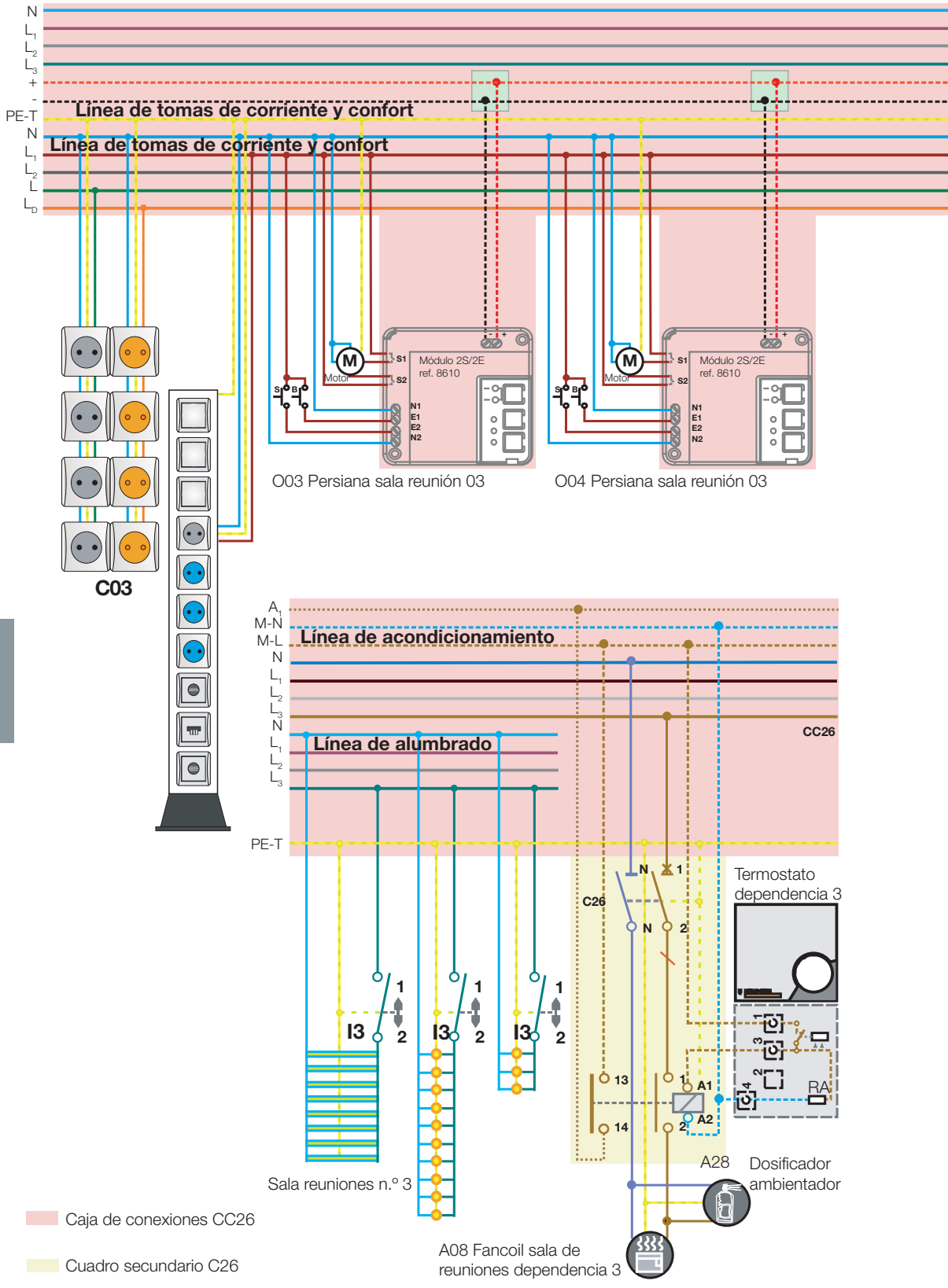


Fig. L6.4-065: *cuadro secundario C27.*

Dependencia n.º 03 despacho
Caja de conexiones CC26.
Cuadro secundario C26.

Clasificación de las cargas despacho 03							
Caja	**N.º CC26**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**						**2,9**
A08	Fancoil S3	BB2	1 · 255	2,4			2,4
A28	Fancoil S3	BB2	1 · 115	0,5			0,5
I00	**Alumbrado**						**6,46**
I03	Sala S3	BB1	8 · 54	0,45			3,6
			13 · 50	0,22			2,86
C00	**Conectores, enchufes**				**2,0**		
C03	Sala S3	BB1	4 · 5 A · 0,1	2	2		
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**				**2,6**		
O03	S03 Persiana	BB1	1 · 100	0,5	0,5		
O04	S03 Persiana	BB1	1 · 140	0,6	0,6		
O05	S03 Cortina	BB1	1 · 100	0,5	0,5		
O06	S03 Cortina	BB1	1 · 140	0,6	0,6		
O07	S03 Pantalla	BB1	1 · 80	0,4	0,4		

Tabla L6.4-066: *cargas de la caja CC26.*


N
L1
L2
L3
+
-
PE-T
Línea de tomas de corriente y confort
N
L1
L2
L
LD
Línea de tomas de corriente y confort
C03
M
Motor
S1
S2
Módulo 2S/2E
ref. 8610
N1
E1
E2
N2
O03 Persiana sala reunión 03
O04 Persiana sala reunión 03
A1
M-N
M-L
Línea de acondicionamiento
N
L1
L2
L3
CC26
Línea de alumbrado
N
L1
L2
L3
PE-T
C26
I3
Termostato
dependencia 3
RA
A28
Dosificador
ambientador
Sala reuniones n.º 3
A08 Fancoil sala de
reuniones dependencia 3
Caja de conexiones CC26
Cuadro secundario C26

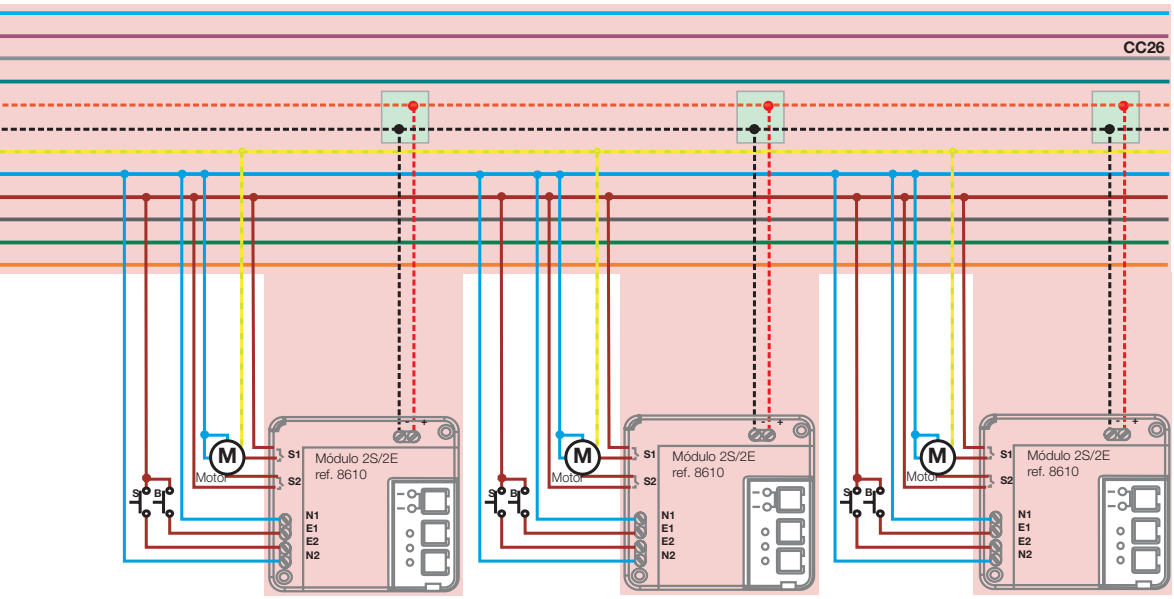


Fig. L6.4-067: *esquema eléctrico caja CC26 y cuadro C26.*

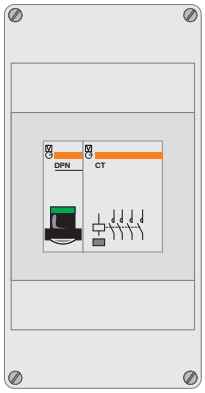


Fig. L6.4-068: *cuadro secundario C26.*

L
6.4

Dependencia n.º 04 sala de visitas

Caja de conexiones CC25.

Clasificación de las cargas sala de visitas 04							
Caja	**N.º CC25**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**					**2,23**	
II04	Sala S4	BB1	3 · 54	0,45		1,35	
			4 · 50	0,22		0,88	
C00	**Conectores, enchufes**				**1,5**		
C04	Sala S4	BB1	3 · 5 A · 0,1	1,5	1,5		
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**				**0,4**		
O08	S04 Persiana	BB1	1 · 80	0,4	0,4		

Tabla L6.4-069: *cargas de la caja CC25.*

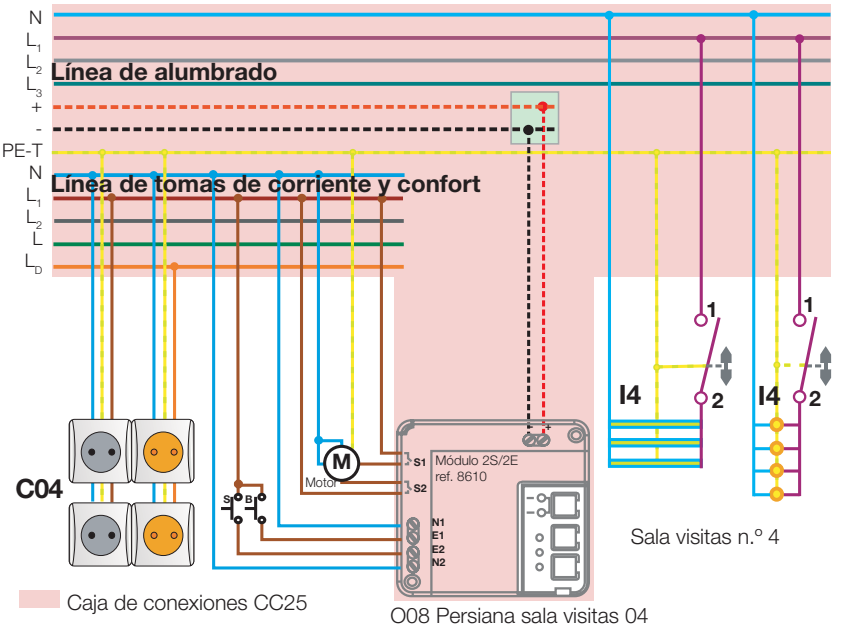


Fig. L6.4-070: *esquema eléctrico caja CC25.*

Dependencia n.º 05 sala de visitas
Caja de conexiones CC24.
Cuadro secundario C24.

Clasificación de las cargas sala de visitas 05							
Caja	**N.º CC24**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**					**4,1**	
A13	Fancoil-S28, 4 y 5	BB2	1 · 380	3,6		3,6	
A33	Fancoil S28, 4 y 5	BB2	1 · 115	0,5		0,5	
I00	**Alumbrado**					**2,23**	
I05	Sala S5	BB1	3 · 54	0,45		1,35	
			4 · 50	0,22		0,88	
C00	**Conectores, enchufes**					**1,5**	
C05	Sala S5	BB1	3 · 5 A · 0,1	1,5		1,5	
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**					**0,4**	
O09	S05 Persiana	BB1	1 · 80	0,4		0,4	

Tabla L6.4-071: *cargas de la caja CC24.*

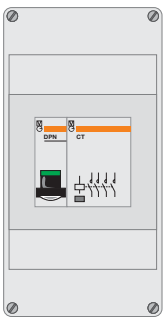
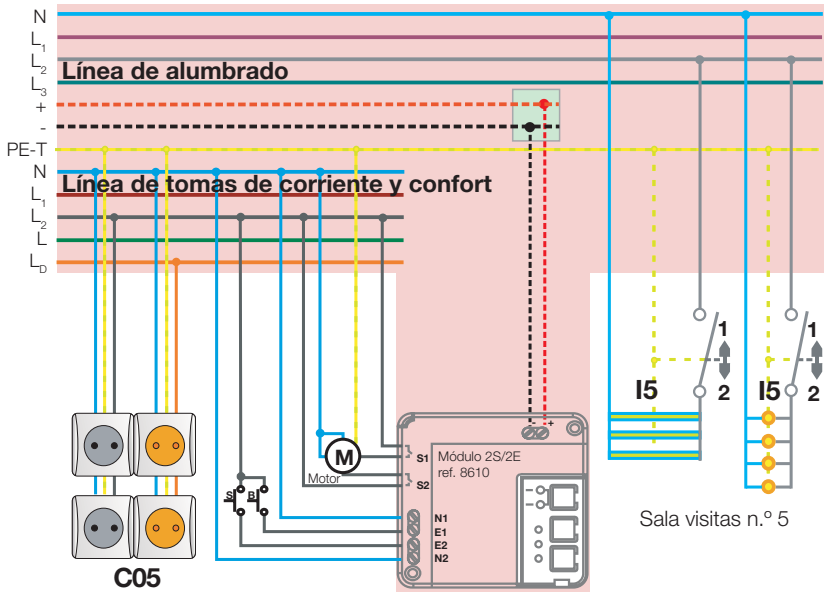


Fig. L6.4-072: *cuadro secundario C24.*



O09 Persiana sala visitas 05

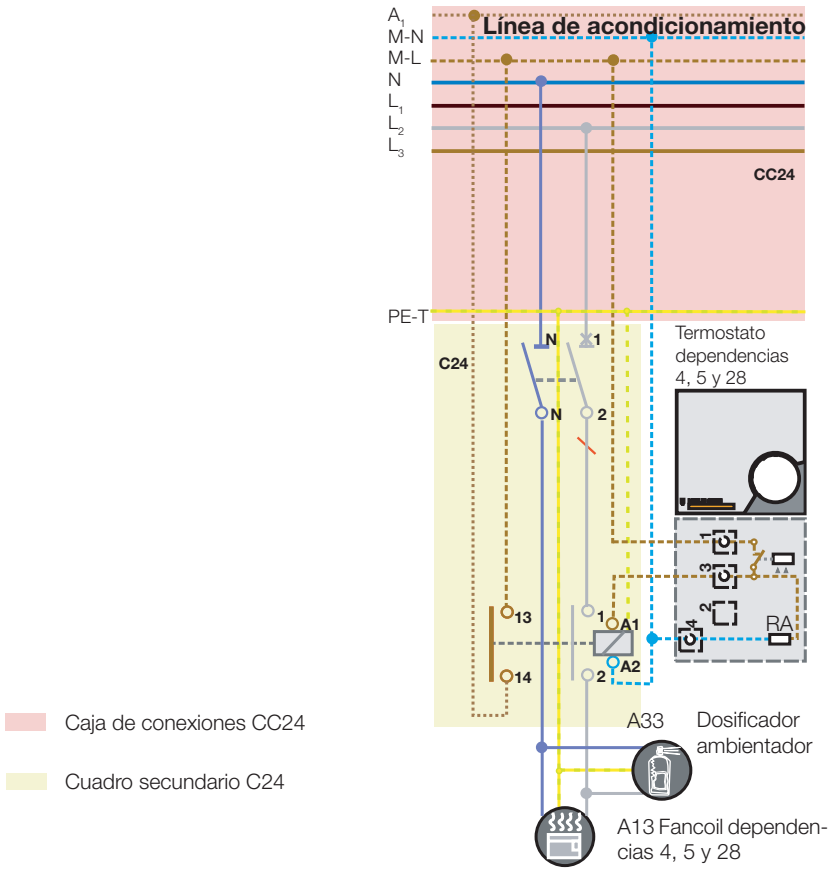
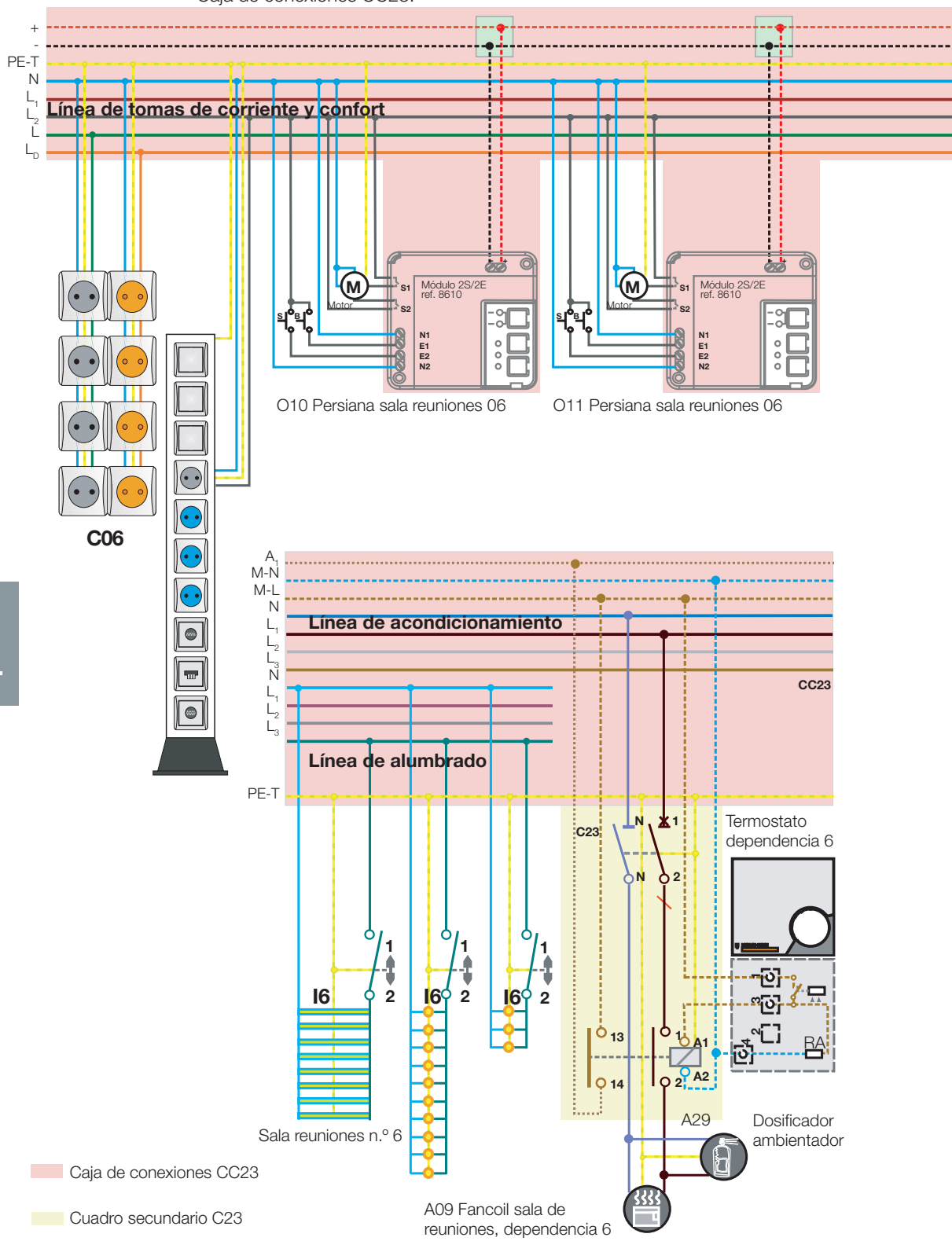


Fig. L6.4-073: *esquema eléctrico caja CC24.*

Dependencia n.º 06 sala de reuniones

Caja de conexiones CC23.



Cuadro secundario C23.

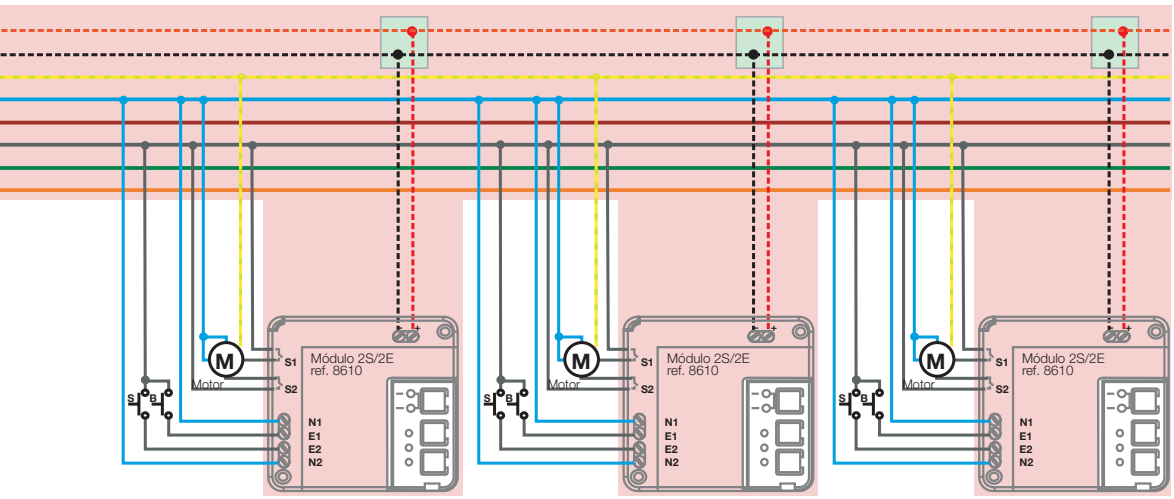


Fig. L6.4-074: *esquema eléctrico caja CC23 y cuadro C23.*

Clasificación de las cargas sala de reuniones 06							
Caja	**N.º CC23**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**2,9**		
A09	Fancoil S6	BB2	1 · 255	2,4	2,4		
A29	Fancoil S6	BB2	1 · 115	0,5	0,5		
I00	**Alumbrado**						**6,46**
I06	Sala S36	BB1	8 · 54	0,45			3,6
			13 · 50	0,22			2,86
C00	**Conectores, enchufes**					**2**	
C06	Sala S6	BB1	4 · 5 A · 0,1	2		2	
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**					**2,6**	
O10	S06 Persiana	BB1	1 · 100	0,5		0,5	
O11	S06 Persiana	BB1	1 · 140	0,6		0,6	
O12	S06 Cortina	BB1	1 · 100	0,5		0,5	
O13	S06 Cortina	BB1	1 · 140	0,6		0,6	
O14	S06 Pantalla	BB1	1 · 80	0,4		0,4	

Tabla L6.4-075: *cargas de la caja CC23.*

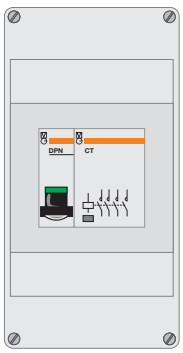
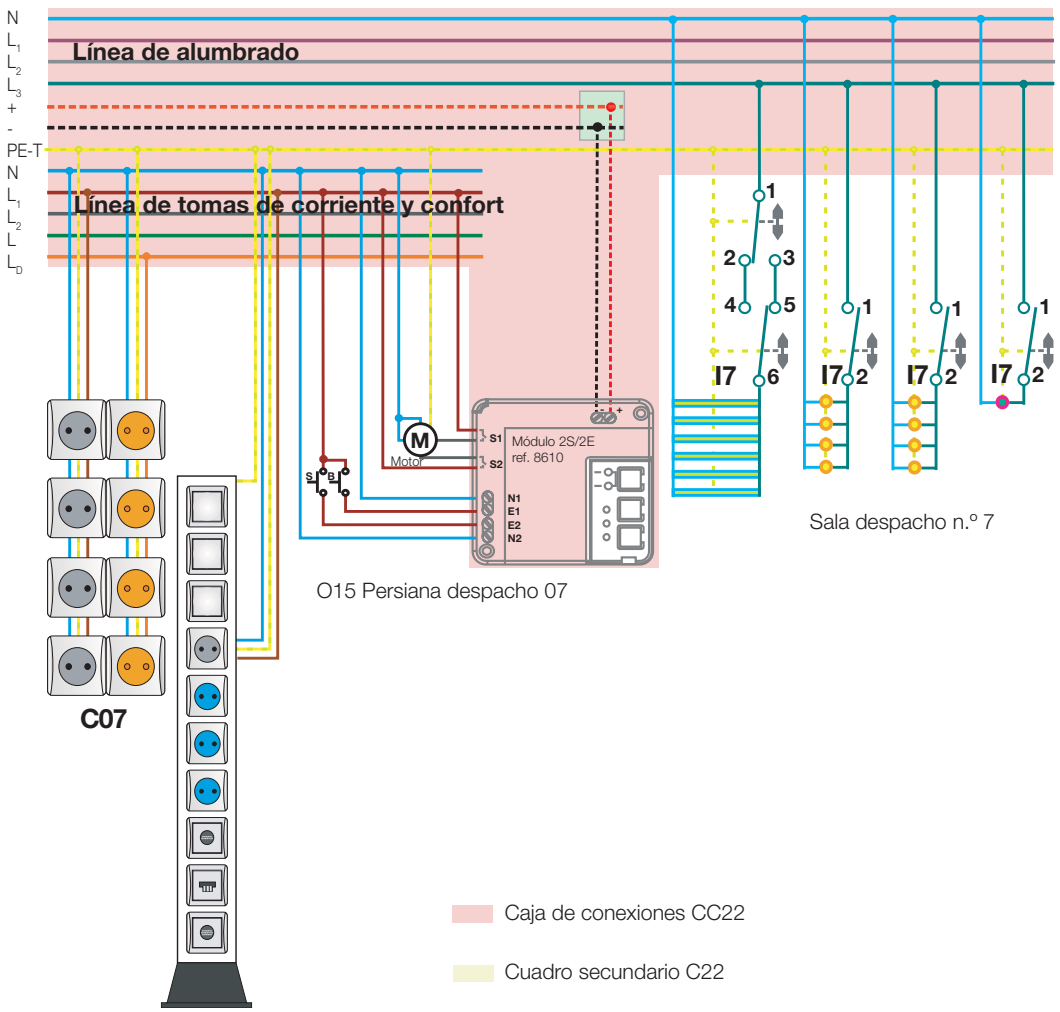


Fig. L6.4-076: *cuadro secundario C23.*

Dependencia n.º 07 despacho
Caja de conexiones CC22.
Cuadro secundario C22.

Clasificación de las cargas despacho 07							
Caja	**N.º CC22**	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**					**1,9**	
A10	Fancoil S7	BB2	1 · 190	1,4		1,4	
A30	Fancoil S7	BB2	1 · 115	0,5		0,5	
I00	**Alumbrado**						**4,70**
I07	Despacho S7	BB1	6 · 54	0,45			2,7
			8 · 50	0,22			1,76
			1 . 55	0,24			0,24
C00	**Conectores, enchufes**				**2**		
C07	Despacho 7	BB1	4 · 5 A · 0,1	2	2		
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**				**0,5**		
O15	S07 Persiana	BB1	1 · 100	0,5	0,5		

Tabla L6.4-077: *cargas de la caja CC22.*



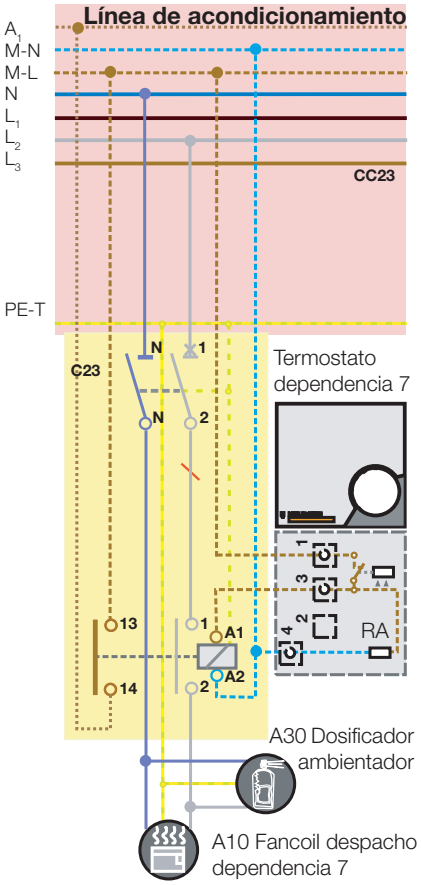


Fig. L6.4-078: *esquema eléctrico caja CC22 y cuadro C22.*

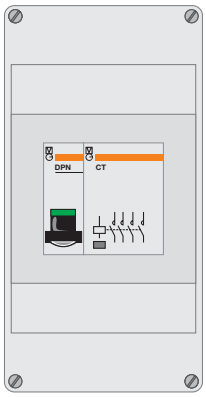


Fig. L6.4-079: *cuadro secundario C22.*

Dependencia n.º 08 vestidor

Caja de conexiones CC21.

Cuadro secundario C21.

Clasificación de las cargas vestidor 08							
Caja	**N.º CC21**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**					**0,9**	
I08	Vestuario H8	BB1	2 · 54	0,45		0,9	
C00	**Conectores, enchufes**					**1**	
C08	Vestuario H S8	BB1	2 · 5 A · 0,1	1		1	
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**					**0,4**	
O16	S08 Persiana	BB1	1 · 80	0,4		0,4	

Tabla L6.4-080: *cargas de la caja CC21.*

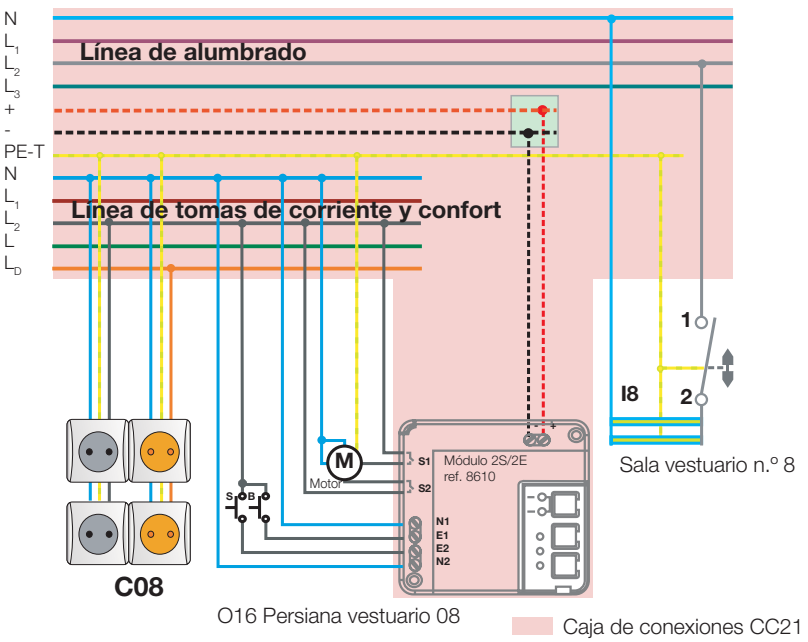


Fig. L6.4-081: *esquema eléctrico caja CC21.*

Dependencia n.º 09 vestidor

Caja de conexiones CC20.

Cuadro secundario C20.

Clasificación de las cargas vestidor 09							
Caja	**N.º CC20**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**4,1**		
A14	Fancoil S28, 8 y 9	BB2	1 · 380	3,6	3,6		
A34	Fancoil S28, 8 y 9	BB2	1 · 115	0,5	0,5		
I00	**Alumbrado**				**0,9**		
I09	Vestuario M9	BB1	2 · 54	0,45	0,9		
C00	**Conectores, enchufes**						**1**
C09	Vestuario M S9	BB1	2 · 5 A · 0,1	1			1
			2 · 5 A · 0,05	0,5			

Tabla L6.4-082: *cargas de la caja CC20.*

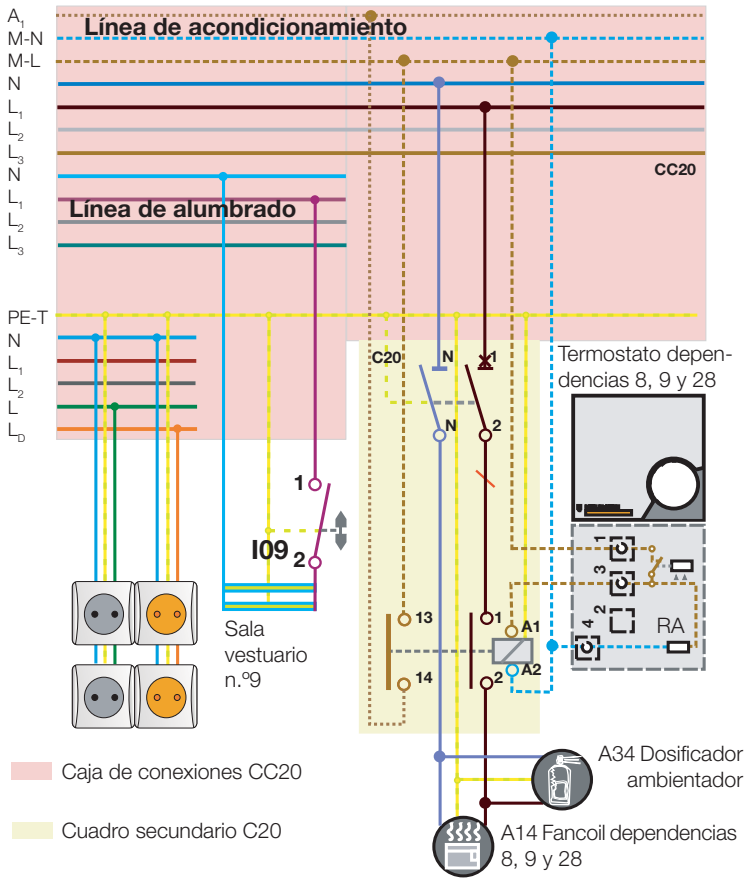


Fig. L6.4-083: *esquema eléctrico caja CC20.*

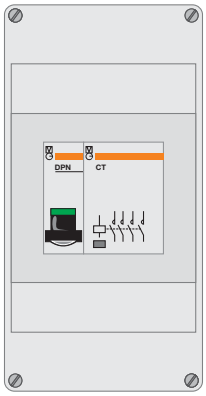


Fig. L6.4-084: *cuadro secundario C20.*

Dependencia n.º 10 pasillo
Caja de conexiones CC19.
Cuadro secundario C19.

Clasificación de las cargas del pasillo 10							
Caja	**N.º CC19**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
R00	**Renovación de aire**					**1,4**	
R02	Ex. 2.º, planta 1.ª	BB1	1 · 190	1,4		1,4	
I00	**Alumbrado**				**1,8**		
I10	Pasillo 10	BB1	4 · 54	0,45	1,8		
C00	**Conectores, enchufes**				**1**		
C10	Pasillo S10	BB1	2 · 5 A · 0,1	1	1		
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**				**0,4**		
O17	S10 Persiana	BB1	1 · 80	0,4	0,4		

Tabla L6.4-085: *cargas de la caja CC19.*

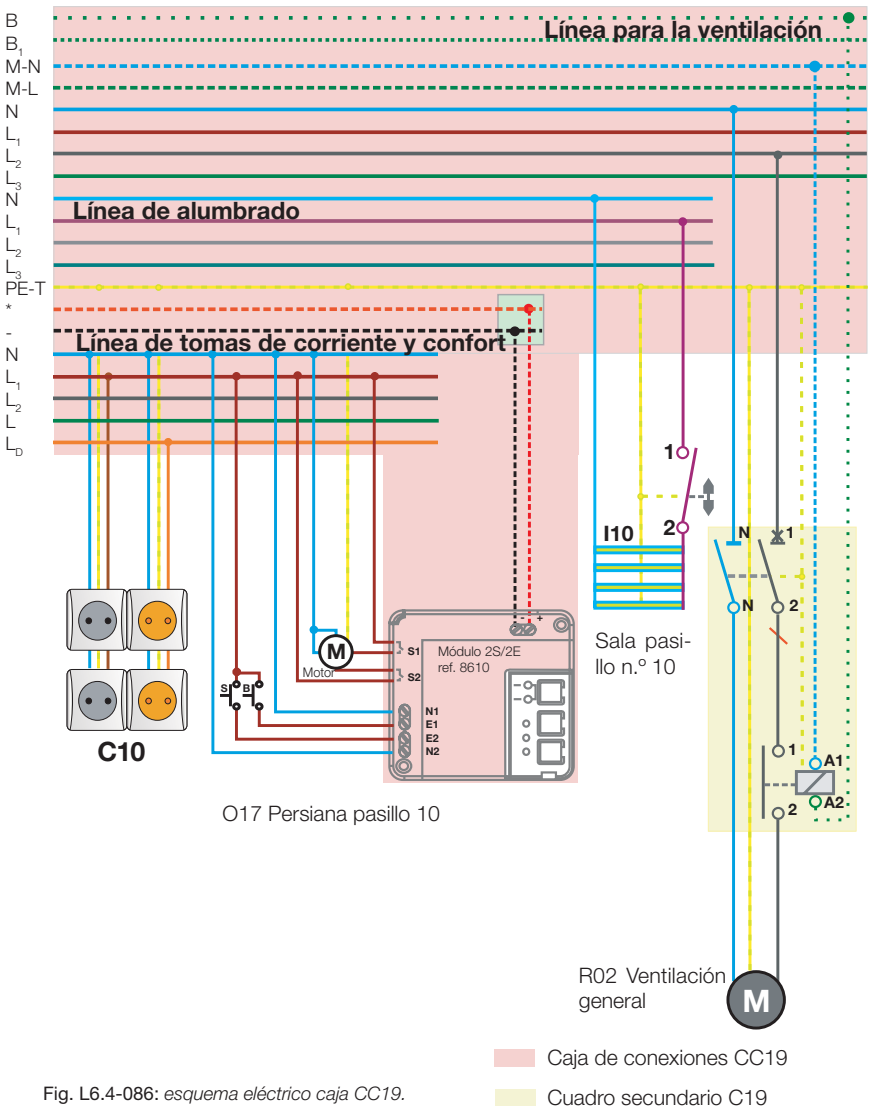


Fig. L6.4-086: *esquema eléctrico caja CC19.*

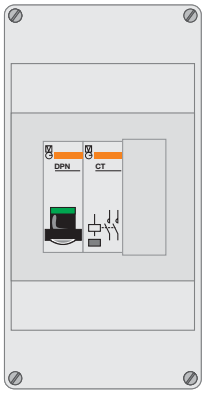


Fig. L6.4-087: *cuadro secundario C19.*

Dependencia n.º 11 servicio
Caja de conexiones CC18.
Cuadro secundario C18.

Clasificación de las cargas del servicio 11							
Caja	**N.º CC18**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**						**1,9**
A11	Fancoil S11 y 12	BB2	1 · 190	1,4			1,4
A31	Fancoil S11 y 12	BB2	1 · 115	0,5			0,5
R00	**Renovación de aire**						**1,6**
R04	Ex. Servicios 1.º	BB2	1 · 225	1,6			1,6
I00	**Alumbrado**				**1,1**		
I11	Servicio H11	BB1	5 · 50	0,22	1,1		
C00	**Conectores, enchufes**					**1**	
C11	Servicio H S11	BB2	2 · 5 A · 0,1	1		1	
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
E00	**Electrodomésticos**					**1,3**	
E01	Dispensador 11	BB2	1 · 300	1,3		1,3	

Tabla L6.4-088: *cargas de la caja CC18.*

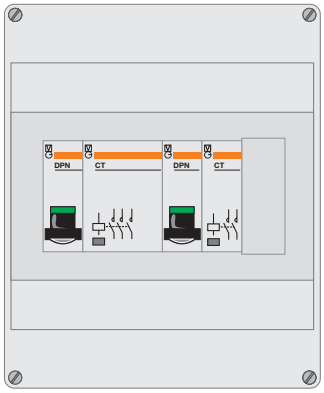


Fig. L6.4-089: *cuadro secundario C18.*

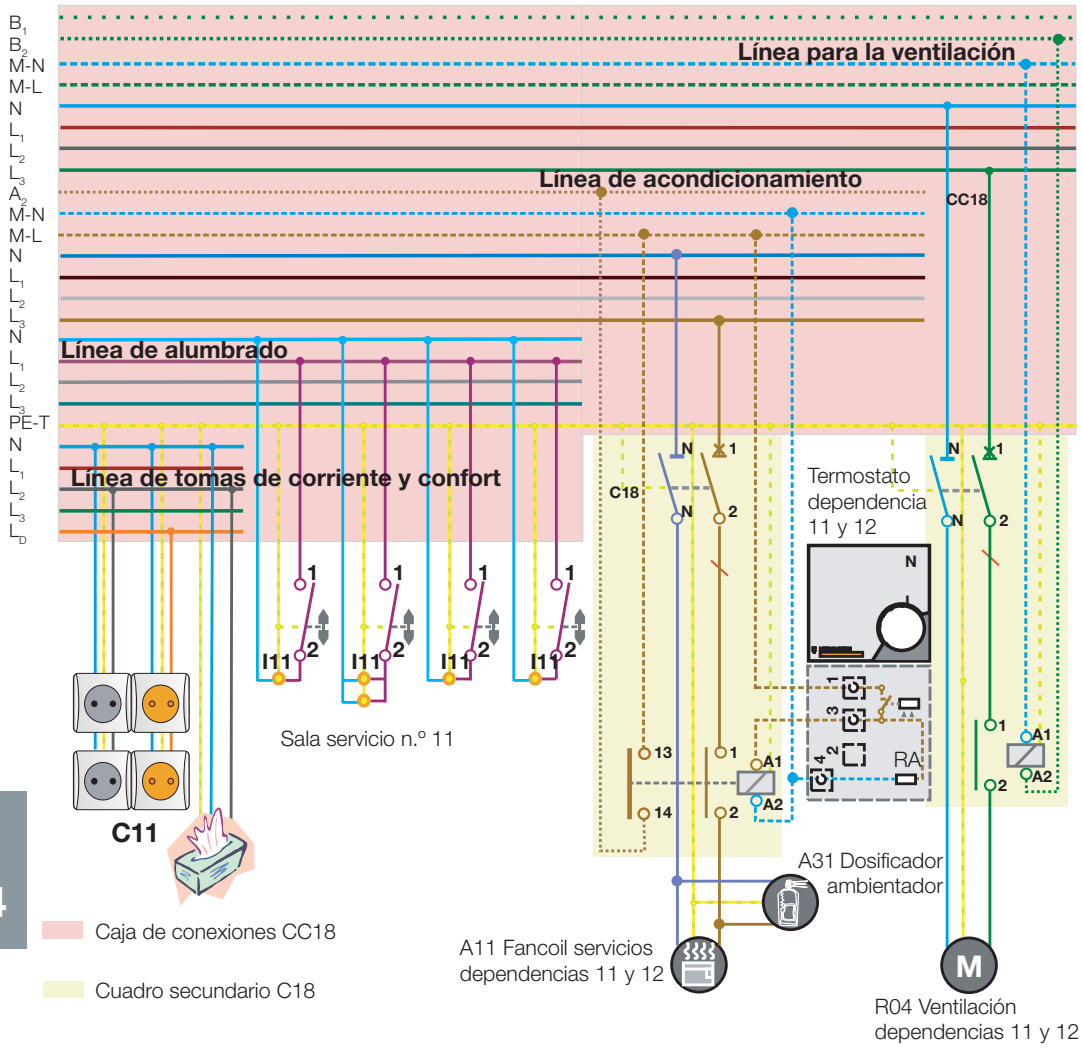


Fig. L6.4-090: *esquema eléctrico caja CC18.*

Dependencia n.º 12 servicio
Caja de conexiones CC17.
Cuadro secundario C17.

Clasificación de las cargas del servicio 12							
Caja	**N.º CC17**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**1,1**
I12	Servicio M12	BB1	5 · 50	0,22			1,1
00	**Conectores, enchufes**						**1**
C12	Servicio M S12	BB2	2 · 5 A · 0,1	1			1
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
E00	**Electrodomésticos**						**1,3**
E02	Dispensador 12	BB2	1 · 300	1,3			1,3

Tabla L6.4-091: *cargas de la caja CC17.*

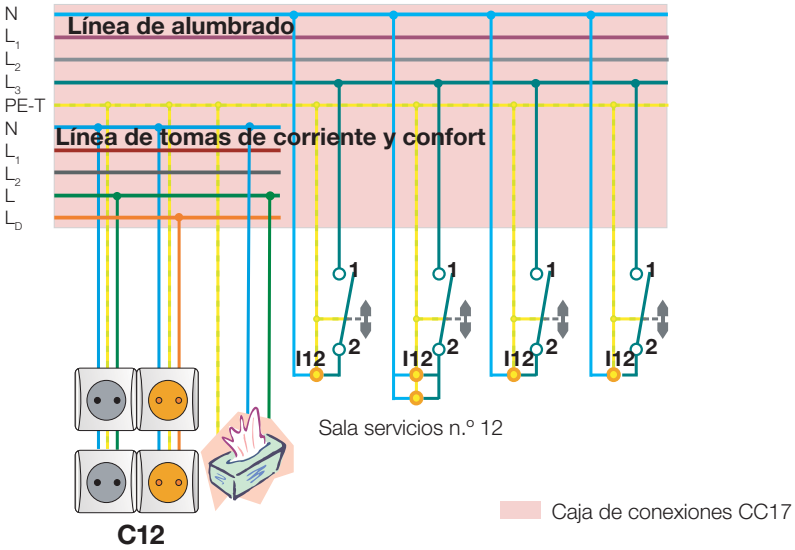


Fig. L6.4-092: *esquema eléctrico caja CC17.*

Dependencia n.º 28 oficina central I

Caja de conexiones CC16.

Cuadro secundario C16.

Clasificación de las cargas oficina central I							
Caja	**N.º CC16**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**					**14,08**	
I28	Despacho S28	BB1	16 · 54	0,45		7,2	
			28 · 50	0,22		6,16	
			3 . 55	0,24		0,72	
C00	**Conectores, enchufes**					**5,5**	**13**
C28	Despacho 25	BB1	11 · 5 A · 0,1	5,5		5,5	
			8 · 5 A ·0,05	2			
	Fotocopiadora		1 · 3000	13			13

Tabla L6.4-093: *cargas de la caja CC16.*

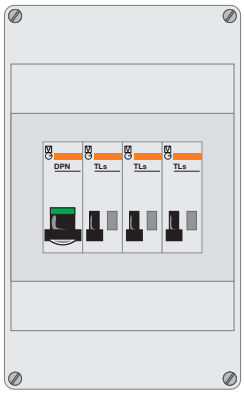


Fig. L6.4-094: *cuadro secundario C16.*

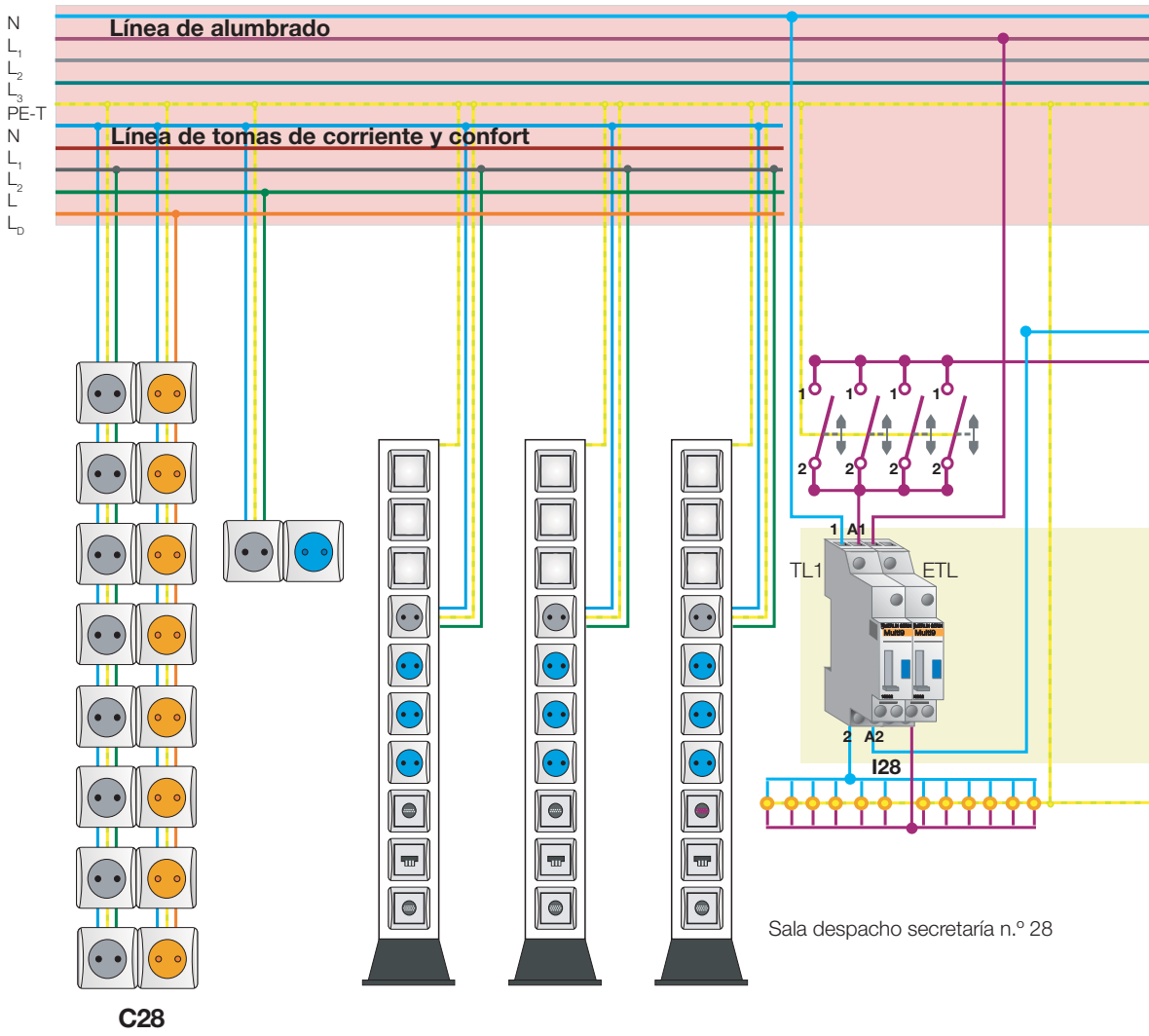
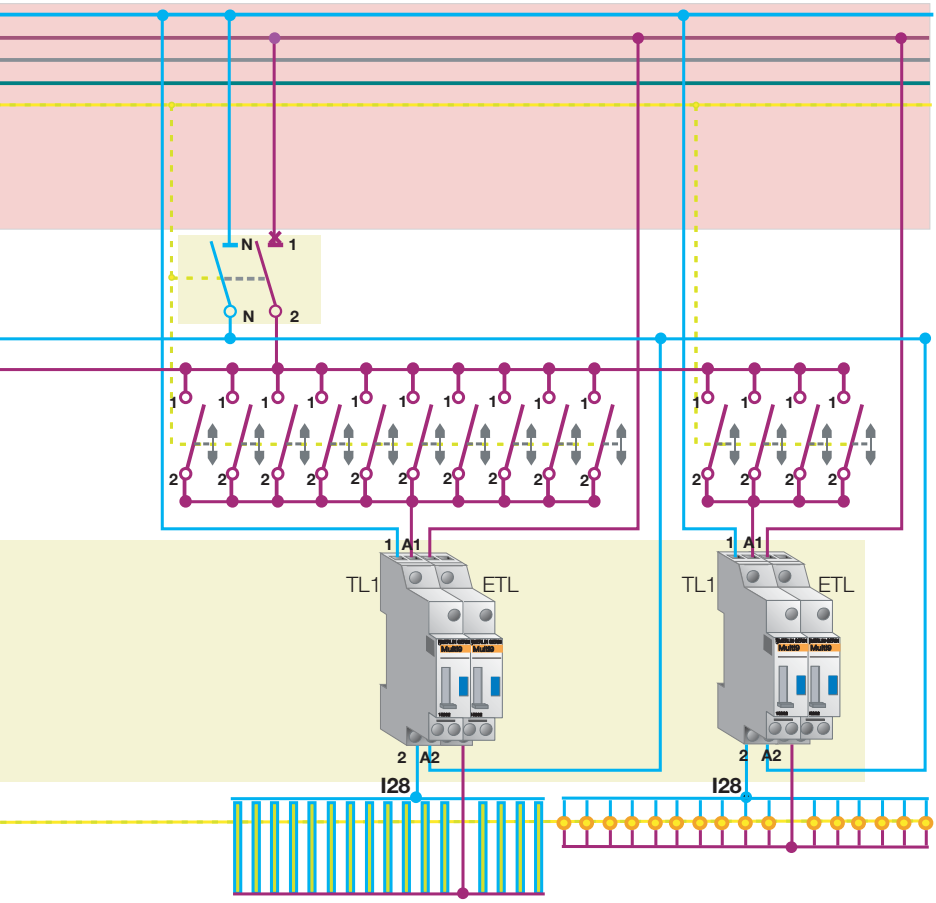


Fig. L6.4-095: *esquema eléctrico caja CC16.*

Dependencia n.º 26 recepción
Caja de conexiones CC15.
Cuadro secundario C15.

Clasificación de las cargas recepción 26							
Caja	**N.º CC15**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**					**1,9**	**1,9**
A15	Fancoil S26 y 27	BB2	1 · 190	1,4			1,4
A16	Fancoil S26 y 27	BB2	1 · 190	1,4		1,4	
A35	Fancoil S26 y 27	BB2	1 · 115	0,5			0,5
A36	Fancoil S26 y 27	BB2	1 · 115	0,5		0,5	
I00	**Alumbrado**				**6,46**		
I26	Vestíbulo S26	BB1	8 · 54	0,45	3,6		
			13 · 50	0,22	2,86		



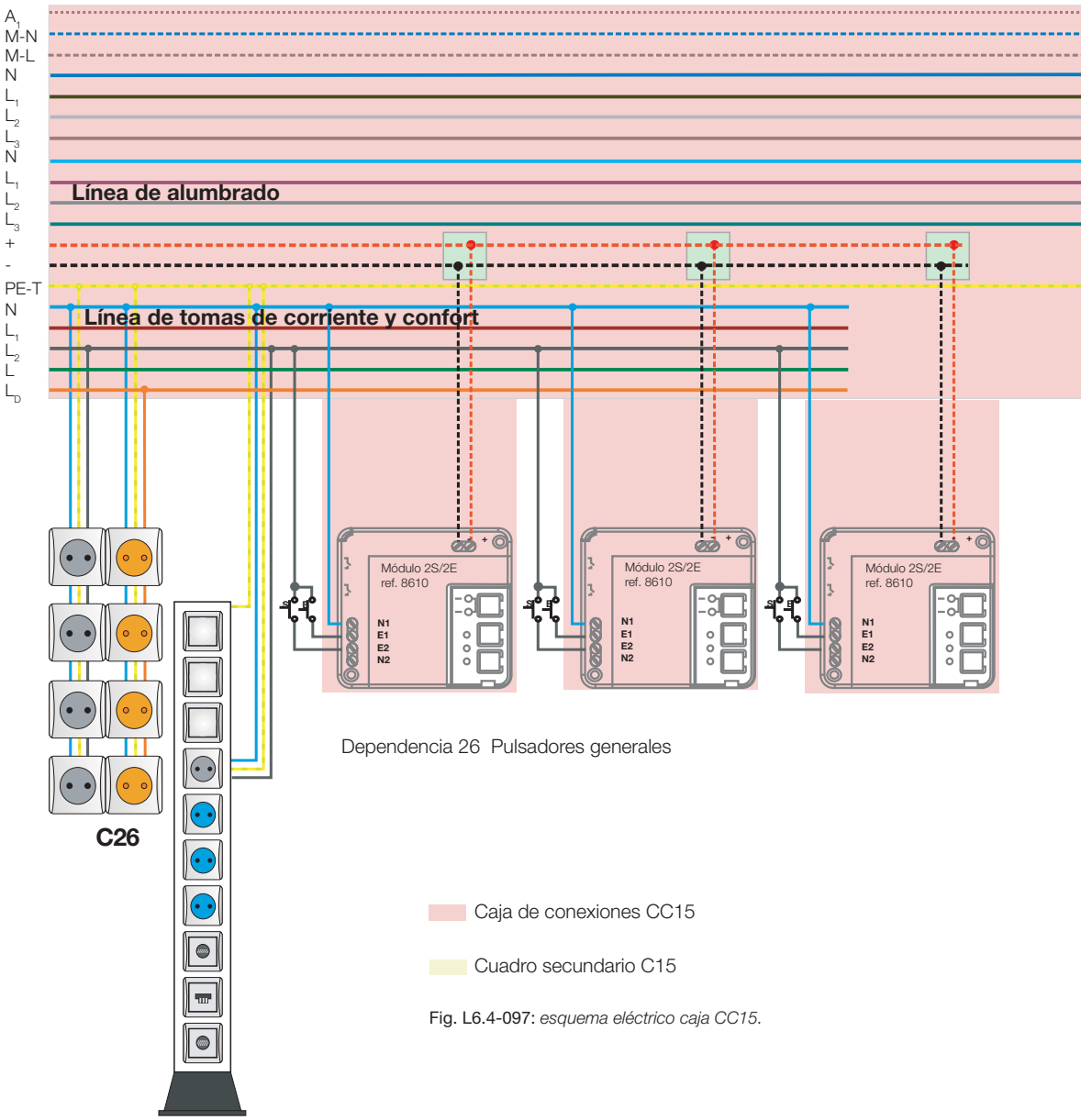
Sala despacho secretaría n.º 28

Caja de conexiones CC16

Cuadro secundario C16

Clasificación de las cargas							
Caja	**N.º CC15**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
C00	**Conectores, enchufes**					**2,5**	
C26	Despacho 26	BB1	4 · 5 A · 0,1	2		2	
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
	Cadena HI-FI		1 · 100	0,4		0,4	
	Radio		1 · 25	0,1		0,1	

Tabla L6.4-096: *cargas de la caja CC15.*



Dependencia 26 Pulsadores generales

Caja de conexiones CC15

Cuadro secundario C15

Fig. L6.4-097: *esquema eléctrico caja CC15.*

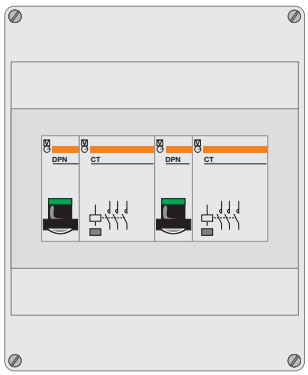
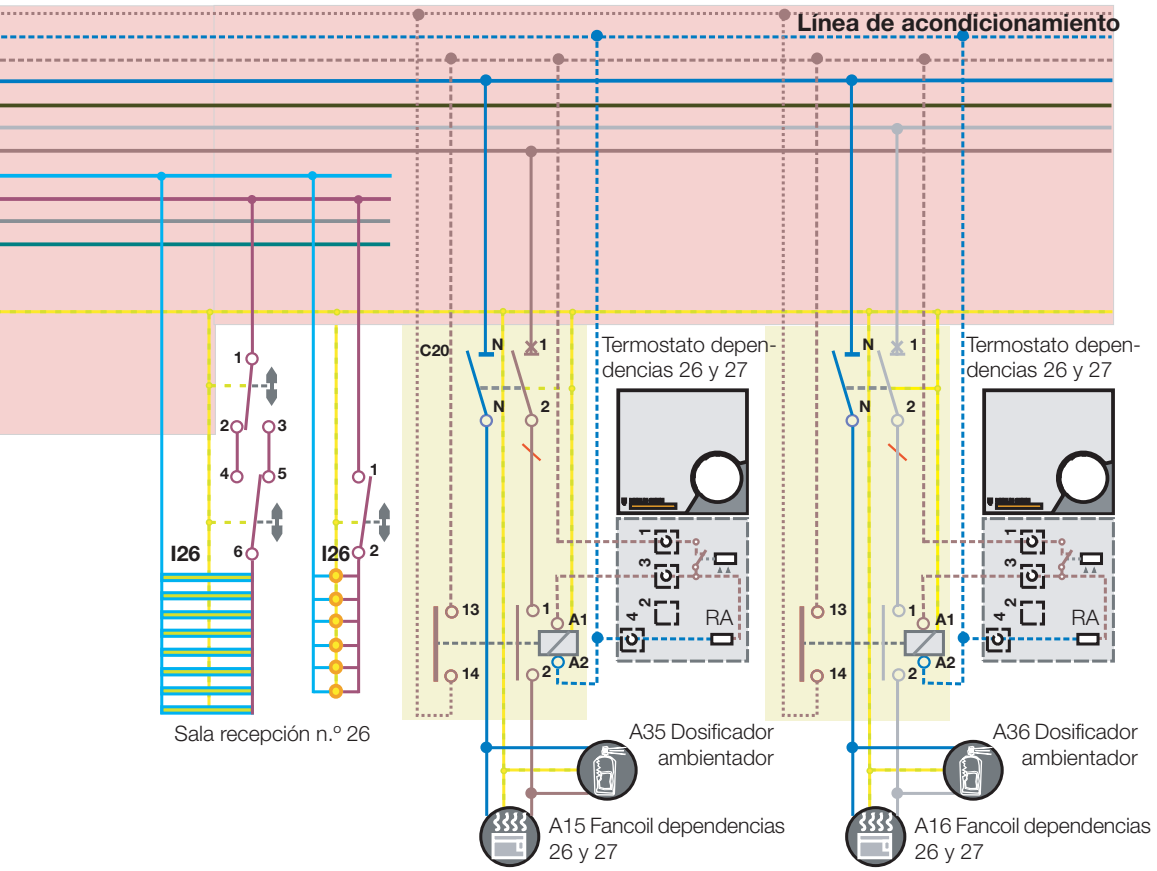


Fig. L6.4-098: *cuadro secundario C15.*



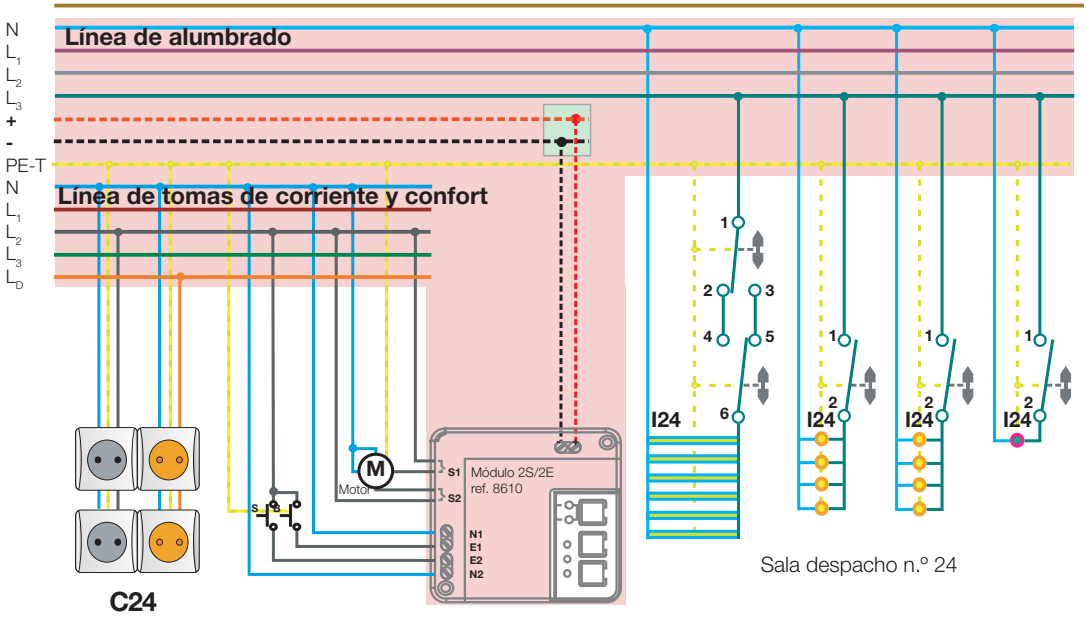
Dependencia n.º 24 despacho

Caja de conexiones CC14.

Cuadro secundario C14.

Clasificación de las cargas despacho 24							
Caja	**N.º CC14**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**1,9**		
A23	Fancoil S24	BB2	1 · 190	1,4	1,4		
A41	Fancoil S24	BB2	1 · 115	0,5	0,5		
I00	**Alumbrado**						**4,7**
I24	Despacho S24	BB1	6 · 54	0,45			2,7
			8 · 50	0,22			1,76
			1 · 55	0,24			0,24
C00	**Conectores, enchufes**					**2**	
C24	Despacho 24	BB1	4 · 5 A · 0,1	2		2	
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**					**0,5**	
O35	S24 Persiana	BB1	1 · 100	0,5		0,5	

Tabla L6.4-099: *cargas de la caja CC14.*



O35 Persiana despacho 24

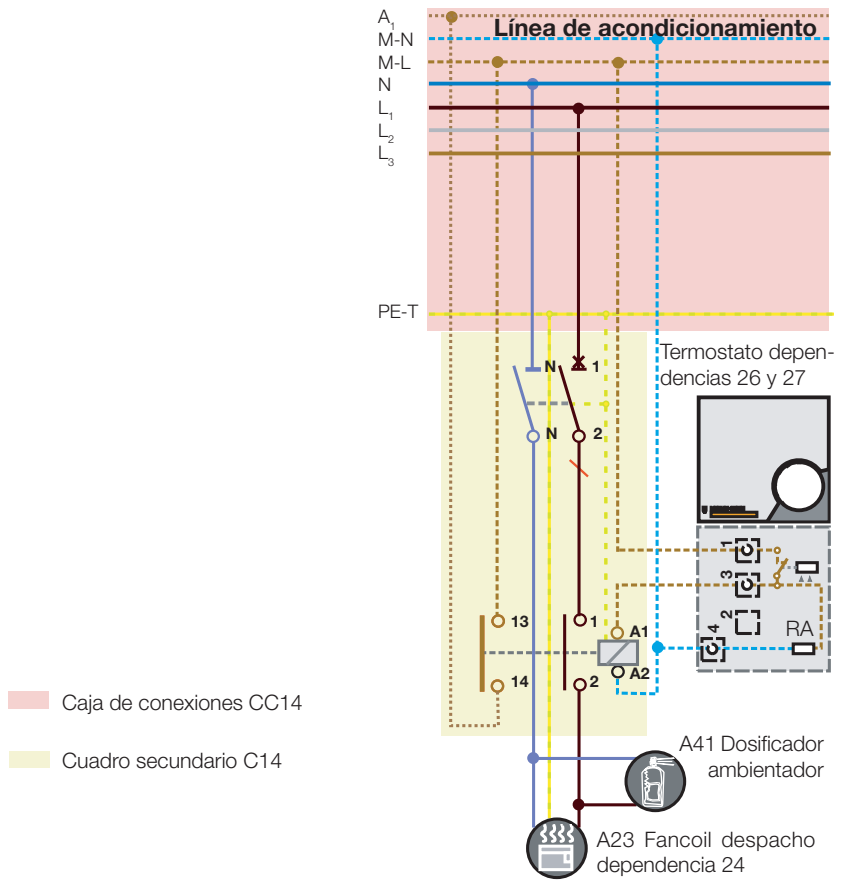


Fig. L6.4-100: *esquema eléctrico caja CC14.*

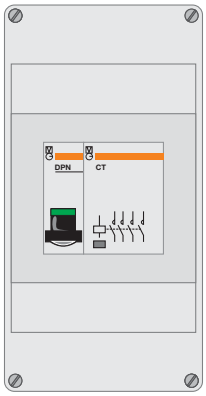


Fig. L6.4-101: *cuadro secundario C14.*

Dependencia n.º 23 despacho
Caja de conexiones CC13.
Cuadro secundario C13.

Clasificación de las cargas despacho 23							
Caja	**N.º CC13**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**						**1,9**
A22	Fancoil S24	BB2	1 · 190	1,4			1,4
A40	Fancoil S24	BB2	1 · 115	0,5			0,5
I00	**Alumbrado**					**4,7**	
I23	Despacho S24	BB1	6 · 54	0,45		2,7	
			8 · 50	0,22		1,76	
			1 . 55	0,24		0,24	
C00	**Conectores, enchufes**					**2**	
C23	Despacho 24	BB1	4 · 5 A · 0,1	2		2	
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**					**0,5**	
O34	S23 Persiana	BB1	1 · 100	0,5		0,5	

Tabla L6.4-102: *cargas de la caja CC13.*

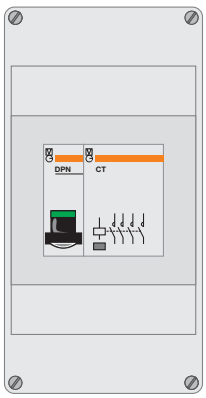


Fig. L6.4-103: *cuadro secundario C13.*

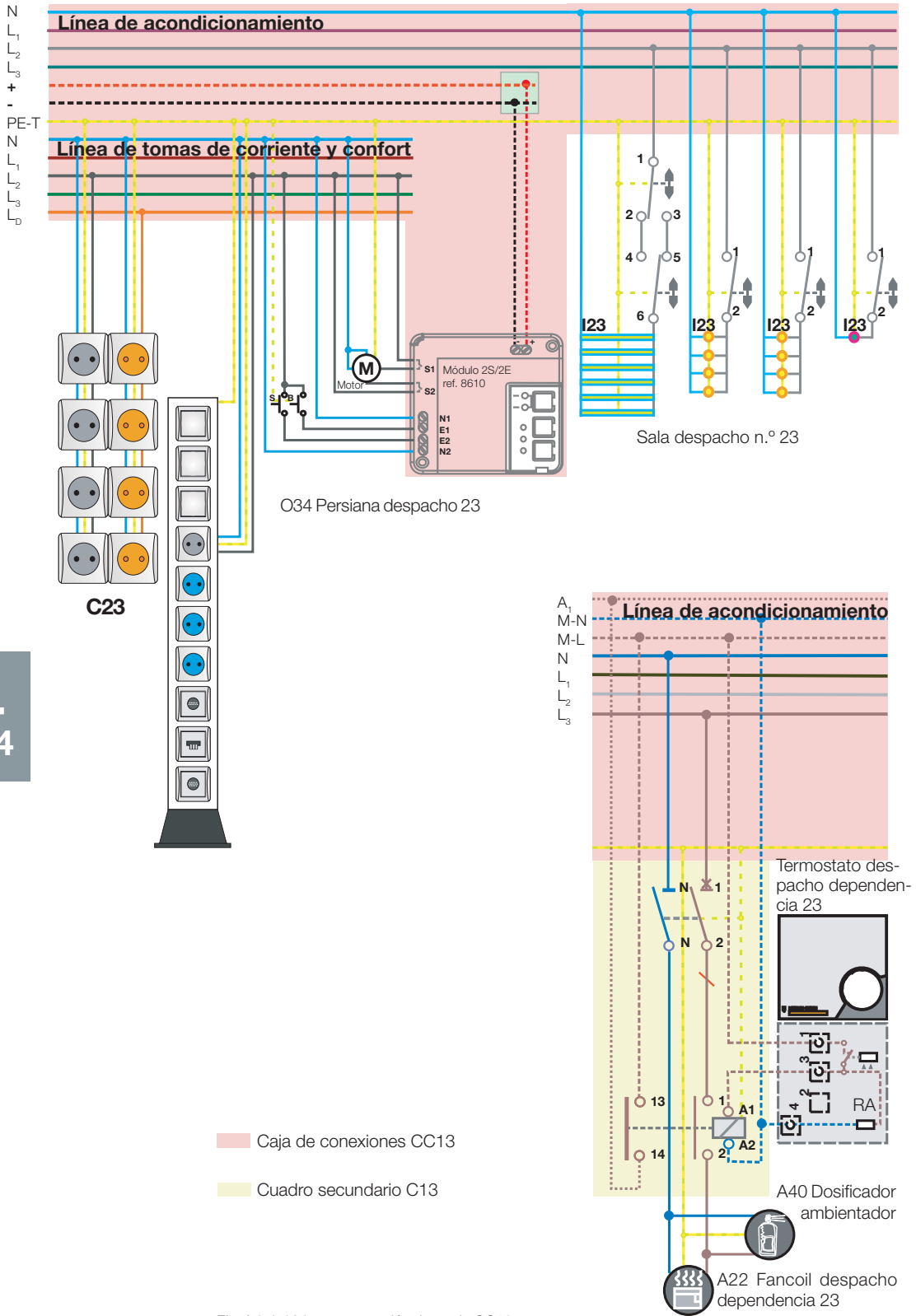


Fig. L6.4-104: *esquema eléctrico caja CC13.*

Dependencia n.º 22 sala de reuniones

Caja de conexiones CC12.

Cuadro secundario C12.

Clasificación de las cargas sala de reuniones 22							
Caja	**N.º CC12**	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**2,9**		
A21	Fancoil S22	BB2	1 · 255	2,4	2,4		
A39	Fancoil S22	BB2	1 · 115	0,5	0,5		
I00	**Alumbrado**						**6,46**
I22	Sala S22	BB1	8 · 54	0,45			3,6
			13 · 50	0,22			2,86
C00	**Conectores, enchufes**				**2**		
C22	Sala S22	BB1	4 · 5 A · 0,1	2	2		
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**				**2,6**		
O29	S22 Persiana	BB1	1 · 100	0,5	0,5		
O30	S22 Persiana	BB1	1 · 140	0,6	0,6		
O31	S22 Cortina	BB1	1 · 100	0,5	0,5		
O32	S22 Cortina	BB1	1 · 140	0,6	0,6		
O33	S22 Pantalla	BB1	1 · 80	0,4	0,4		

Tabla L6.4-105: *cargas de la caja CC12.*

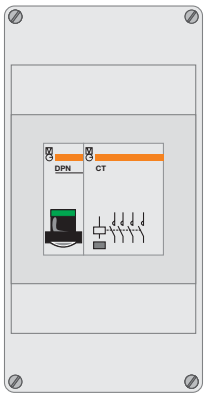


Fig. L6.4-106: *cuadro secundario C12.*

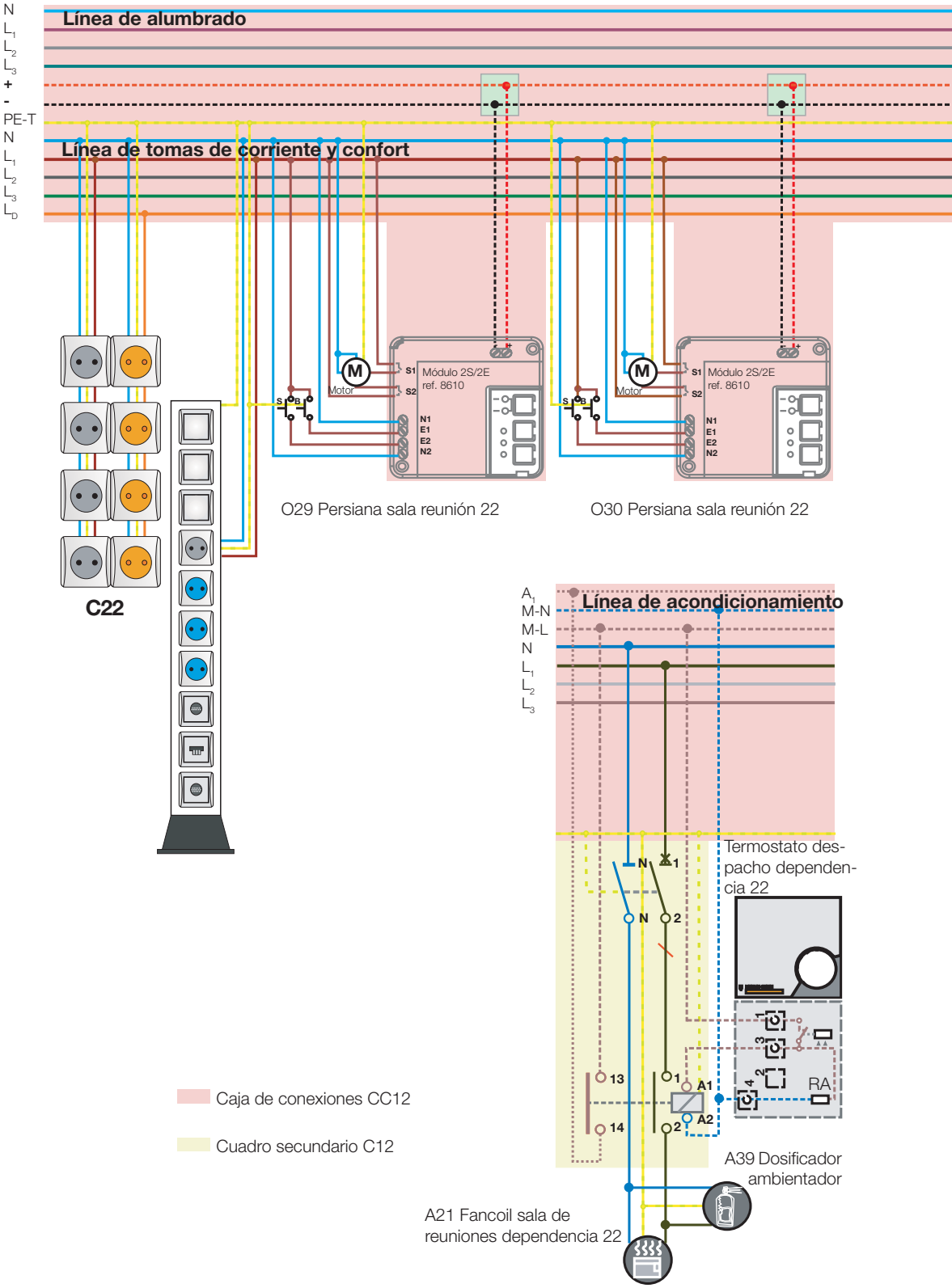
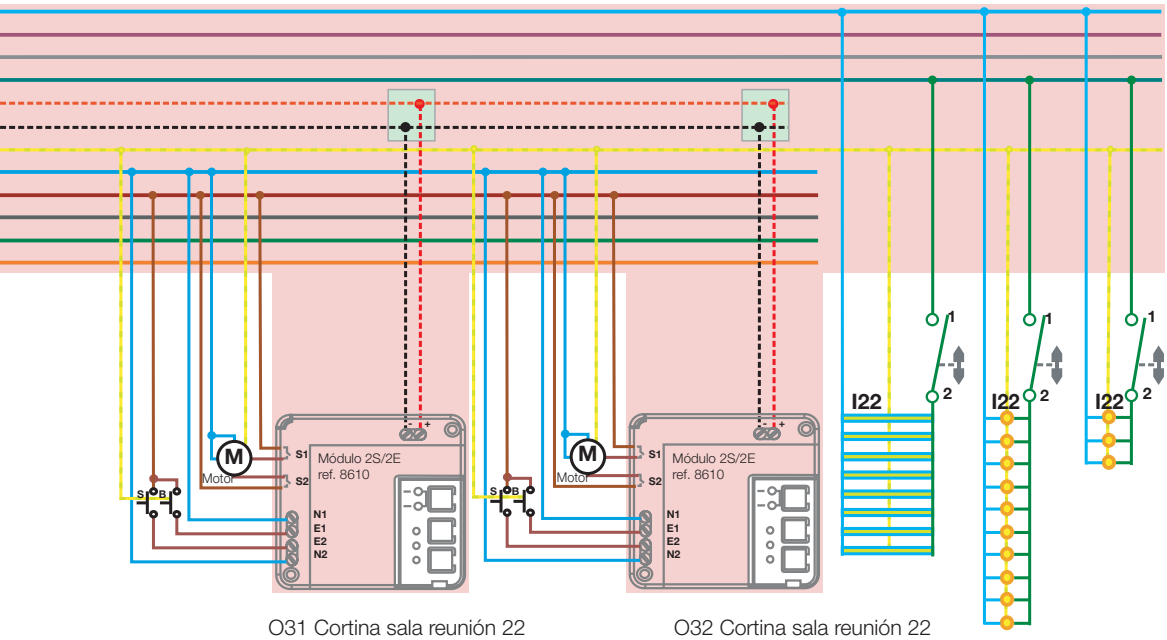


Fig. L6.4-107: *esquema eléctrico caja CC12 y cuadro C12.*



O31 Cortina sala reunión 22

O32 Cortina sala reunión 22

Sala reuniones n.º 22

Dependencia n.º 21 sala de visitas

Caja de conexiones CC11.

Cuadro secundario C11.

Clasificación de las cargas							
Caja	**N.º CC11**	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**2,23**
I21	Sala S21	BB1	3 · 54	0,45			1,35
			4 · 50	0,22			0,88
C00	**Conectores, enchufes**						**1,5**
C21	Sala S21	BB1	3 · 5 A · 0,1	1,5			1,5
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**						**0,4**
O28	S21 Persiana	BB1	1 · 80	0,4			0,4

Tabla L6.4-108: *cargas de la caja CC11.*

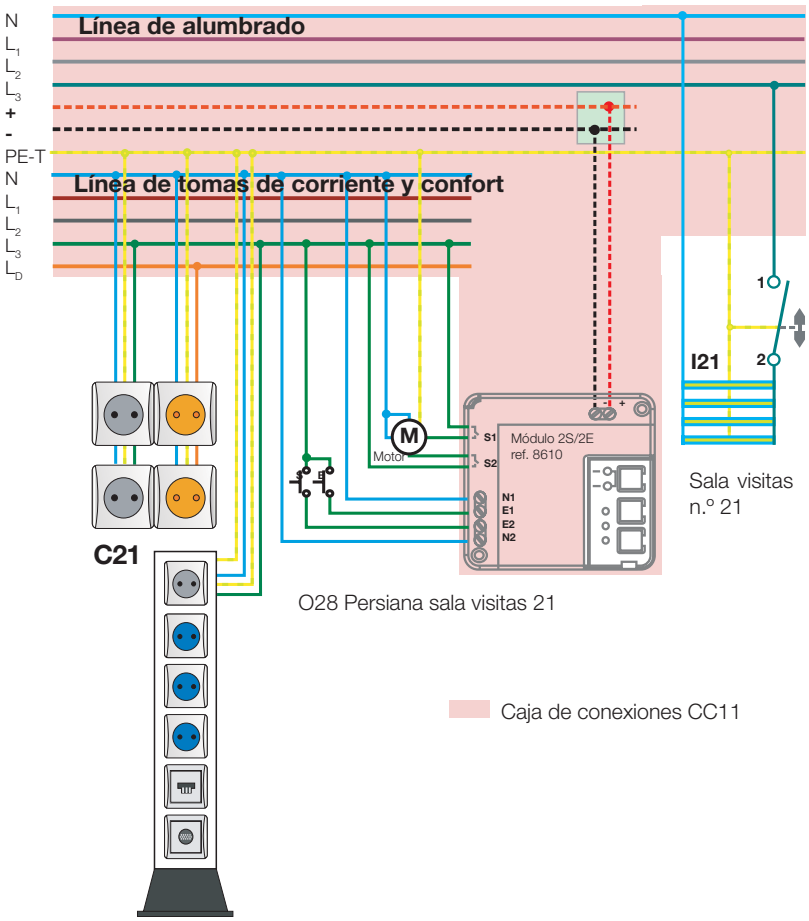


Fig. L6.4-109: *esquema eléctrico caja CC11.*

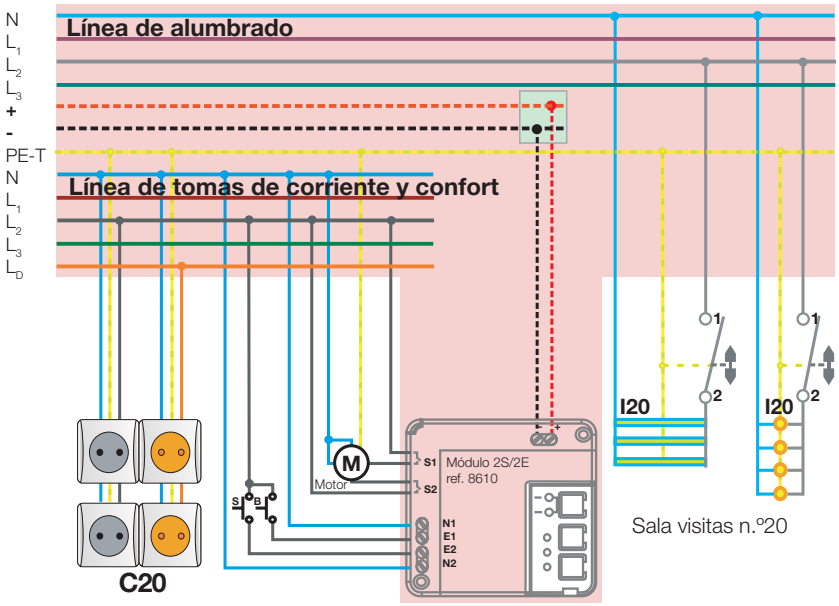
Dependencia n.º 20 sala de visitas

Caja de conexiones CC10.

Cuadro secundario C10.

Clasificación de las cargas sala de visitas 20							
Caja	**N.º CC10**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**					**4,1**	
A24	Fancoil S25, 21 y 20	BB2	1 · 380	3,6		3,6	
A42	Fancoil S25, 21 y 20	BB2	1 · 115	0,5		0,5	
I00	**Alumbrado**					**6,46**	
I20	Sala S20	BB1	8 · 54	0,45		3,6	
			13 · 50	0,22		2,86	
C00	**Conectores, enchufes**					**1,5**	
C20	Sala S20	BB1	3 · 5 A · 0,1	1,5		1,5	
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**					**0,4**	
O27	S20 Persiana	BB1	1 · 80	0,4		0,4	

Tabla L6.4-110: *cargas de la caja CC10.*



O27 Persiana sala visitas 20

Caja de conexiones CC10

Cuadro secundario C10

Fig. L6.4-111: *esquema eléctrico caja CC10.*

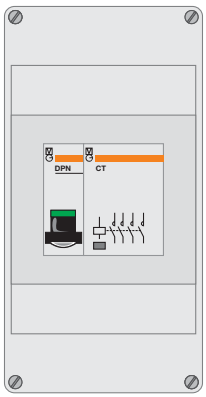
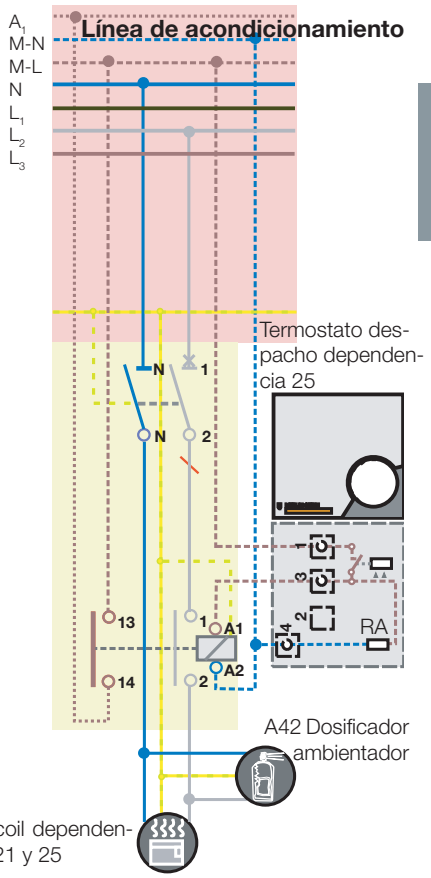


Fig. L6.4-112: *cuadro secundario C10.*



Dependencia n.º 19 despacho
Caja de conexiones CC09.

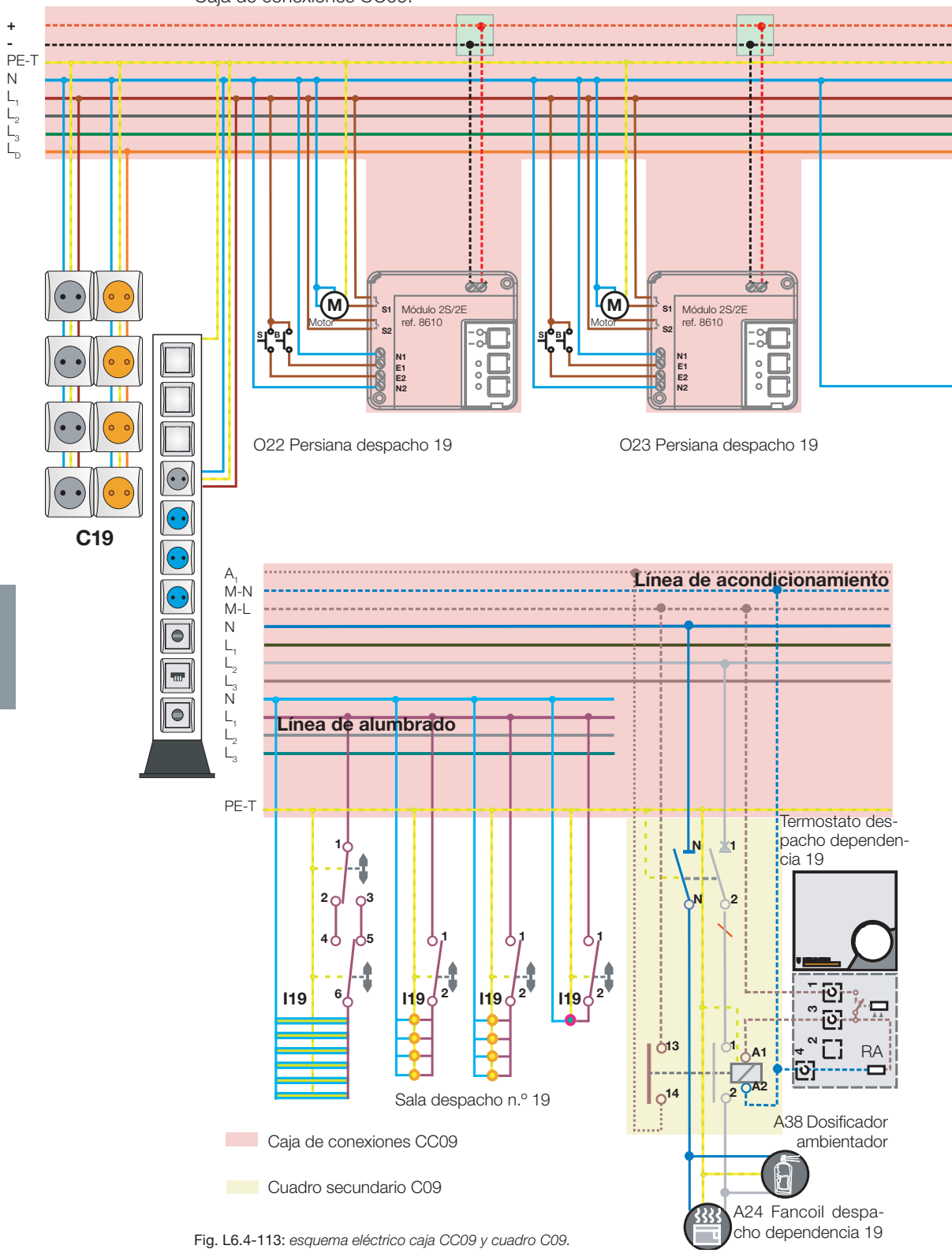
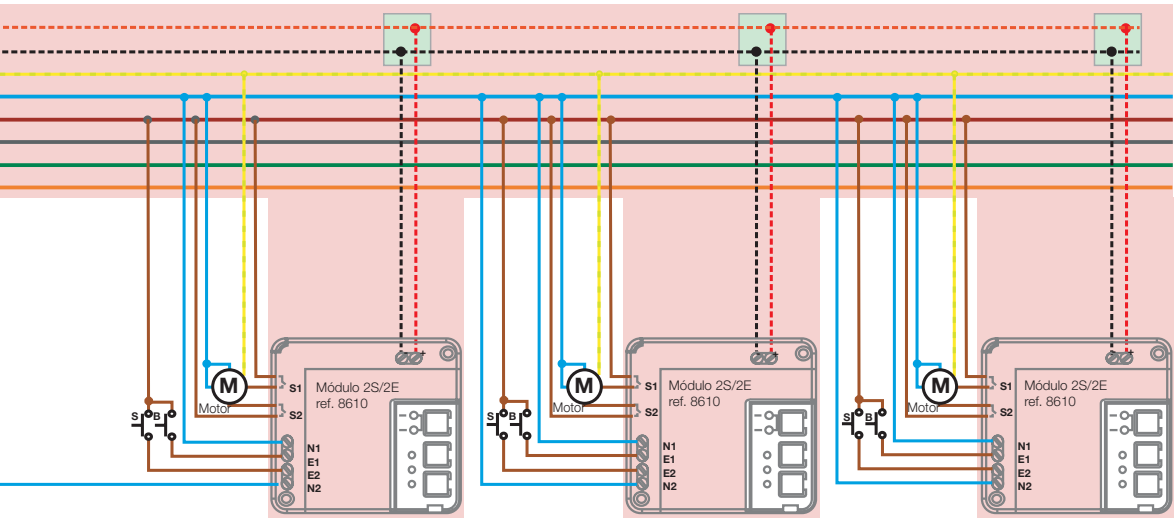


Fig. L6.4-113: *esquema eléctrico caja CC09 y cuadro C09.*

Cuadro secundario C09



O24 Cortina despacho 19 O25 Cortina despacho 19 O26 Pantalla despaho 19

Clasificación de las cargas sala de reuniones 19							
Caja	**N.º CC09**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**					**1,9**	
A20	Fancoil S19	BB2	1 · 190	1,4		1,4	
A38	Fancoil S19	BB2	1 · 115	0,5		0,5	
I00	**Alumbrado**				**4,70**		
I19	Despacho S19	BB1	6 · 54	0,45	2,7		
			8 · 50	0,22	1,76		
			1 · 55	0,24	0,24		
C00	**Conectores, enchufes**				**2**		
C19	Despacho 19	BB1	4 · 5 A · 0,1	2	2		
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**				**2,6**		
O22	S19 Persiana	BB1	1 · 100	0,5	0,5		
O23	S19 Persiana	BB1	1 · 140	0,6	0,6		
O24	S19 Cortina	BB1	1 · 100	0,5	0,5		
O25	S19 Cortina	BB1	1 · 140	0,6	0,6		
O26	S19 Pantalla	BB1	1 · 80	0,4	0,4		

Tabla L6.4-114: *cargas de la caja CC09.*

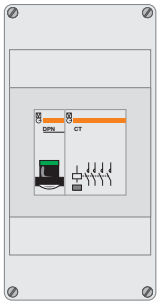


Fig. L6.4-115: *cuadro secundario C09.*

Dependencia n.º 18 sala CPU
Caja de conexiones CC08.
Cuadro secundario C08.

Clasificación de las cargas de la sala para la CPU							
Caja	**N.º CC08**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**1,9**		
A18	Fancoil S18	BB2	1 · 255	2,4	2,4		
A37	Fancoil S18	BB2	1 · 115	0,5	0,5		
I00	**Alumbrado**					**3,6**	
I18	CPU central 18	BB1	8 · 54	0,45		3,6	
C00	**Conectores, enchufes**				**2**		
C18	Sala CPU G S18	BB1	4 · 5 A · 0,1	2	2		
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**				**0,5**		
O20	S18 Persiana	BB1	1 · 100	0,5	0,5		

Tabla L6.4-116: *cargas de la caja CC08.*

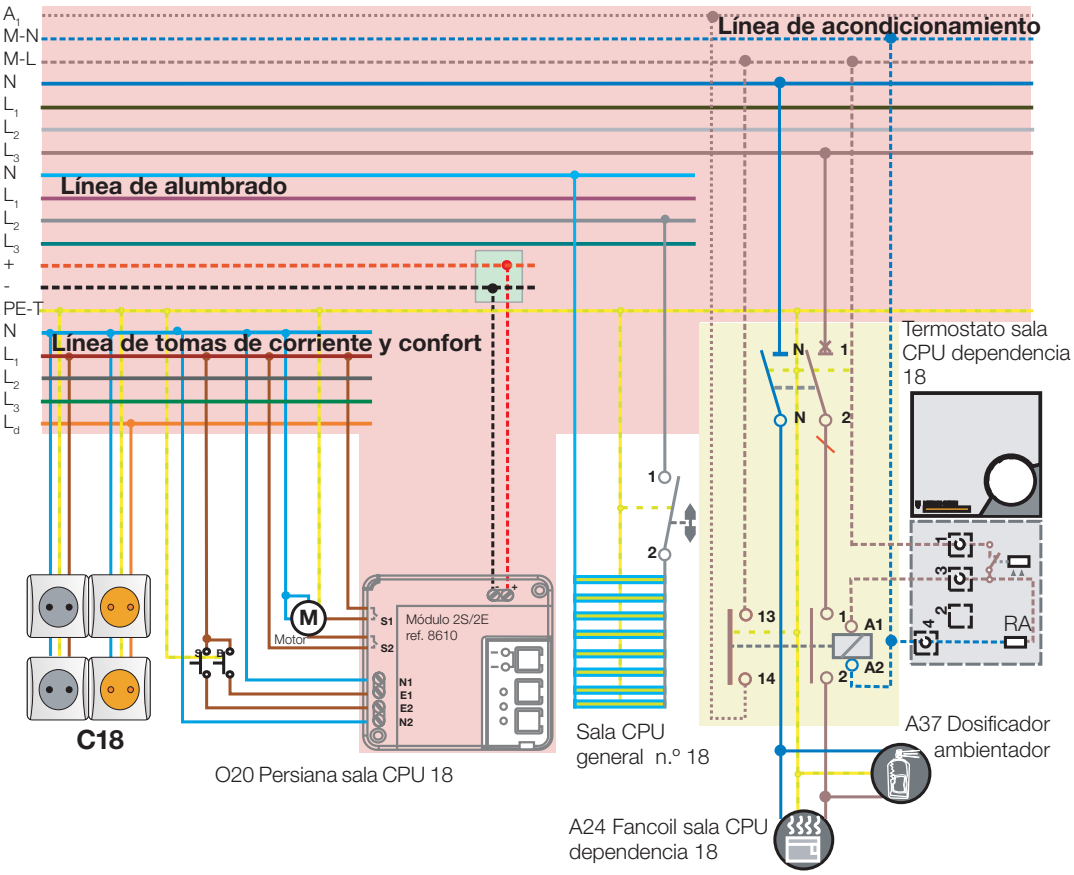


Fig. L6.4-117: *esquema eléctrico caja CC08 y cuadro C08.*

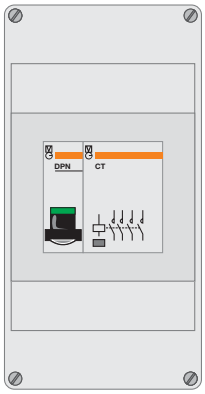


Fig. L6.4-118: *cuadro secundario C08.*

Dependencia n.º 17 sala SAI y baterías

Caja de conexiones CC07.

Cuadro secundario C07.

Clasificación de las cargas							
Caja	**N.º CC07**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
R00	**Renovación de aire**					**1,4**	
R05	Ex. Sala SAI	BB1	1 · 190	1,4		1,4	
I00	**Alumbrado**					**0,9**	
I17	S. SAI y batería	BB1	2 · 54	0,45		0,9	
C00	**Conectores, enchufes**					**1**	
C17	Sala SAI S17	BB1	2 · 5 A · 0,1	1		1	
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**					**0,4**	
O17	S10 Persiana	BB1	1 · 80	0,4		0,4	

Tabla L6.4-119: *cargas de la caja CC07.*

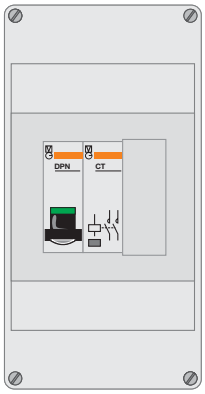


Fig. L6.4-120: *cuadro secundario C07.*

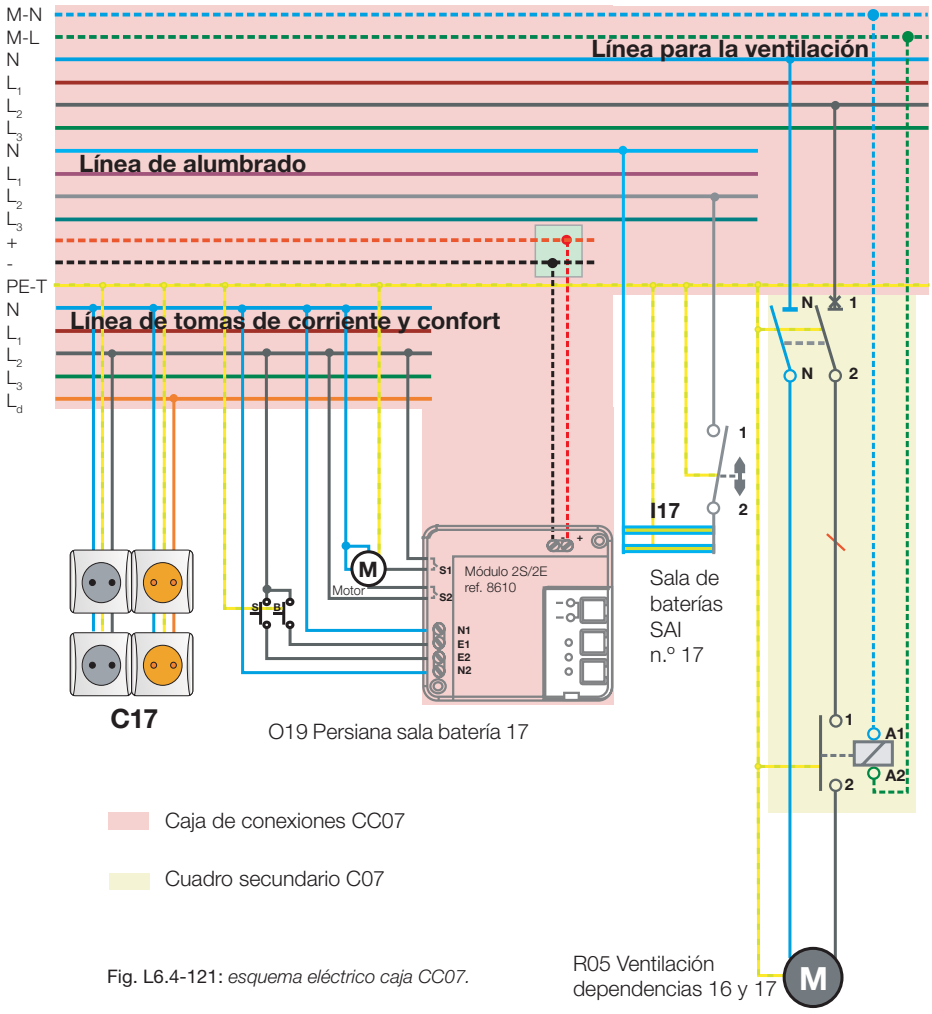


Fig. L6.4-121: *esquema eléctrico caja CC07.*

Dependencia n.º 15 pasillo

Caja de conexiones CC05.

Cuadro secundario C05.

Clasificación de las cargas pasillo 15							
Caja	**N.º CC05**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**						**4,1**
A13	Fancoil S28, 4 y 5	BB2	1 · 380	3,6			3,6
A33	Fancoil S28, 4 y 5	BB2	1 · 115	0,5			0,5
R00	**Renovación de aire**				**1,4**		
R01	Ex. 1.º, planta 1.ª	BB1	1 · 190	1,4	1,4		
I00	**Alumbrado**						**1,8**
I15	Pasillo 15	BB1	4 · 54	0,45			1,8
C00	**Conectores, enchufes**						**1**
C15	Pasillo S15	BB1	2 · 5 A · 0,1	1			1
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**						**0,4**
O18	S15 Persiana	BB1	1 · 80	0,4			0,4

Tabla L6.4-122: *cargas de la caja CC05.*

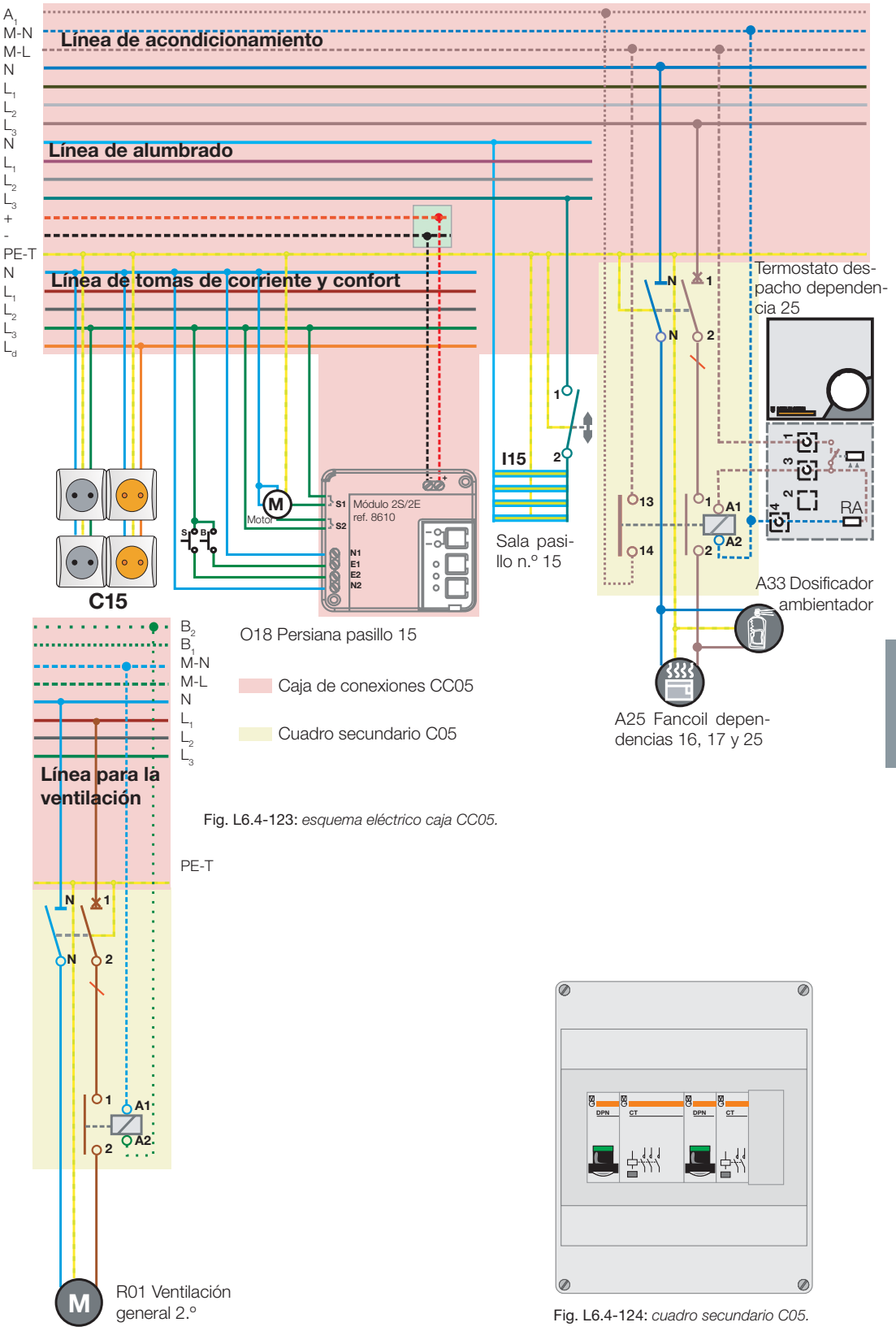


Fig. L6.4-123: *esquema eléctrico caja CC05.*

Fig. L6.4-124: *cuadro secundario C05.*

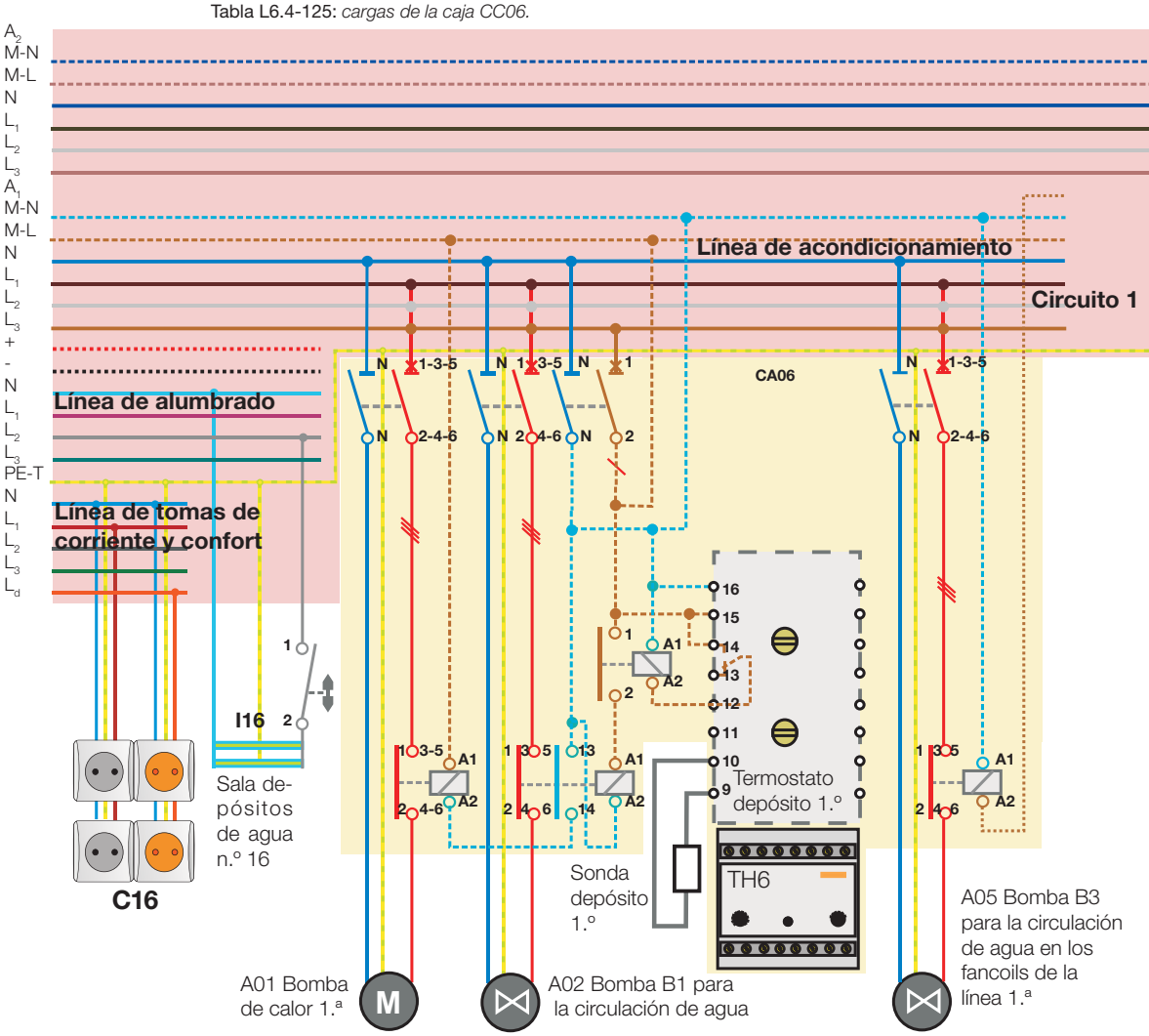
Dependencia n.º 16 sala de acondicionamiento

Caja de conexiones CC06.

Cuadro secundario C06.

Clasificación de las cargas							
Caja	**N.º CC06**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**115,2**	**115,2**	**115,2**
A01	Bomba calor 1	BB2	1 · 31.700	54	54	54	54
A02	B1. Circula. H_2O	BB2	1 · 570	1,6	1,6	1,6	1,6
A03	Bomba calor 2	BB2	1 · 31.700	54	54	54	54
A04	B2. Circula. H_2O	BB2	1 · 570	1,6	1,6	1,6	1,6
A05	B3. Circula. H_2O	BB2	1 · 760	2	2	2	2
A17	B4. Circula. H_2O	BB2	1 · 760	2	2	2	2
I00	**Alumbrado**					**0,9**	
I16	S. acondicion.	BB2	2 · 54	0,45		0,9	
C00	**Conectores, enchufes**					**1**	
C16	S. acondicion. S16	BB2	2 · 5 A · 0,1	1	1		
			2 · 5 A · 0,05	0,5			

Tabla L6.4-125: *cargas de la caja CC06.*



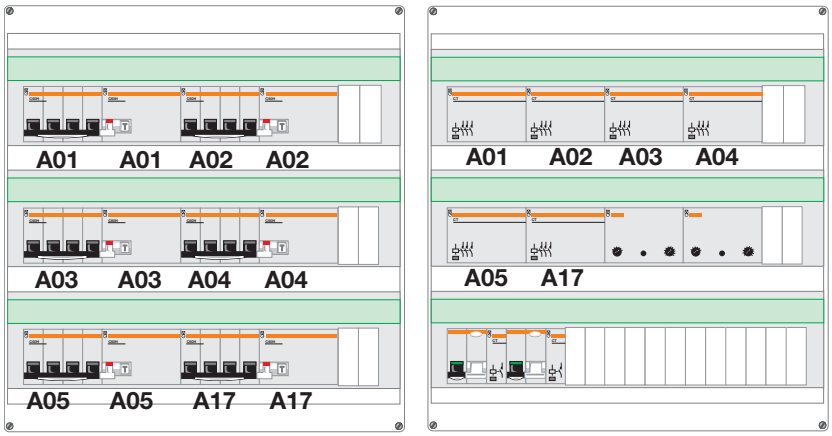


Fig. L6.4-126: *cuadro secundario C06.*

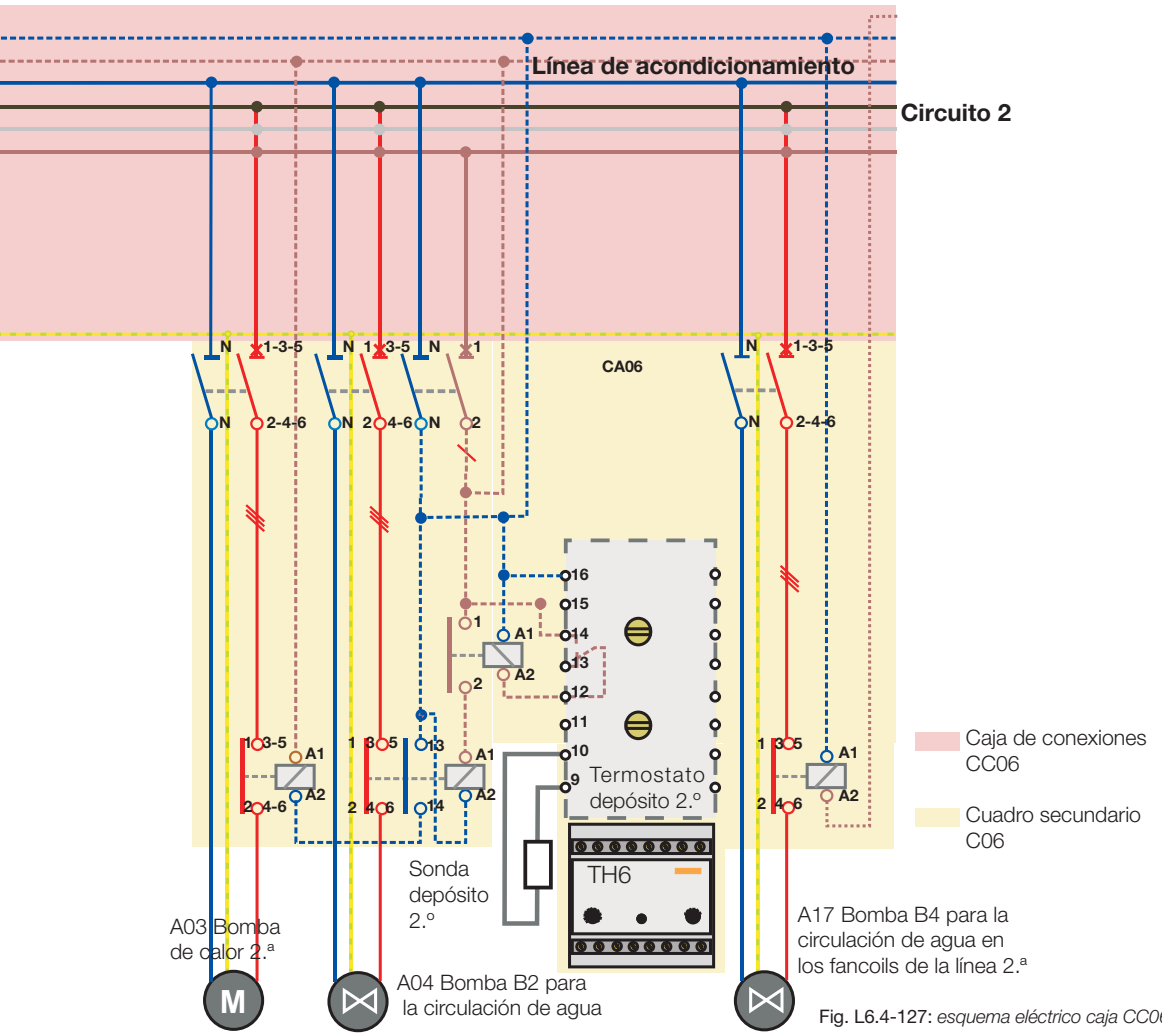


Fig. L6.4-127: *esquema eléctrico caja CC06.*

Dependencia n.º 14 servicios
Caja de conexiones CC04.
Cuadro secundario C04.

Clasificación de las cargas servicio 14							
Caja	**N.º CC04**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**1,9**		
A12	Fancoil S13 y 14	BB2	1 · 190	1,4	1,4		
A32	Fancoil S13 y 14	BB2	1 · 115	0,5	0,5		
R00	**Renovación de aire**				**1,6**		
R04	Ex. Servicios 2.º	BB2	1 · 225	1,6	1,6		
I00	**Alumbrado**					**1,1**	
I14	Servicio M14	BB1	5 · 50	0,22		1,1	
E00	**Electrodomésticos**					**1,3**	
E04	Dispensador 14	BB2	1 · 300	1,3		1,3	
C00	**Conectores, enchufes**					**1**	
C14	Servicio M S14	BB2	2 · 5 A · 0,1	1		1	
			2 · 5 A · 0,05	0,5			

Tabla L6.4-128: *cargas de la caja CC04.*

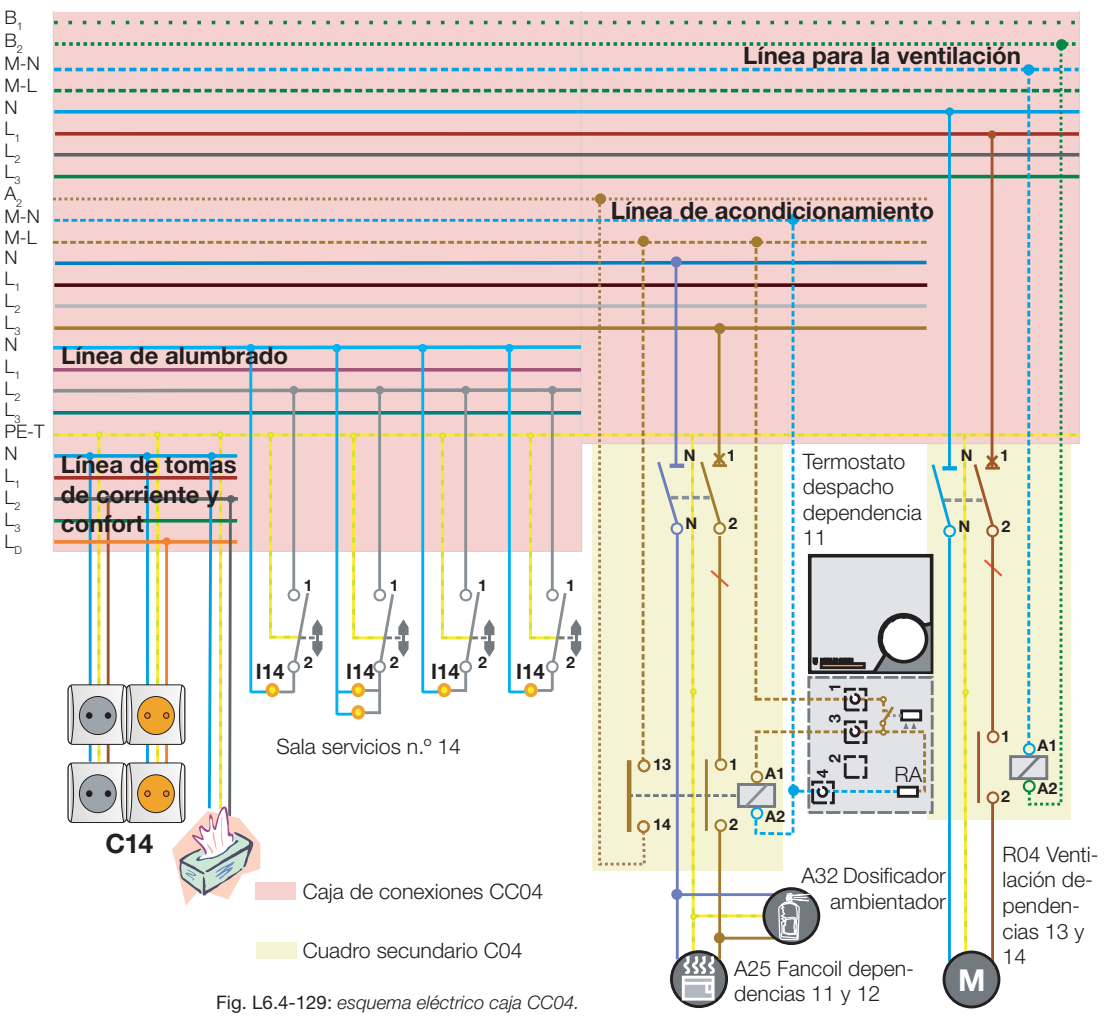


Fig. L6.4-129: *esquema eléctrico caja CC04.*

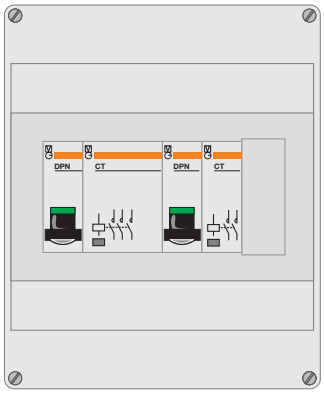


Fig. L6.4-130: *cuadro secundario C04.*

Dependencia n.º 13 servicios

Caja de conexiones CC03.

Cuadro secundario C03.

Clasificación de las cargas servicio 13							
Caja	**N.º CC0**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**1,1**
I13	Servicio H 13	BB1	5 · 50	0,22			1,1
E00	**Electrodomésticos**				**1,3**		
E03	Dispensador 13	BB2	1 · 300	1,3	1,3		
C00	**Conectores, enchufes**				**1**		
C13	Servicio H S13	BB2	2 · 5 A · 0,1	1	1		
			2 · 5 A · 0,05	0,5			

Tabla L6.4-131: *cargas de la caja CC03.*

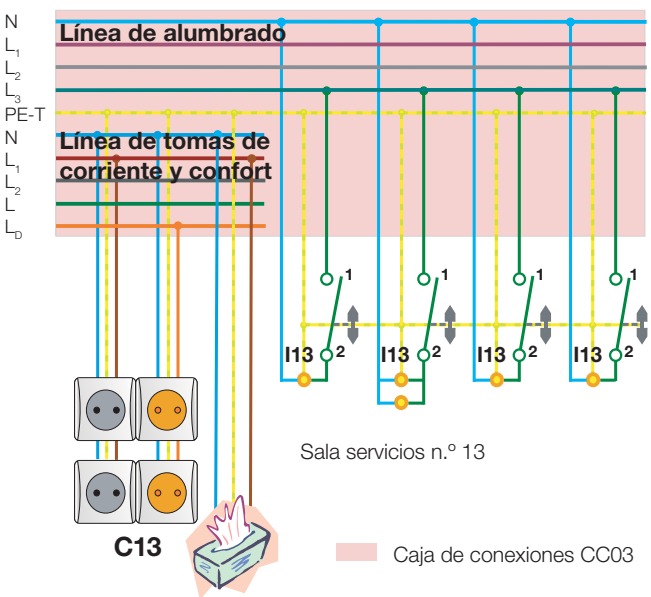
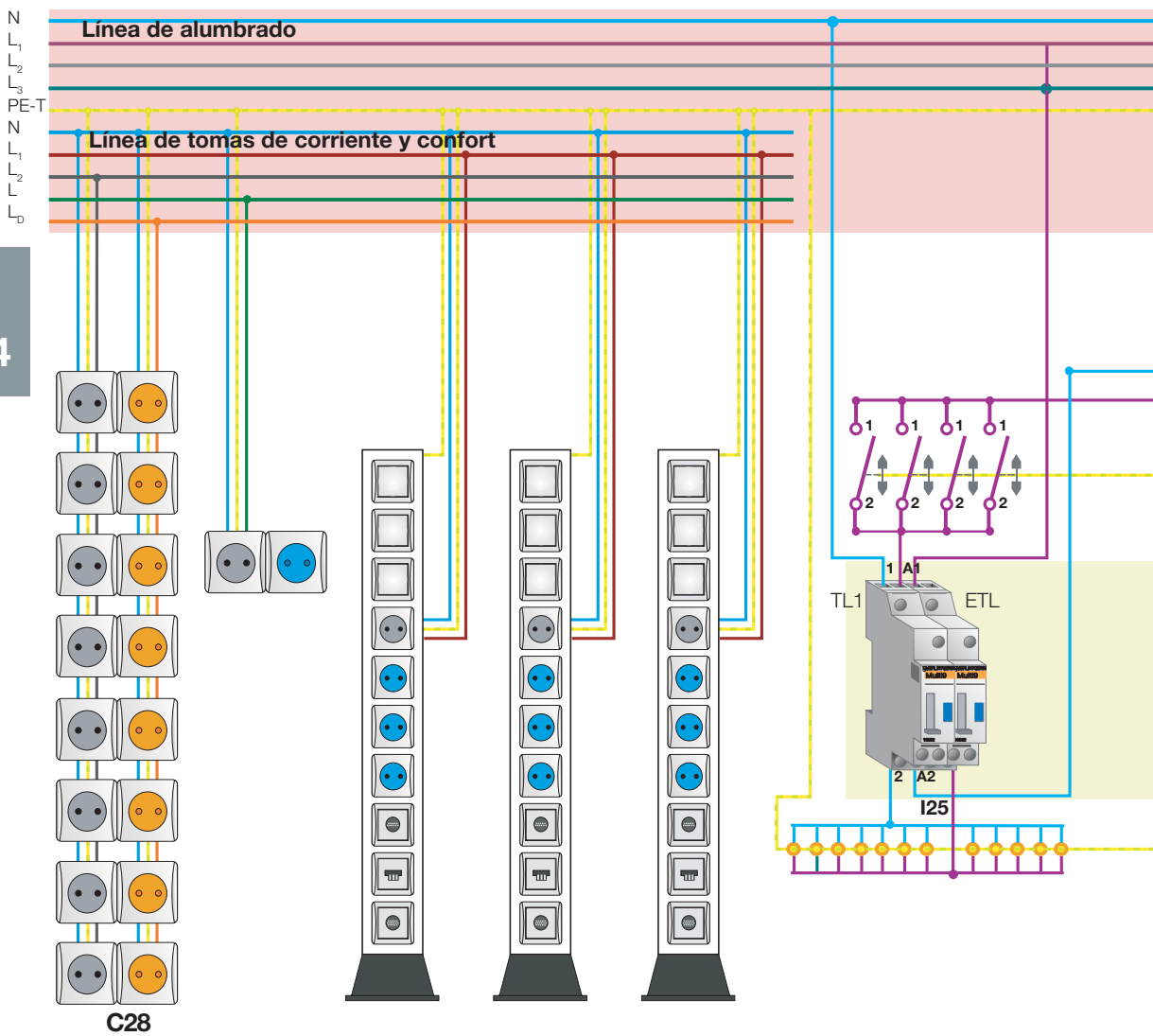


Fig. L6.4-132: *esquema eléctrico caja CC03.*


N
L1
L2
L3
PE-T
N
L1
L2
L
LD
Línea de alumbrado
Línea de tomas de corriente y confort
1 1 1 1
2 2 2 2
1 A1
TL1
ETL
2 A2
I25
C28

Dependencia n.º 25 despacho D

Caja de conexiones CC02.

Cuadro secundario C02.

Clasificación de las cargas despacho general D							
Caja	**N.º CC07**	**Clase**		**P (W)**	**I (A) Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**14,08**		
I25	Despacho S25	BB1	16 · 54	0,45	7,2		
			28 · 50	0,22	6,16		
			3 . 55	0,24	0,72		
C00	**Conectores, enchufes**					**5,5**	**13**
C28	Despacho 25	BB1	11 · 5 A · 0,1	5,5		5,5	
			8 · 5 A · 0,05	2			
	Fotocopiadora		1 · 3.000	13			13

Tabla L6.4-133: *cargas de la caja CC02.*

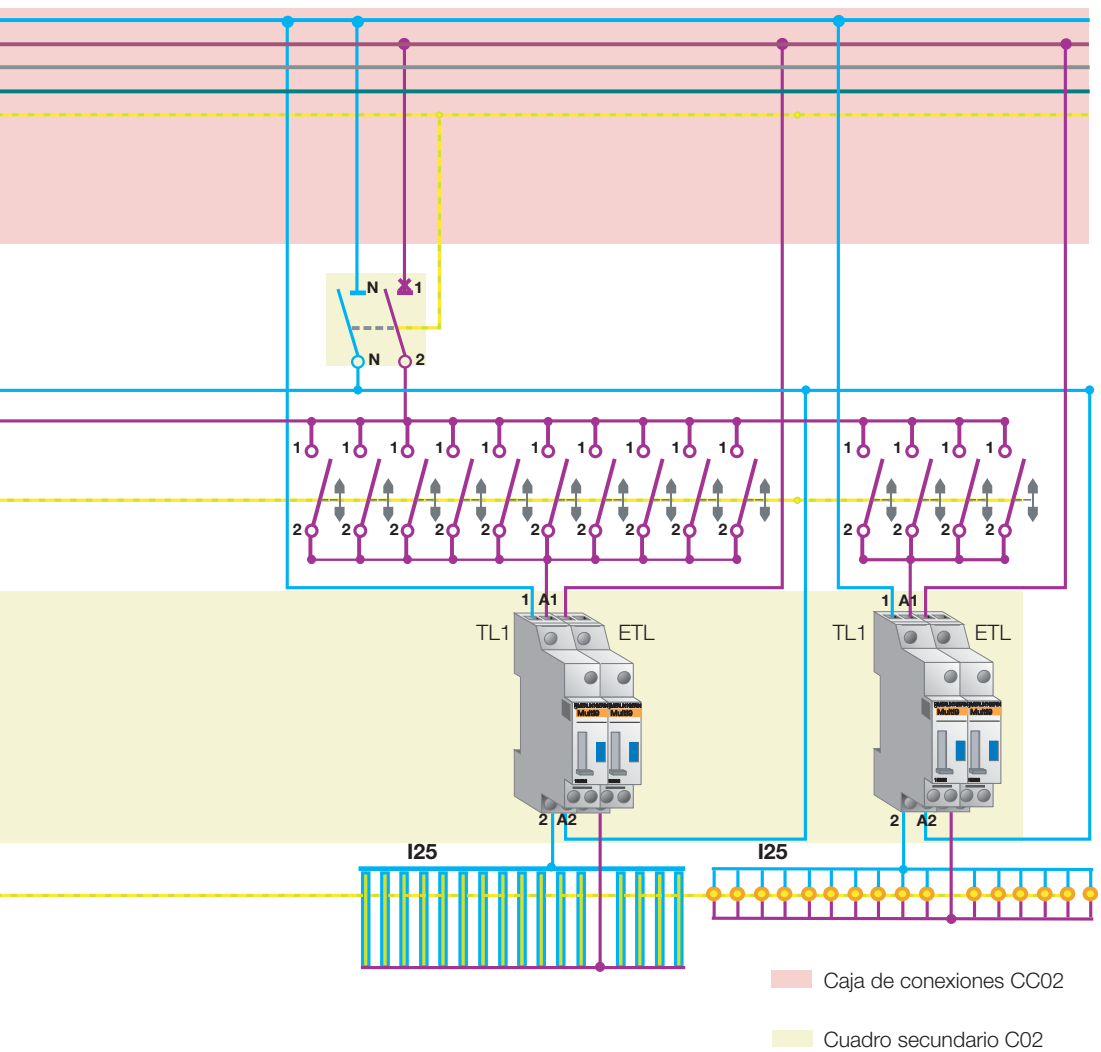


Fig. L6.4-134: *esquema eléctrico caja CC02.*

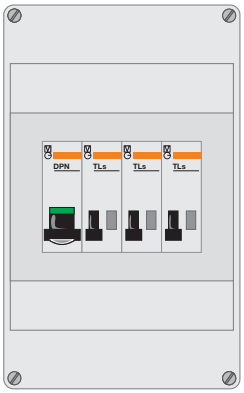


Fig. L6.4-135: *cuadro secundario C03.*

Dependencia n.º 27 sala CGD
Caja de conexiones CC01.
Cuadro secundario C01.

Clasificación de las cargas sala CGD							
Caja	**N.º CC07**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**1,8**
I27	S. CGBT 55	BB1	4 · 54	0,45			1,8
C00	**Conectores, enchufes**				**1**		
C27	S. CGBT S27	BB1	2 · 5 A · 0,1	1	1		
			2 · 5 A · 0,05	0,5			

Tabla L6.4-136: *cargas de la caja CC01.*

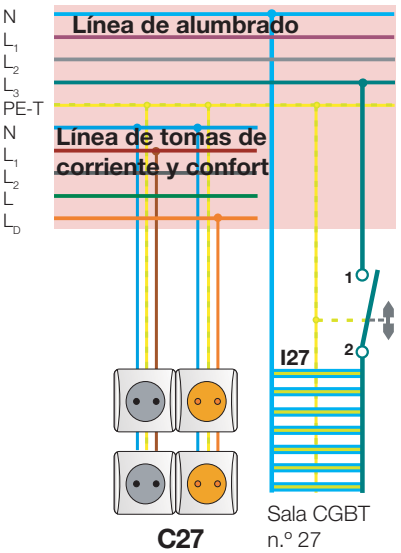


Fig. L6.4-137: *esquema eléctrico caja CC01.*

Red en esquema IT alimentación de las cargas informáticas

Desde la fuente de alimentación ininterrumpida SAI, distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, todas las dependencias de la primera planta.

Las cargas informáticas son generadoras de armónicos y trabajan con un cos φ del orden de 0,7.

Estas cargas son muy sensibles a los armónicos y ellas mismas son generadoras, produciendo un efecto multiplicador con valores de factor de cresta de 2,4 a 2,8 veces.

Su tasa global de distorsión es del orden del 93%, THDI = 93%.

Red con ECT-IT

■ Las cargas correspondientes a la red de ECT-IT son:

□ Las cargas informáticas.

□ El alumbrado de reemplazamiento.

□ Las alarmas técnicas.

Las cargas correspondientes se alimentan de su caja de conexiones.

El alumbrado de señalización se alimentará desde el cuadro central de maniobra.

Cubrimos toda la planta 1.ª con tres líneas: el ramal primero para las cargas de la caja IT-09 hasta la IT-17, la 2.ª línea desde la caja IT-08 hasta la IT-01. La línea 3.ª, sólo para la caja IT-02 en la que tenemos incorporada la CPU central, es conveniente tener un tratamiento individualizado para ella, tanto de armónicos como de factor de potencia, y un tratamiento para cada línea de alimentación.

■ Tratamiento de la línea izquierda 1.ª.

Compensaremos el factor de potencia con una batería para la intensidad media de la línea:

□ Intensidad media: $I_{1.ª} = \frac{I_{L1} + I_{L2} + I_{L3}}{3} = \frac{22,44 + 22,45 + 24,5}{3} = 23,13$ A.

□ La potencia media será:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 23,13 \text{ A} \cdot 0,7 = 11.204,17 \text{ W}.$$

Con un cos φ medio de 0,7 para pasar a un cos φ de 0,98 debemos multiplicar por 0,811, según la Tabla E5-003 de la página E/49 del 1.er Volumen:

$$Q_c(\text{kVAr}) = P(\text{kW}) \cdot K = 11,204 \text{ kW} \cdot 0,881 = 9,87 \text{ kVAr}.$$

Consideraremos una batería de condensadores clase SAH de 3 · 3,7 = 11,1 kVAr a 400 V.

□ Los armónicos con un THDI del 93%:

$$\text{THDI} = \text{In} \cdot 93\% = 23,13 \cdot 0,93 = 21,51 \text{ A}.$$

Esponjamiento: 1,2 · 21,51 A = 25,81 A.

Podemos instalar un compensador activo.

■ Tratamiento de la línea 2.ª.

Compensaremos el factor de potencia con una batería para la intensidad media de la línea:

□ Intensidad media: $I_{2.º} = \frac{I_{L1} + I_{L2} + I_{L3}}{3} = \frac{15,18 + 17,55 + 13,6}{3} = 15,44$ A.

□ La potencia media será:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 15,44 \text{ A} \cdot 0,7 = 7.480,75 \text{ W}.$$

Con un cos φ medio de 0,7 para pasar a un cos φ de 0,98 debemos multiplicar por 0,811, según la Tabla E5-003 de la página E/49 del 1.er Volumen.

$$Q_c(\text{kVAr}) = P(\text{kW}) \cdot K = 7,48 \text{ kW} \cdot 0,881 = 6,59 \text{ kVAr}.$$

Consideraremos una batería de condensadores clase SAH de 2 · 3,7 kVAr = 7,4 kVAr a 400 V.

□ Los armónicos con un THDI del 93%:

$$\text{THDI} = \text{In} \cdot 93\% = 15,44 \cdot 0,93 = 14,35 \text{ A}.$$

Esponjamiento: 1,2 · 14,35 A = 17,23 A.
Podemos instalar un compensador activo.
■ Tratamiento de la línea 3.ª, CPU:

□ Intensidad media: $I_{3.ª} = \frac{I_{L1} + I_{L2} + I_{L3}}{3} = \frac{21{,}34 + 19 + 19}{3} = 19{,}78$ A.

□ Potencia media será:

$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 19{,}78 \text{ A} \cdot 0{,}7 = 9.581{,}43$ W.

Con un cos φ medio de 0,7 para pasar a un cos φ de 0,98 debemos multiplicar por 0,811, según la Tabla E5-003 de la página E/49 del 1.er Volumen.

$Q_c(\text{kVAr}) = P(\text{kW}) \cdot K = 9{,}58143 \text{ kW} \cdot 0{,}881 = 8{,}441$ kVAr.

Consideraremos una batería de condensadores clase SAH de 2 · 3,7 kVAr = = 7,4 kVAr a 400 V.
□ Los armónicos con un THDI del 93%:

THDI = In · 93% = 19,78 · 0,93 = 18,395 A.

Esponjamiento: 1,2 · 18,39 A = 22,07 A.
Podemos instalar un compensador activo.
■ Consideración total de la red:
□ Intensidad media: $I_T = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} = 22{,}46$ A + 19,5 A + 19,78 A = 61,74 A.
□ La potencia media será:

$P_T = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} = 10.879{,}63$ W + 9.445,8 W + 9.581,43 W = 29.906,86 W.

Con un cos φ medio de 0,7 para pasar a un cos φ de 0,98 debemos multiplicar por 0,811, según la Tabla E5-003 de la página E/49 del 1.er Volumen:

$Q_T(\text{kVAr}) = P(\text{kW}) \cdot K = 29{,}90 \text{ kW} \cdot 0{,}881 = 26{,}34$ kVAr.

Hemos colocado baterías de condensadores clase SAH de:
$Q_{instalado}(\text{kVAr}) = Q_T(\text{kVAr}) + Q_T(\text{kVAr}) + Q_T(\text{kVAr}) =$
= 11,1 (kVAr) + 7,4 (kVAr) + 7,4 (kVAr) = 25,9 (kVAr).

□ Los armónicos con un THDI del 93%:

$THDI_T = THDI_1 + THDI_2 + THDI_3 = 20{,}88$ A + 18,135 A + 18,3954 A = 57,4178 A.

La compensación instalada es: $THDI_{instalado} = 30$ A + 20 A + 20 A = 70 A, por tanto está perfectamente compensado.
El circuito de distribución del SAI, tanto en la alimentación en régimen TT, como la distribución en régimen IT, lo describiremos en la parte correspondiente al cuadro general de las tres plantas.
En este apartado solamente describiremos desde la toma de tensión de cada una de las tres líneas de distribución y la propia distribución.
Colocaremos dos centrales de medida para la lectura de la energía en el punto de suministro de cada línea y entre las cargas y la corrección, así como para la alimentación de la CPU, para comparar los datos tanto para los parámetros de calidad como para los de cantidad.
■ Los datos de calidad adecuados para los dos puntos de control son:
□ Tensión, simple y compuesta.
□ Factor de potencia de las tres fases.
□ Corrimiento en las tres fases.
□ Armónicos desde el 1 al 40 y proporción.
■ Datos de cantidad para el punto de control de entrada:
□ Consumos por períodos.
□ Intensidades por fases (máxima y media).
□ Control en el tiempo de las intensidades máximas.
Deberemos introducir los datos en un registro para facilitar las posibles correcciones y el oportuno control.

Alumbrado de reemplazamiento

El alumbrado de reemplazamiento tendrá la misión de facilitar el trabajo de continuidad por el período de 30' o del cierre de los equipos informáticos si el tiempo supera los 30' hasta un período de una hora.

Se alimentará a través de la red del SAI y podrá conectarse desde el punto de trabajo de cada equipo informático, por medio de un interruptor situado en la columna de conectores e interruptores diferenciado en su color.

Cada punto luz estará formado por una lámpara compacta halógena de 100 W y un consumo con balasto o transformador de 115 W.

Alarmas técnicas:

■ Detección de humos.

Con el sistema domótico podemos detectar la presencia de humos en cada dependencia, excitar una alarma acústica o luminosa y comunicar la situación a un centro particular de alarmas vía teléfonica.

Distribuiremos la red en dos sectores, el de la derecha y el de la izquierda y su alimentación la realizaremos a través del SAI en la red de régimen IT.

Para la definición del tipo de detector de cada dependencia, ver capítulo J, apartado 19 "Cómo utilizar la aparamenta electrónica (domótica)", página J/831 del 3.er Volumen.

■ Detección de presencia.

La detección de presencia para el control de intrusos, en determinadas horas del día, puede activar una alarma acústica o luminosa y una conexión vía telefónica a una central de alarmas particular. Durante todo el día puede estar activando un sistema de control por grabación con registro por vídeo.

■ Control de fugas de agua.

En las salas donde se dispone de suministro de agua en el momento que se detecte una fuga, deberá cortarse el suministro de la dependencia actuando sobre la llave general de la dependencia.

Disponemos del sistema domótico para poder controlar las posibles fugas.

Línea de distribución n.º 1

La distribución se realiza partiendo de los bornes correspondientes del cuadro general:

■ Línea equipotencial red de alimentación IT (color amarilo-verde a puntos).

■ Línea de alimentación ininterrumpida (SAI) de 400/230 V, 50 Hz (neutro color azul, fases color marrón-negro y gris).

■ Bus de comunicación control de aislamiento.

■ Bus de comunicación control de calidad de la energía (color verde).

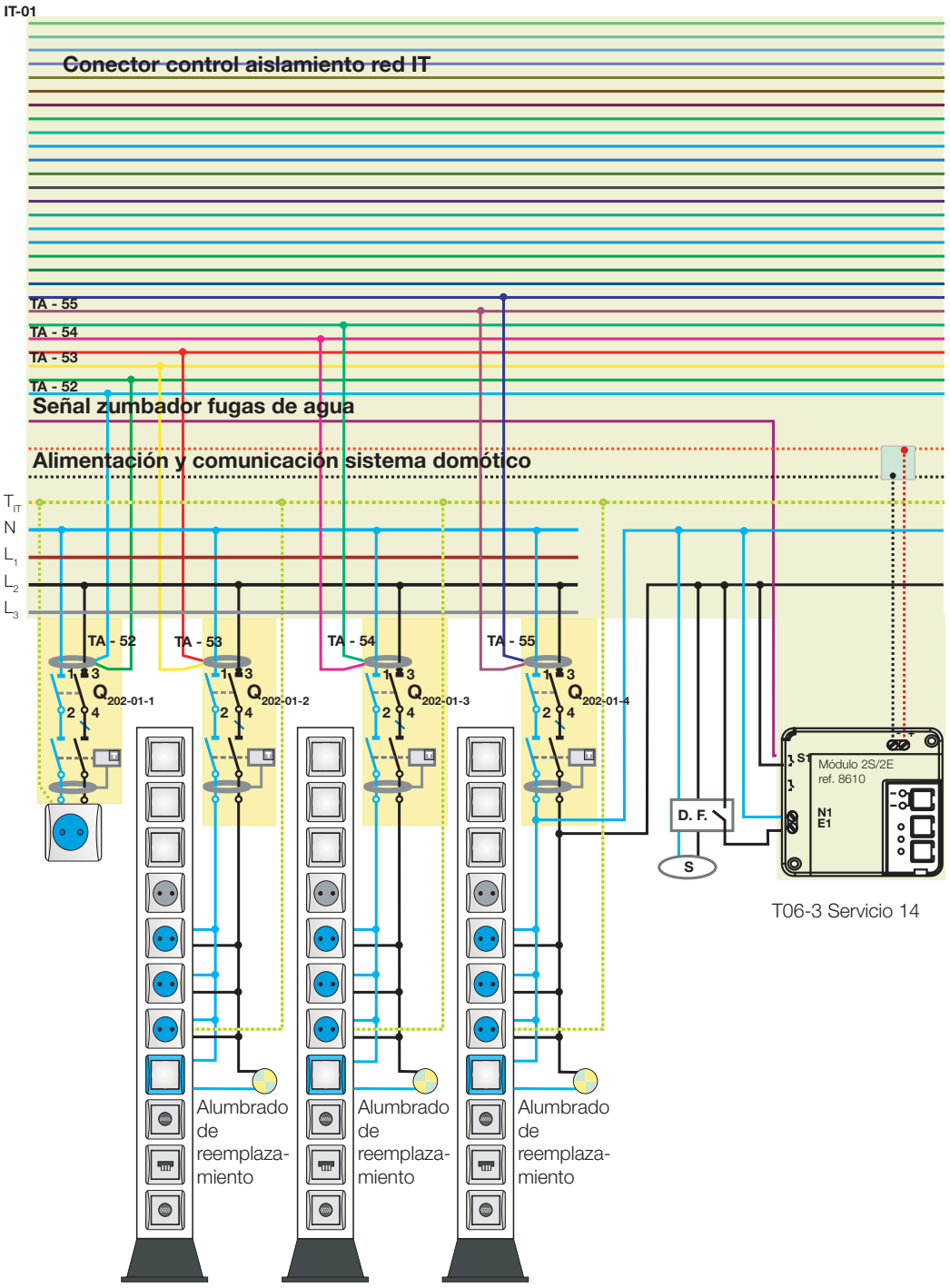
Dependencia n.º 25 despacho secretaría

Caja de conexiones IT-01.

Cuadro secundario C-IT-01.

Clasificación de las cargas dependencia 25 despacho							
Caja	**N.º IT-01**	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
N25	**Despacho 25**					**17,55**	
	CPU	BB1	3 · 300	3,9		3,9	
	Pantalla	BB1	3 · 220	3		3	
	Impresora	BB1	3 · 110	1,5		1,5	
	Impresora G	BB1	1 · 1100	6,9		6,9	
A. Reemplazamiento		BB1	3 · 115	0,5		1,5	
Detección de humos		BB1	5	0,05		0,05	
Detección presencia		BB1	4	0,4		0,4	
D. F. de agua		BB1	1	0,3		0,3	

Tabla L6.4-138: *cargas de la caja IT-01.*



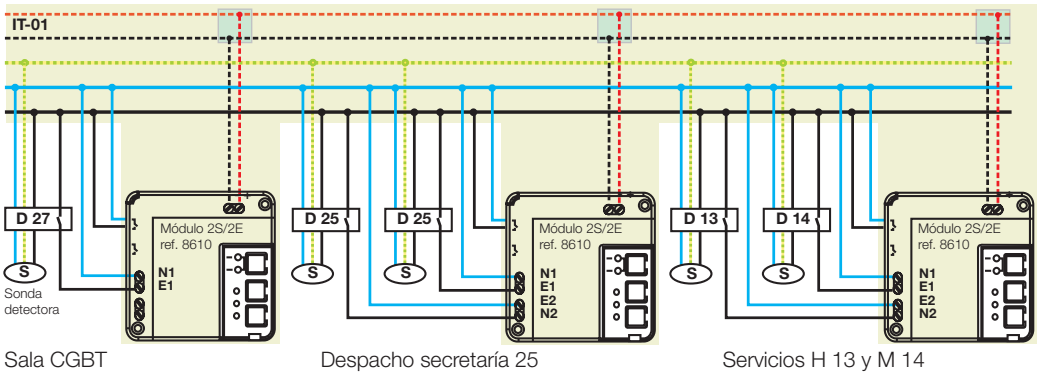
T06-3 Servicio 14

Dependencia n.º 25 despacho secretaría

Caja de conexiones IT-01

Cuadro secundario ITC-01

Alarma técnica T02 Detección de humos



Alarma técnica T07 Detección de intrusos **Alarma técnica T05 Detección de fugas de agua**

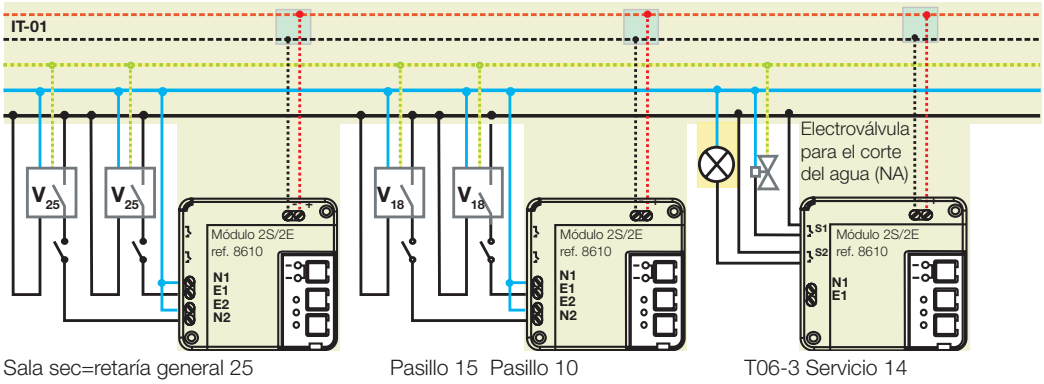


Fig. L6.4-139: *esquema eléctrico caja IT-01 y cuadro C-IT-01.*

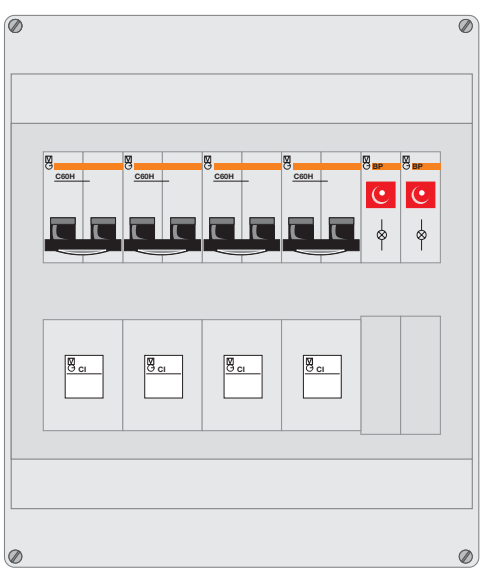


Fig. L6.4-140: *cuadro secundario C-IT-01.*

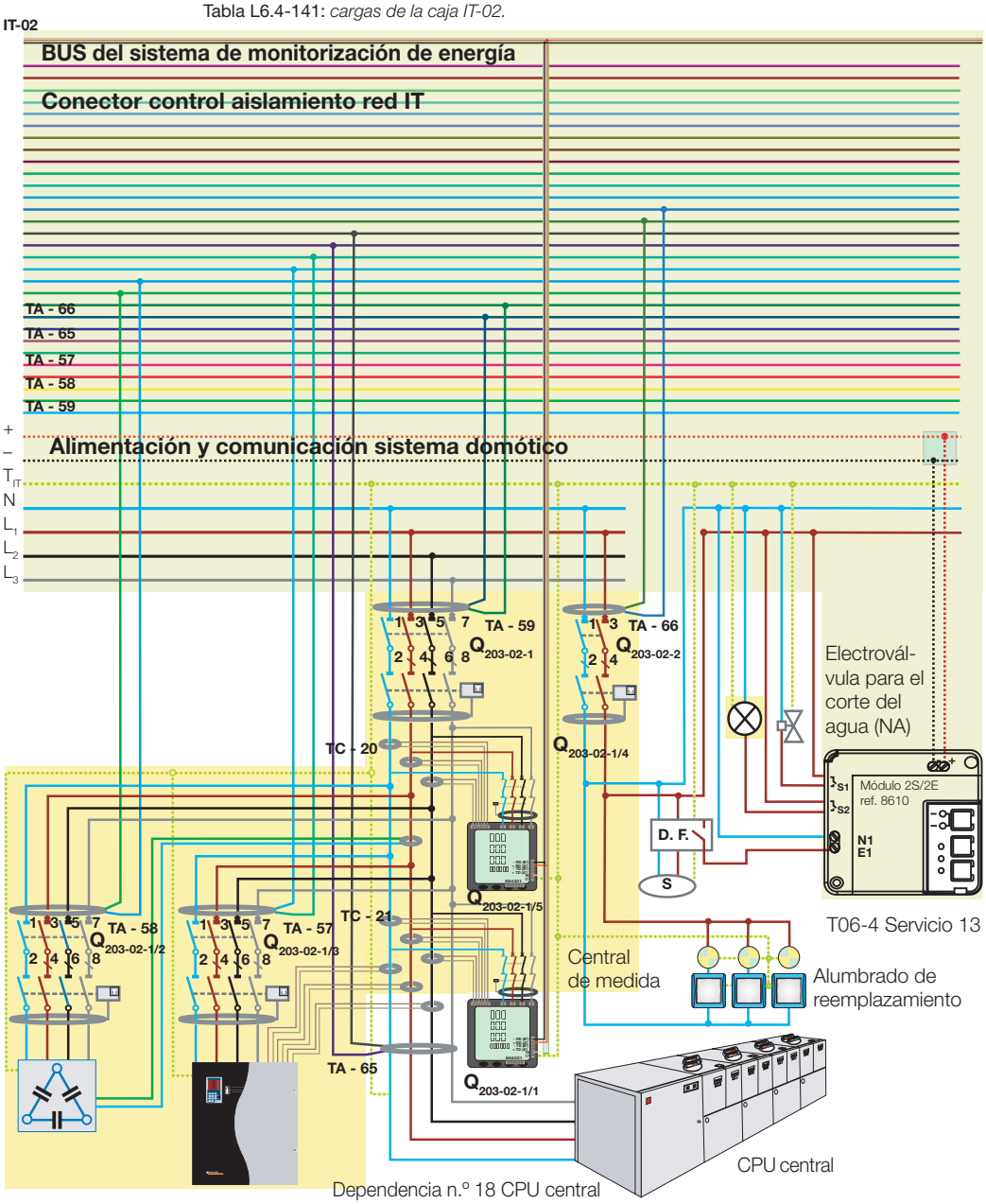
Dependencia n.º 18 CPU central

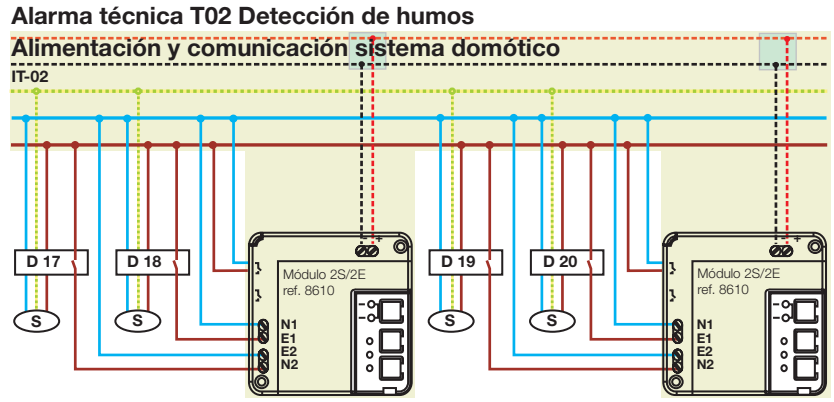
Caja de conexiones IT-02.

Cuadro secundario C-IT-02.

Clasificación de las cargas dependencia 18 sala CPU-G							
Caja	**N.º IT-02**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
N18	**CPU-G**				**21,34**	**19**	**19**
	N18 CPU-G	BB1	3 · 1.100	19	19	19	19
A. Reemplazamiento		BB1	3 · 115	1,5	1,5		
Detección de humos		BB1	4 ud	0,04	0,04		
Detección presencia		BB1	4 ud	0,2	0,2		
D. F. de agua		BB1	2 ud	0,6	0,6		

Tabla L6.4-141: *cargas de la caja IT-02.*





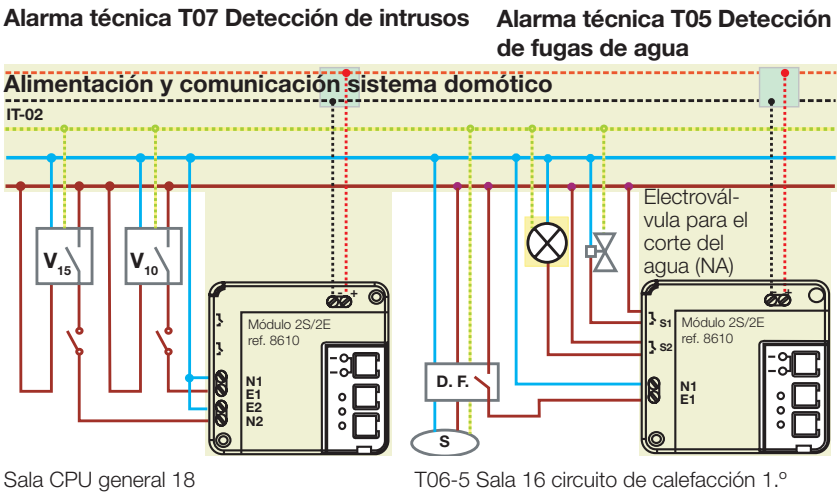


Fig. L6.4-142: *esquema eléctrico caja IT-02 y cuadro C-IT-02.*

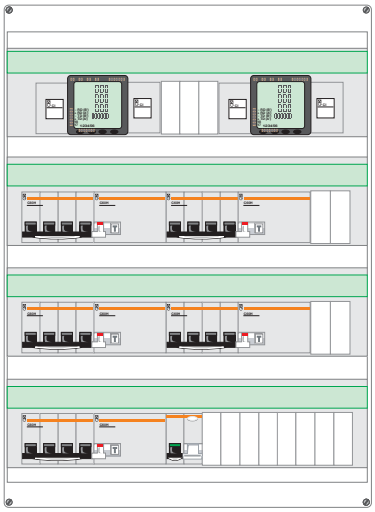


Fig. L6.4-143: *cuadro secundario C-IT-02.*

Dependencia n.º 19 Despacho

Caja de conexiones IT-03.

Cuadro secundario C-IT-03.

Clasificación de las cargas dependencia 19 despacho							
Caja	**N.º IT-03**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
N25	**Despacho 19**						**3,65**
N19 Despacho 19		BB1		2,8			2,8
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5			0,5
Detección de humos		BB1	2	0,02			0,04
D. Fugas de agua		BB1	1	0,3			0,3

Tabla L6.4-144: *cargas de la caja IT-03.*

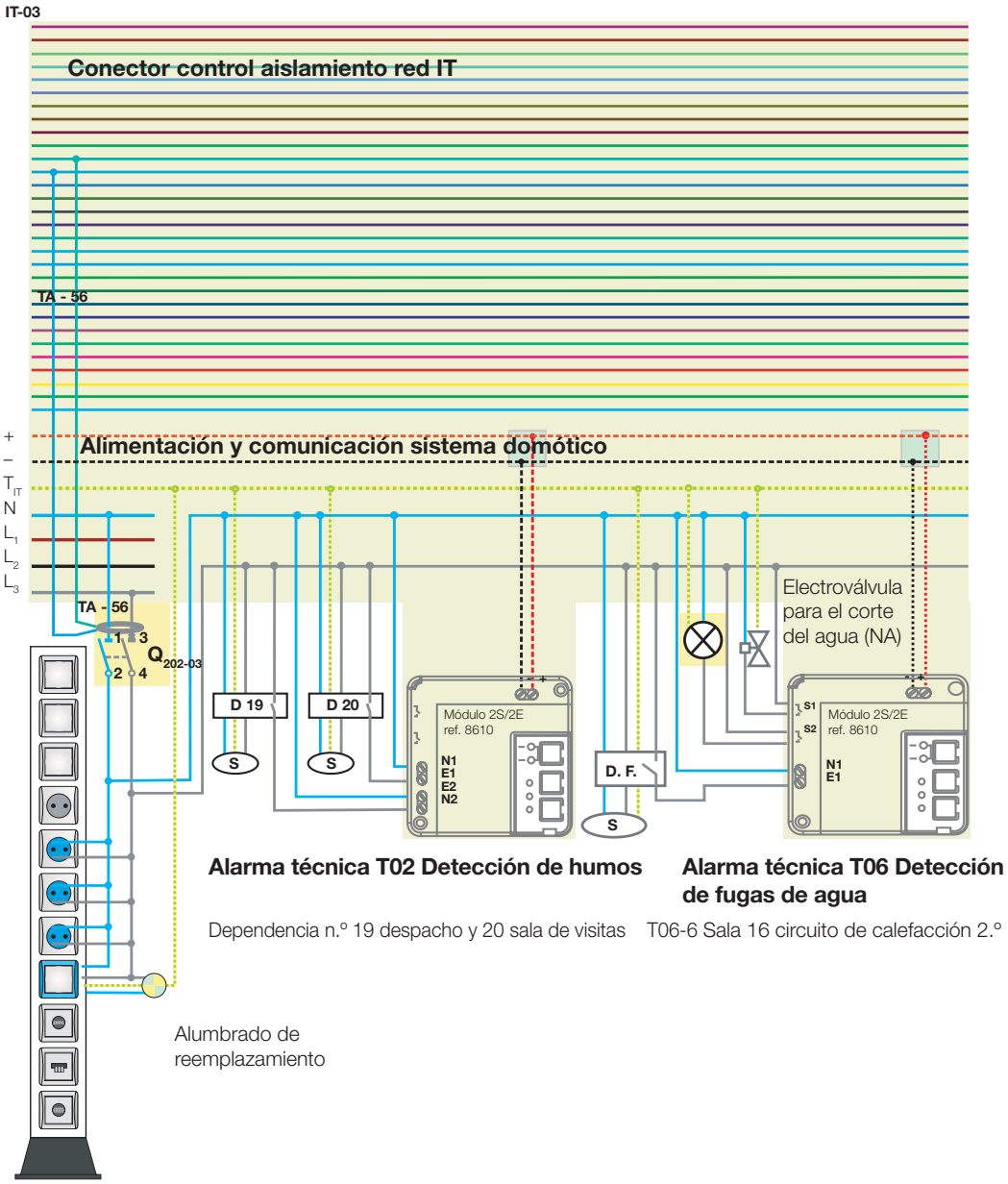


Fig. L6.4-145: *esquema eléctrico caja IT-03 y cuadro C-IT-03.*



Fig. L6.4-146: *cuadro secundario C-IT-03.*

Dependencia n.º 20 sala de visitas

Caja de conexiones IT-04.
Cuadro secundario C-IT-04.

Clasificación de las cargas dependencia 21 sala de visitas					
Caja	**N.º IT-04**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**
					L1 / L2
N20	**Sala de visitas**				**3,3**
N20 Sala S20	BB1			2,8	2,8
A. Reemplazamiento	BB1	1 · 115		0,5	0,5

Tabla L6.4-147: *cargas de la caja IT-04.*

Dependencia n.º 21 sala de visitas

Caja de conexiones IT-05.
Cuadro secundario C-IT-05.

Clasificación de las cargas dependencia 21 sala de visitas					
Caja	**N.º IT-05**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**
					L3
N21	**Sala de visitas**				**3,3**
N20 Sala S21	BB1			2,8	2,8
A. Reemplazamiento	BB1	1 · 115		0,5	0,5

Tabla L6.4-149: *cargas de la caja IT-05.*



Fig. L6.4-151: *cuadro C-IT-04 y C-IT-05.*

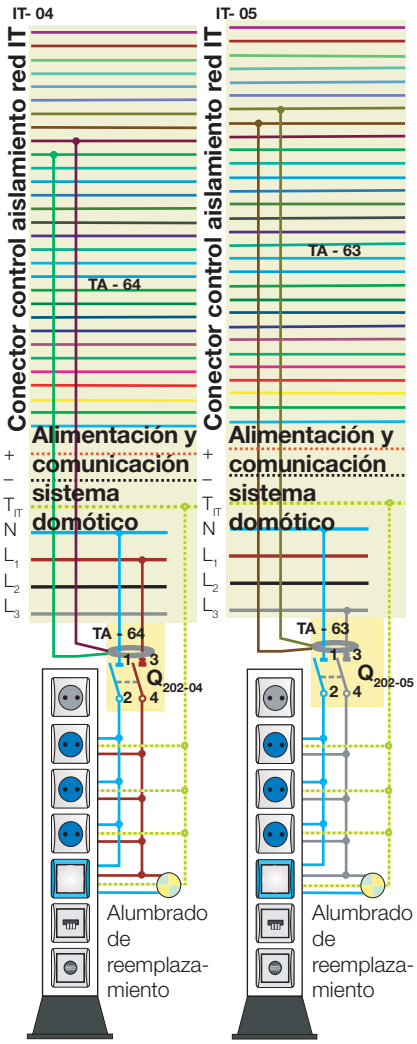


Fig. L6.4-148: *esquema eléctrico caja IT-04.*

Fig. L6.4-150: *esquema eléctrico caja IT-05 y cuadro C-IT-05.*

L
6.4

Dependencia n.º 22 sala de reuniones

Caja de conexiones IT-06.

Cuadro secundario C-IT-06.

Clasificación de las cargas dependencia 22 sala de reuniones						
Caja	**N.º IT-06**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**	
					L1	L2	L3
N22	**S. Reuniones**				**12,25**		
N22 Sala S22		BB1		11,7	11,7		
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5	0,5		
Detección de humos		BB1	2	0,02	0,05		

Tabla L6.4-152: *cargas de la caja IT-06.*

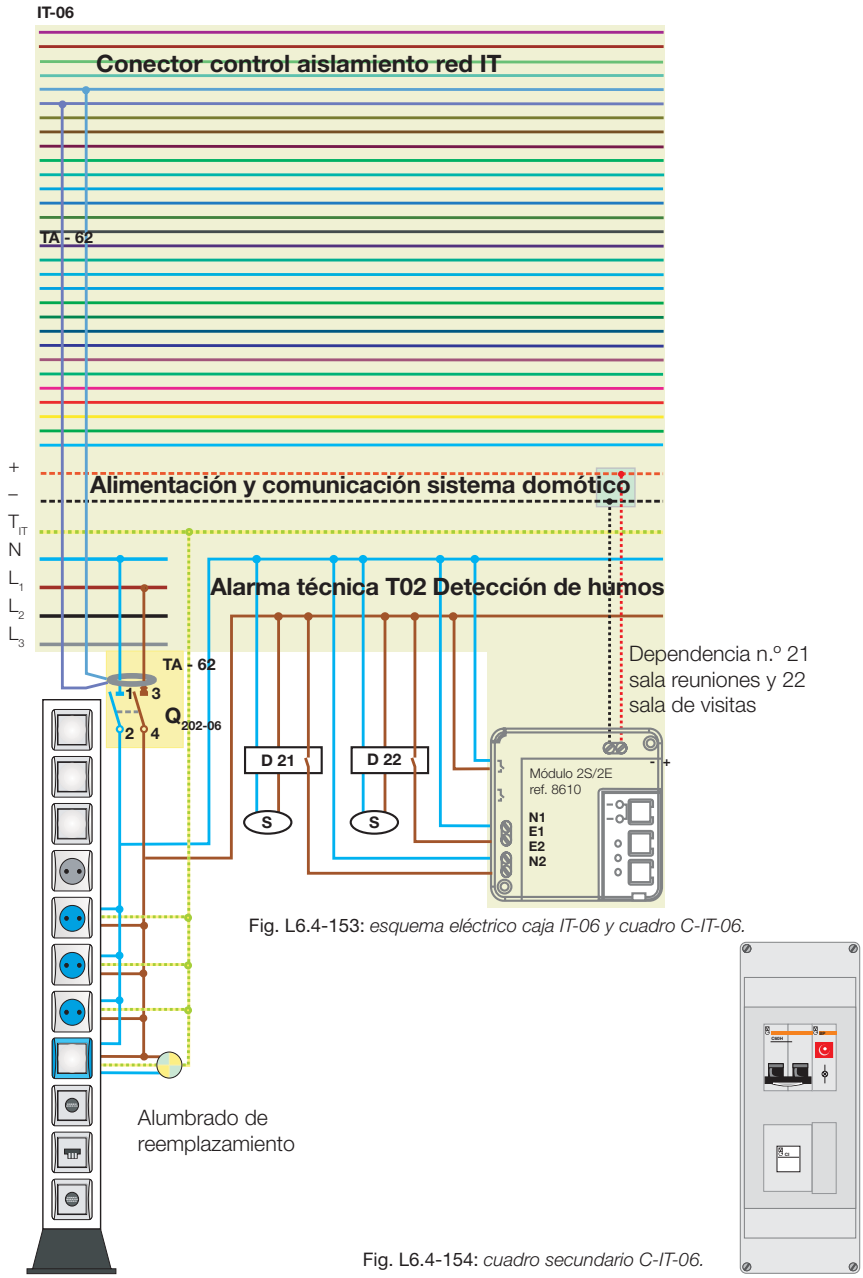


Fig. L6.4-153: *esquema eléctrico caja IT-06 y cuadro C-IT-06.*

Fig. L6.4-154: *cuadro secundario C-IT-06.*

Dependencia n.º 23 sala de reuniones

Caja de conexiones IT-07.

Cuadro secundario C-IT-07.

Clasificación de las cargas dependencia 23 despacho						
Caja	**N.º IT-07**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**	
					L1	L2	L3
N23	**Despacho 23**						**3,35**
N23 Despacho 23		BB1		2,8			2,8
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5			0,5
Detección de humos		BB1	2	0,02			0,05

Tabla L6.4-155: *cargas de la caja IT-07.*

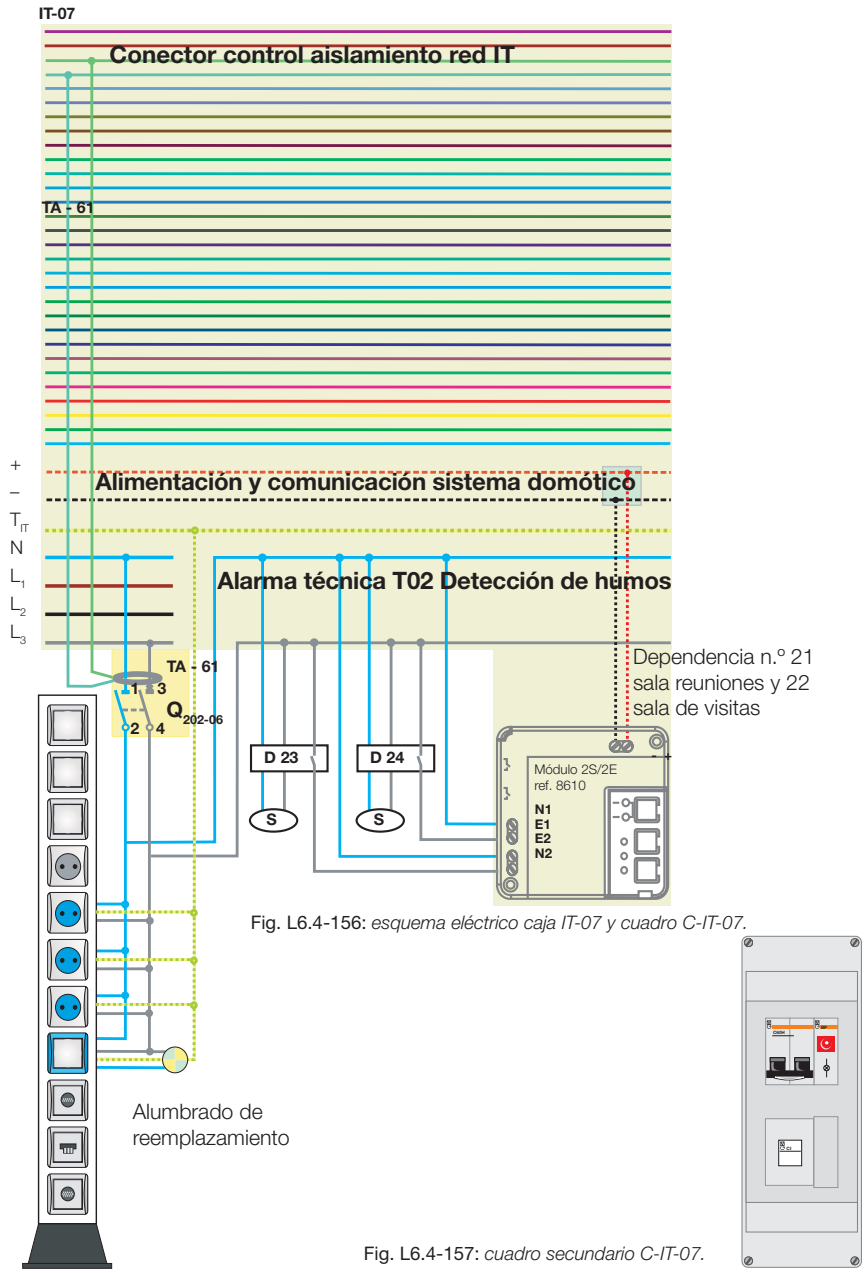


Fig. L6.4-156: *esquema eléctrico caja IT-07 y cuadro C-IT-07.*

Fig. L6.4-157: *cuadro secundario C-IT-07.*

L
6.4

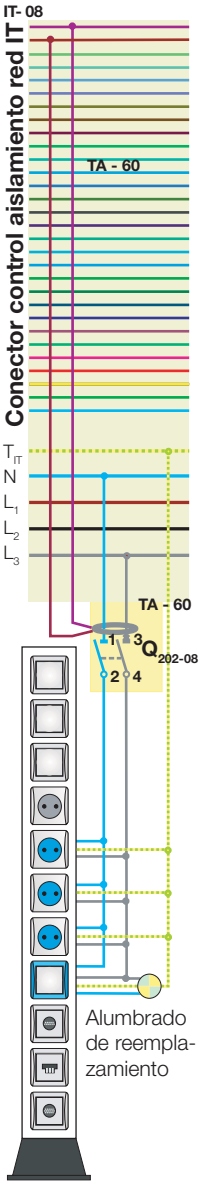


Fig. L6.4-159: *esquema eléctrico caja IT-08.*

Dependencia n.º 24 sala de reuniones

Caja de conexiones IT-08.
Cuadro secundario C-IT-08.

Clasificación de las cargas dependencia 24 despacho							
Caja	**N.º IT-08**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
N24	**Despacho 24**						**3,3**
N24 Despacho 24		BB1		2,8			2,8
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5			0,5

Tabla L6.4-158: *cargas de la caja IT-08.*



Fig. L6.4-160: *cuadro secundario C-IT-08.*

Línea de distribución n.º 2

La distribución se realiza partiendo de los bornes correspondientes del cuadro general:

- Línea equipotencial red de alimentación IT (color amarilo-verde a puntos).
- Línea de alimentación ininterrumpida (SAI) de 400/230 V, 50 Hz (neutro color azul, fases color marrón-negro y gris).
- Bus de comunicación control de aislamiento.

Dependencia n.º 26 vestíbulo

Caja de conexiones IT-09.
Cuadro secundario C-IT-09.

Clasificación de las cargas dependencia 26 vestíbulo							
Caja	**N.º IT-09**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
N26	**Vestíbulo 26**				**9,2**		
	CPU	BB1	1 · 300	1,3			
	Pantalla	BB1	1 · 220	1			
	C. Telefónica	BB1	1 · 1.100	6,9			
A. Reemplazamiento		BB1	2 · 115	0,5	1		
Detección de humos		BB1	1	0,01	0,01		
Detección presencia		BB1	4	0,4	0,4		

Tabla L6.4-161: *cargas de la caja IT-09.*

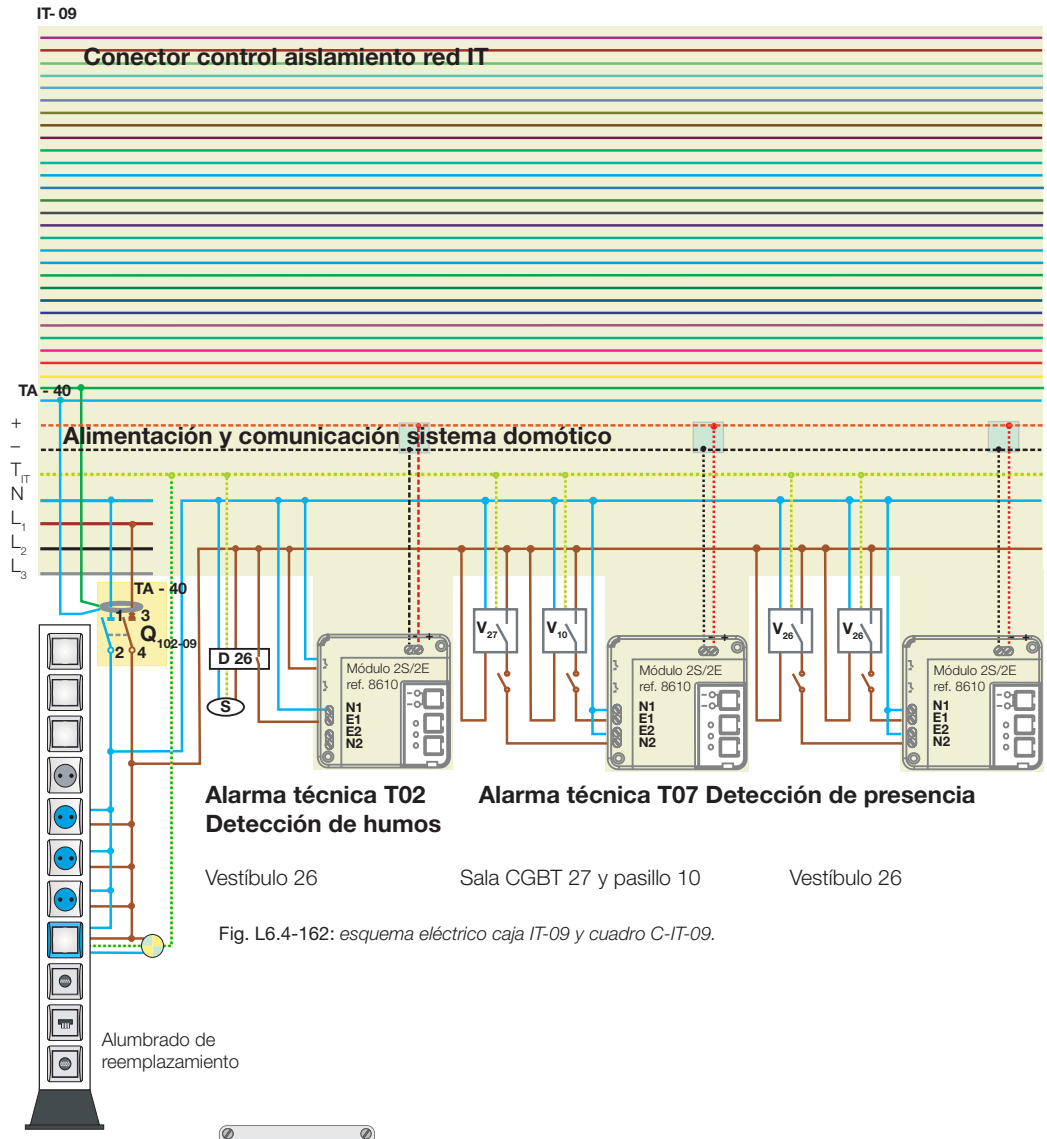


Fig. L6.4-162: *esquema eléctrico caja IT-09 y cuadro C-IT-09.*

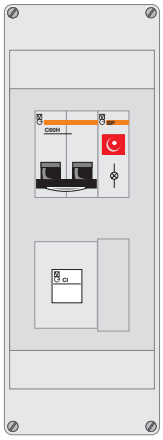


Fig. L6.4-163: *cuadro secundario C-IT-09.*

Dependencia n.º 28 despacho secretaría

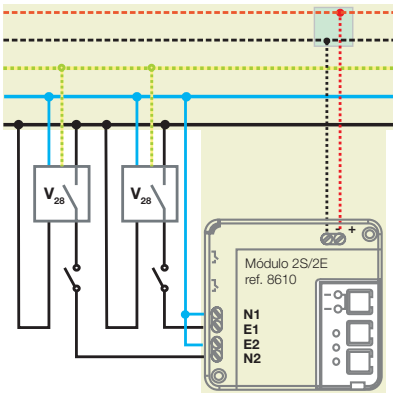
Caja de conexiones IT-10.

Cuadro secundario C-IT-10.

Clasificación de las cargas dependencia 26 vestíbulo							
Caja	**N.º IT-10**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	**L2**	**L3**
N25	**Despacho 25**					**19,11**	
	CPU	BB1	3 · 300	3,9		3,9	
	Pantalla	BB1	3 · 220	3		3	
	Impresora	BB1	3 · 110	1,5		1,5	
	Impresora G	BB1	1 · 1.100	6,9		6,9	
A. Reemplazamiento		BB1	3 · 230	1		3	
Detección de humos		BB1	4	0,04		0,01	
Detección presencia		BB1	2	0,2		0,2	
D. Fugas de agua		BB1	2	0,6		0,6	

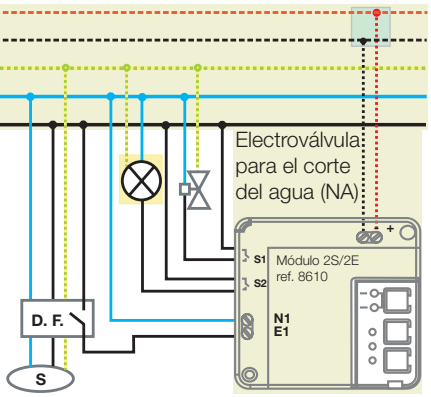
Tabla L6.4-164: *cargas de la caja IT-10.*

Alarma técnica T00 Detección de presencia



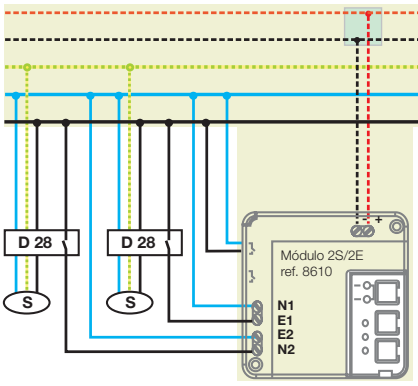
Dependencia n.º 28 despacho secretaría

Alarma técnica T00 Detección fugas de agua



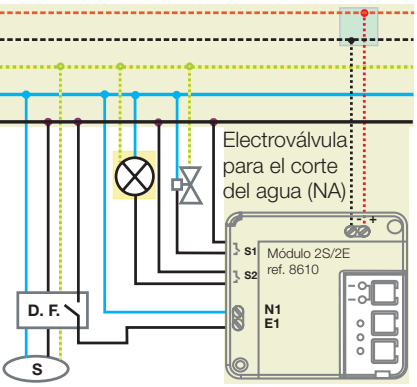
Dependencia n.º 12 servicio

Alarma técnica T02 Detección de humos



Dependencia n.º 28 despacho secretaría

Alarma técnica T00 Detección fugas de agua



Dependencia n.º 11 servicio

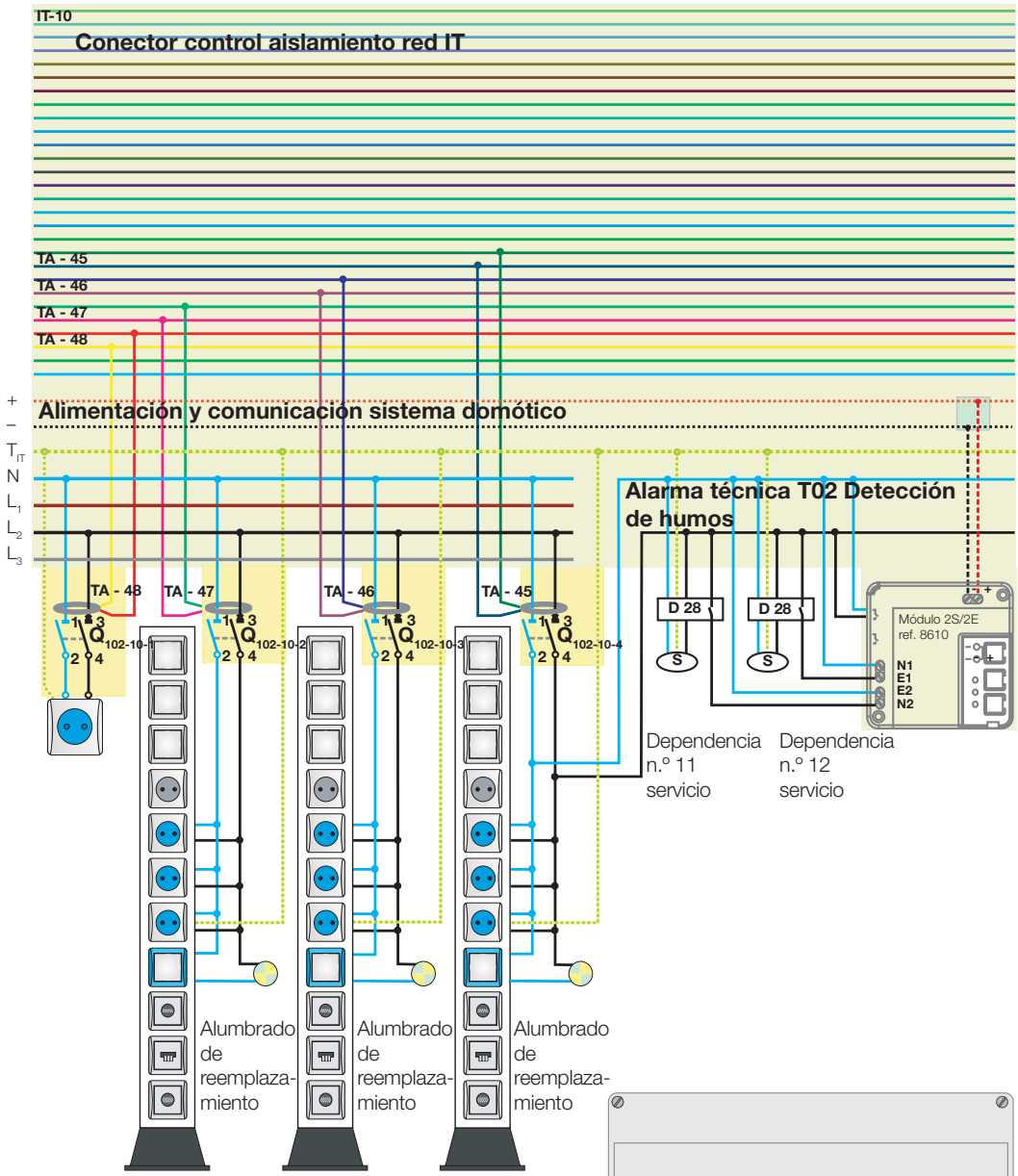


Fig. L6.4-165: *esquema eléctrico caja IT-10 y cuadro C-IT-10.*

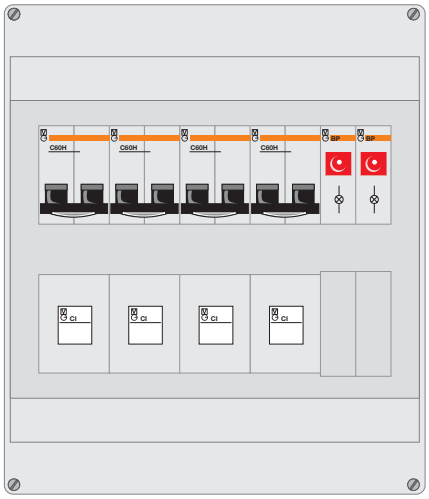


Fig. L6.4-166: *cuadro secundario C-IT-10.*

Dependencia n.º 07 despacho
Caja de conexiones IT-11.
Cuadro secundario C-IT-11.

Clasificación de las cargas dependencia 07 despacho						
Caja	**N.º IT-11**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**	
					L1	L2	L3
N07	**Despacho 07**					**3,34**	
N07 Despacho 7		BB1		2,8		2,8	
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5		0,5	
Detección de humos		BB1	4	0,04		0,04	

Tabla L6.4-167: *cargas de la caja IT-11.*

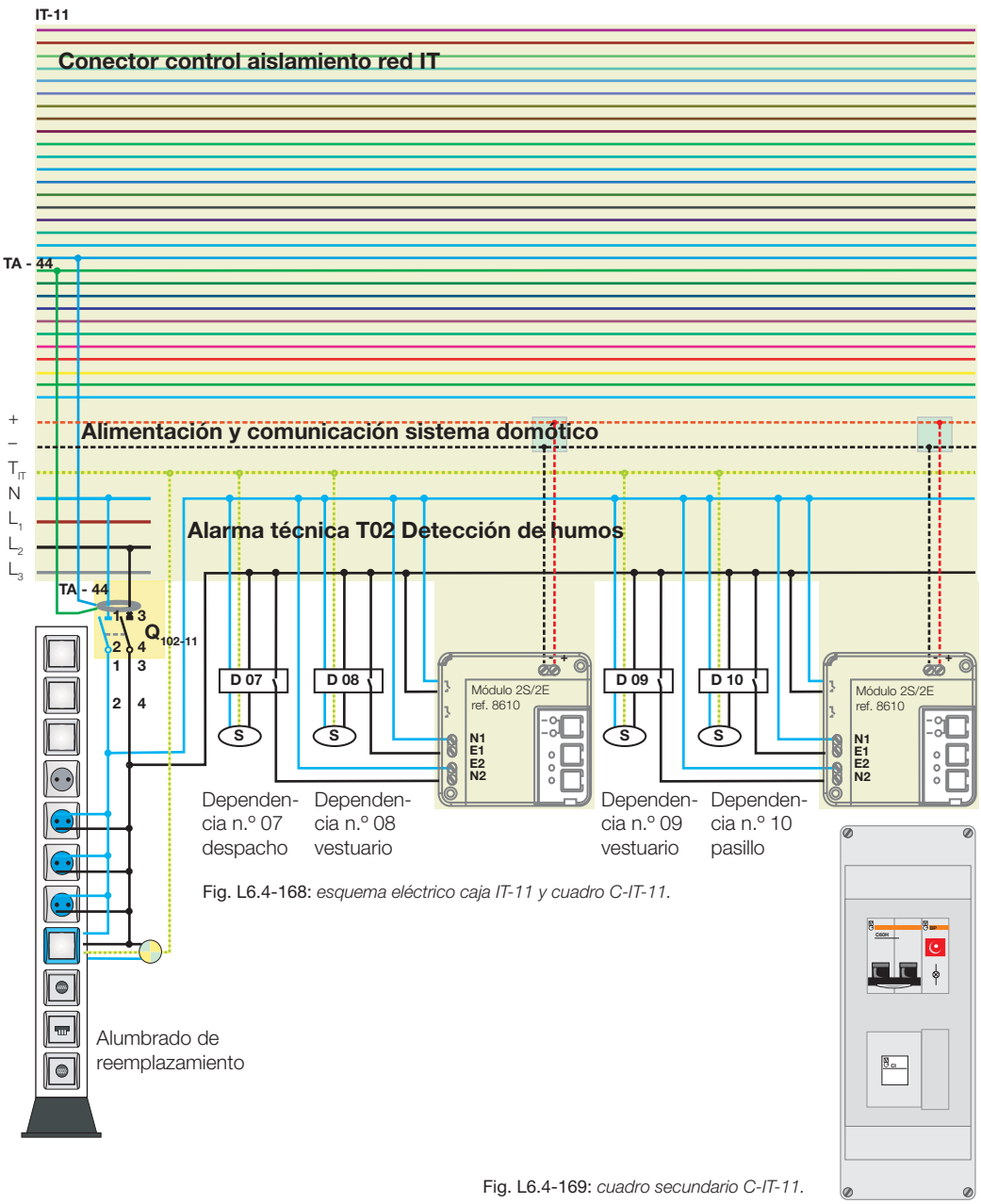


Fig. L6.4-168: *esquema eléctrico caja IT-11 y cuadro C-IT-11.*

Fig. L6.4-169: *cuadro secundario C-IT-11.*

Dependencia n.º 06 sala de reuniones

Caja de conexiones IT-12.

Cuadro secundario C-IT-12.

Clasificación de las cargas dependencia 07 despacho						
Caja	**N.º IT-12**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**	
					L1	L2	L3
N06	**Sala de reuniones 06**						**12,22**
N06 Sala S6		BB1		11,7			11,7
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5			0,5
Detección de humos		BB1	2	0,02			0,02

Tabla L6.4-170: *cargas de la caja IT-12.*

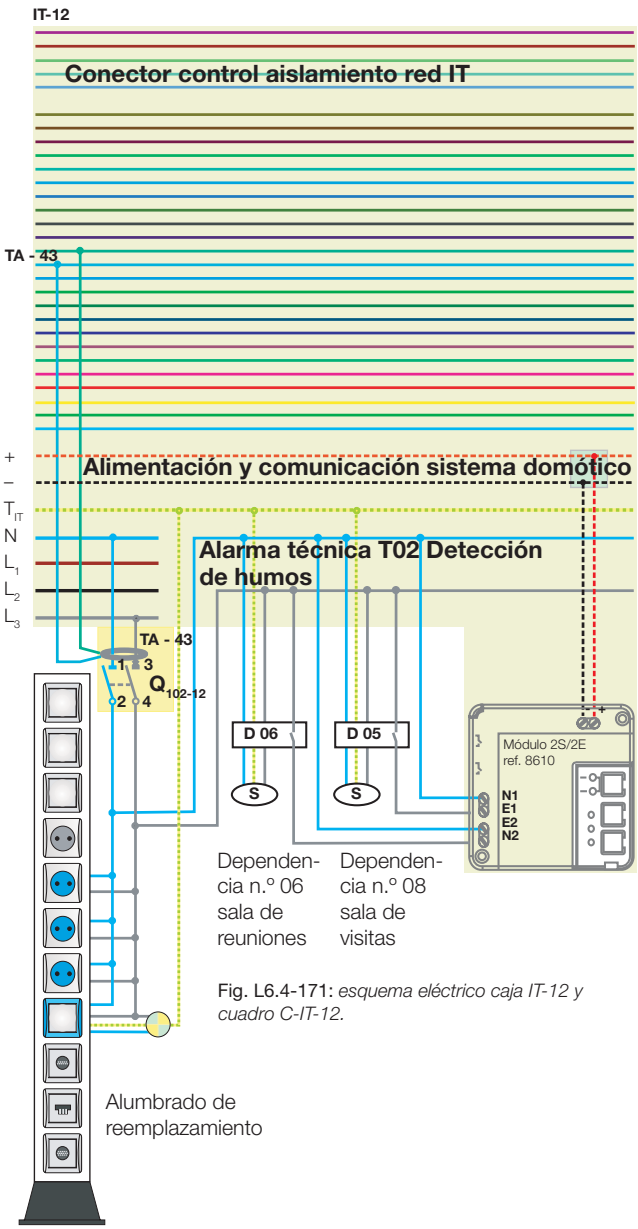


Fig. L6.4-171: *esquema eléctrico caja IT-12 y cuadro C-IT-12.*

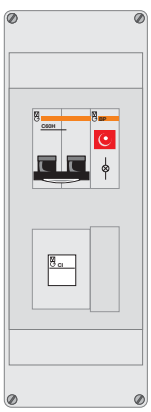


Fig. L6.4-172: *cuadro secundario C-IT-12.*

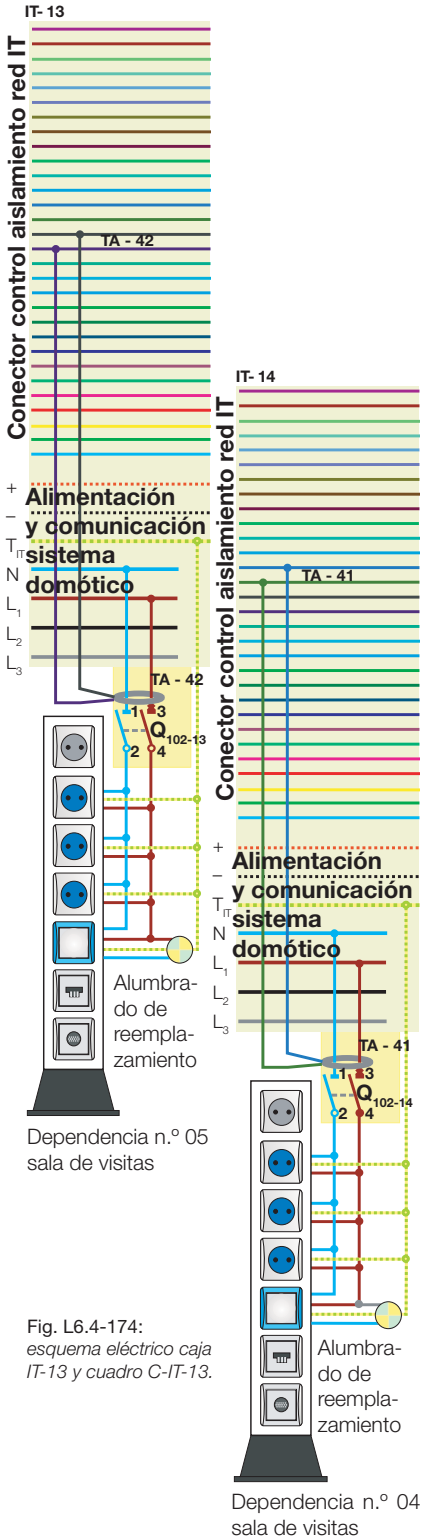


Fig. L6.4-174: *esquema eléctrico caja IT-13 y cuadro C-IT-13.*

Dependencia n.º 05 sala de visitas

Caja de conexiones IT-13.
Cuadro secundario C-IT-13.

Clasificación de las cargas dependencia 05 sala de visitas						
Caja	**N.º IT-13**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**	
					L1	L2
N05	**Sala de visitas**				**3,3**	
N05 Sala S5				2,8	2,8	
	CPU	BB1	1 · 300	1,3		
	Pantalla	BB1	1 · 220	1		
	Impresora	BB1	1 · 110	0,5		
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5	0,5	

Tabla L6.4-173: *cargas de la caja IT-13.*

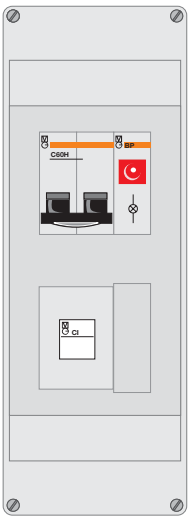
Dependencia n.º 04 sala de visitas

Caja de conexiones IT-14.
Cuadro secundario C-IT-14.

Clasificación de las cargas dependencia 04 sala de visitas						
Caja	**N.º IT-14**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**	
					L1	L2
N05	**Sala de visitas**				**3,3**	
N04 Sala S4				2,8	2,8	
	CPU	BB1	1 · 300	1,3		
	Pantalla	BB1	1 · 220	1		
	Impresora	BB1	1 · 110	0,5		
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5	0,5	

Tabla L6.4-175: *cargas de la caja IT-14.*

Fig. L6.4-176: *esquema eléctrico caja IT-14 y cuadro C-IT-14.*


C60H
ID
ID
C60H
ID
C60H
ID
C60H

Dependencia n.º 03 sala de reuniones
Caja de conexiones IT-15.
Cuadro secundario C-IT-15.

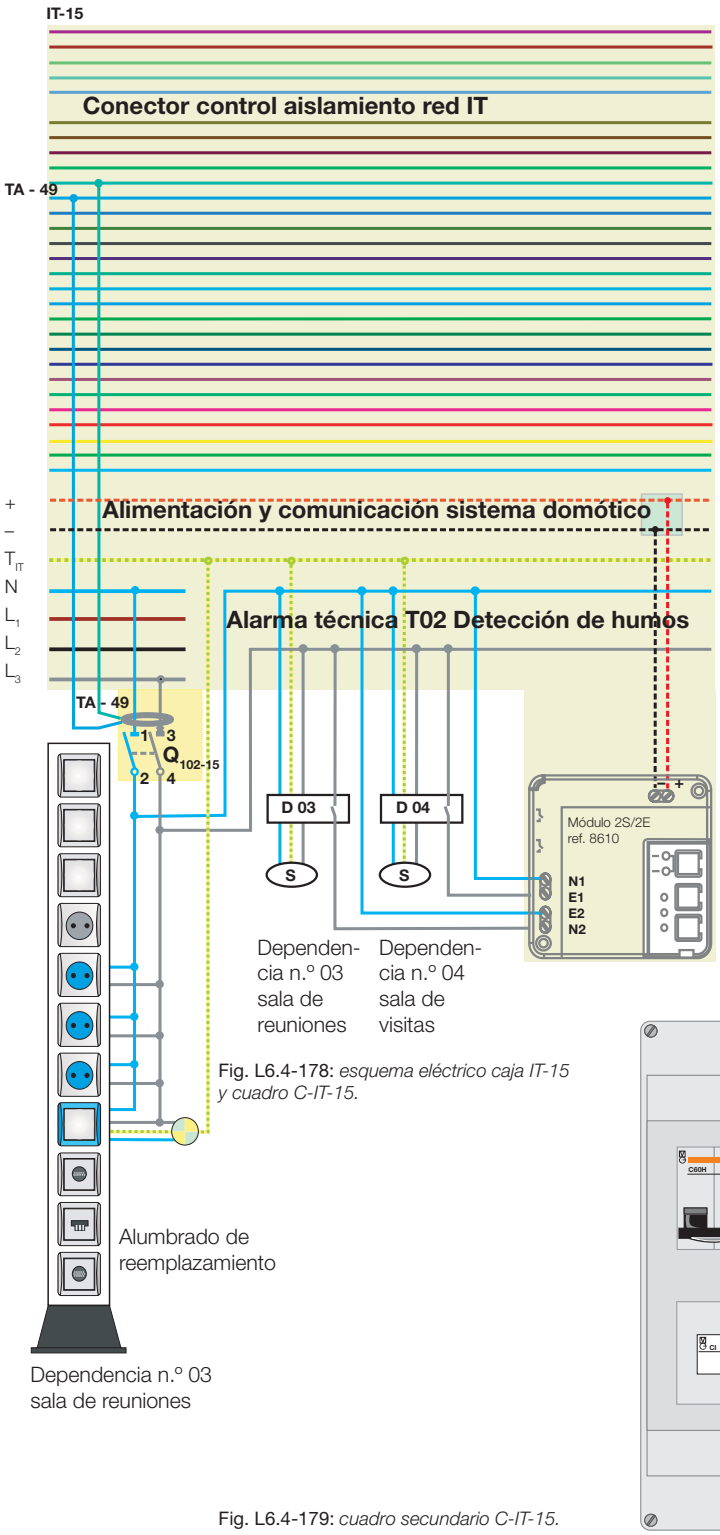


Fig. L6.4-178: *esquema eléctrico caja IT-15 y cuadro C-IT-15.*

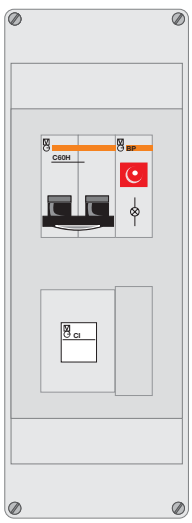


Fig. L6.4-179: *cuadro secundario C-IT-15.*

Clasificación de las cargas dependencia 03 sala de reuniones							
Caja	**N.º IT-15**	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
N03	**Sala de reuniones 03**						**12,28**
N03 Sala S3							11,7
	CPU	BB1	1 · 300	1,3			1,3
	Pantalla	BB1	1 · 220	1			1
	Proyetor	BB1	1 · 2.000	8,7			8,7
	Impresora	BB1	1 · 110	0,5			0,5
	Monitor TV	BB1	1 · 25	0,1			0,1
	Vídeo	BB1	1 · 35	0,16			0,16
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5			0,5
Detección de humos		BB1	2	0,02			0,02

Tabla L6.4-180: *cargas de la caja IT-15.*

Dependencia n.º 02 despacho

Caja de conexiones IT-16.
Cuadro secundario C-IT-16.

Clasificación de las cargas dependencia 02 despacho							
Caja	**N.º IT-16**	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
N02	**Despacho 02**				**3,32**		
N02 Despacho 2				2,8	2,8		
	CPU	BB1	1 · 300	1,3			
	Pantalla	BB1	1 · 220	1			
	Impresora	BB1	1 · 110	0,5			
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5	0,5		
Detección de humos		BB1	2	0,02	0,02		

Tabla L6.4-181: *cargas de la caja IT-16.*

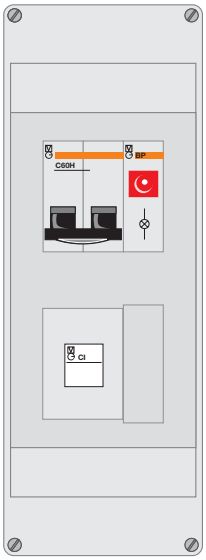


Fig. L6.4-182: *cuadro C-IT-16.*

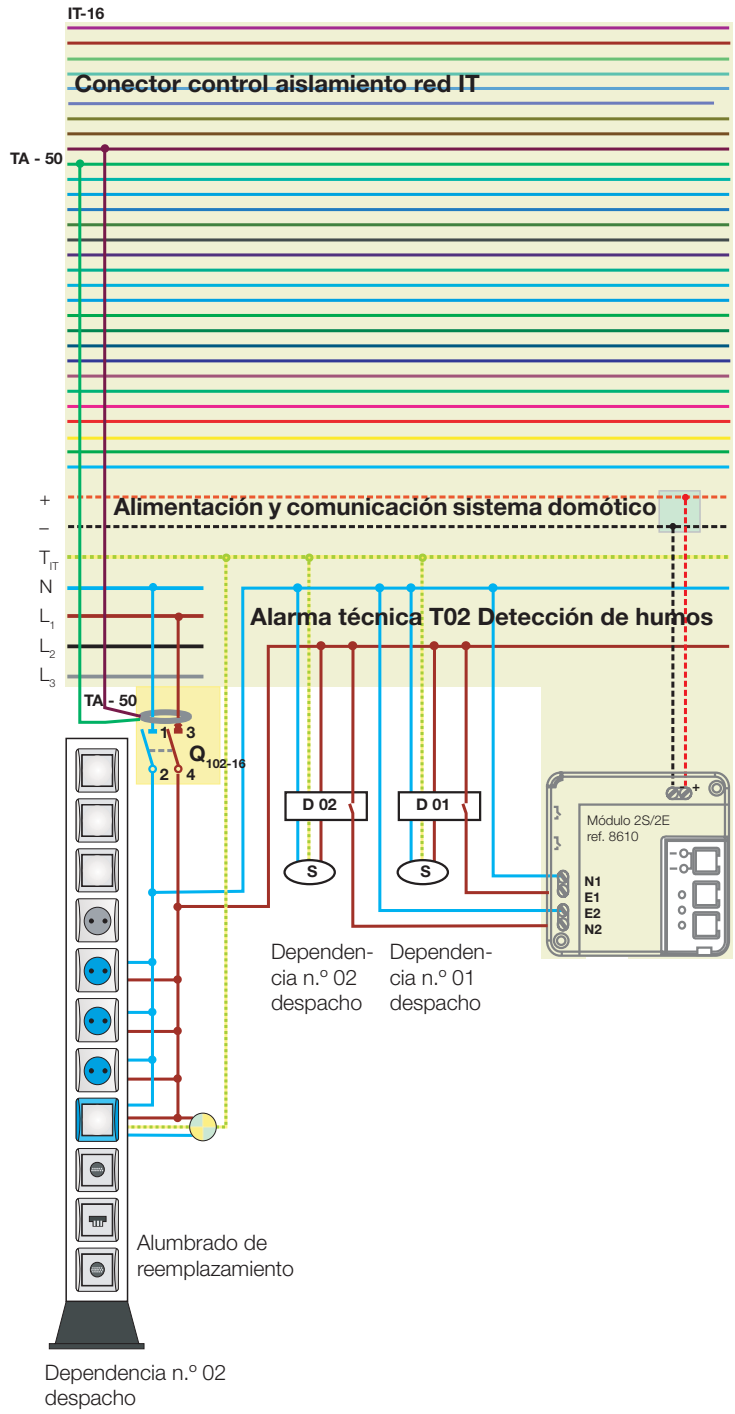


Fig. L6.4-183: *esquema eléctrico caja IT-16 y cuadro C-IT-16.*

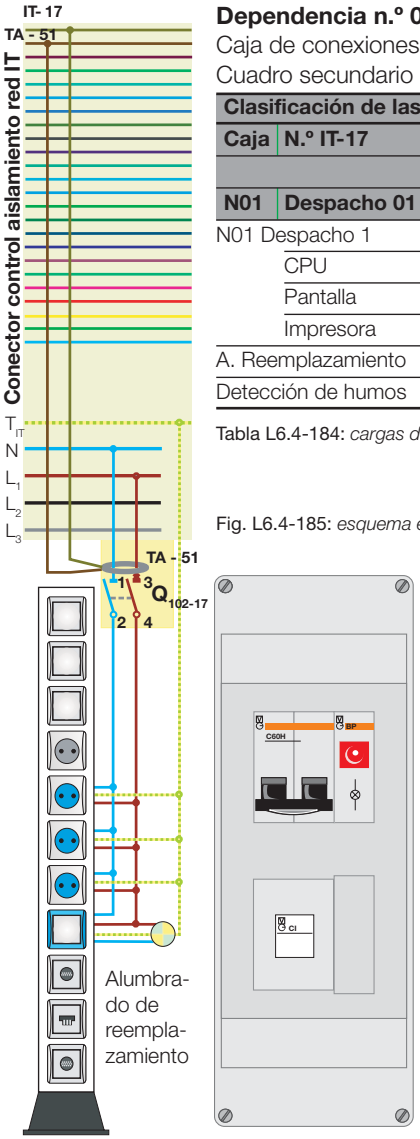


Fig. L6.4-185: *esquema eléctrico caja IT-17 y cuadro C-IT-17.*

Fig. L6.4-186: *cuadro C-IT-17.*

Dependencia n.º 01 despacho

Caja de conexiones IT-17.

Cuadro secundario C-IT-17.

Clasificación de las cargas dependencia 01 despacho							
Caja	**N.º IT-17**	**Clase P (W)**		**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
N01	**Despacho 01**				**3,32**		
N01 Despacho 1				2,8	2,8		
	CPU	BB1	1 · 300	1,3			
	Pantalla	BB1	1 · 220	1			
	Impresora	BB1	1 · 110	0,5			
A. Reemplazamiento		BB1	1 · 115	0,5	0,5		
Detección de humos		BB1	2	0,02	0,02		

Tabla L6.4-184: *cargas de la caja IT-17.*

Circuito telefónico, de TV e interconexión interna informática:

■ Circuito telefónico.

En este apartado solamente describiremos la línea de distribución correspondiente a las dependencias tratadas de la primera planta.

Se efectuará una descripción de la distribución telefónica de las tres plantas.

■ Circuito TV.

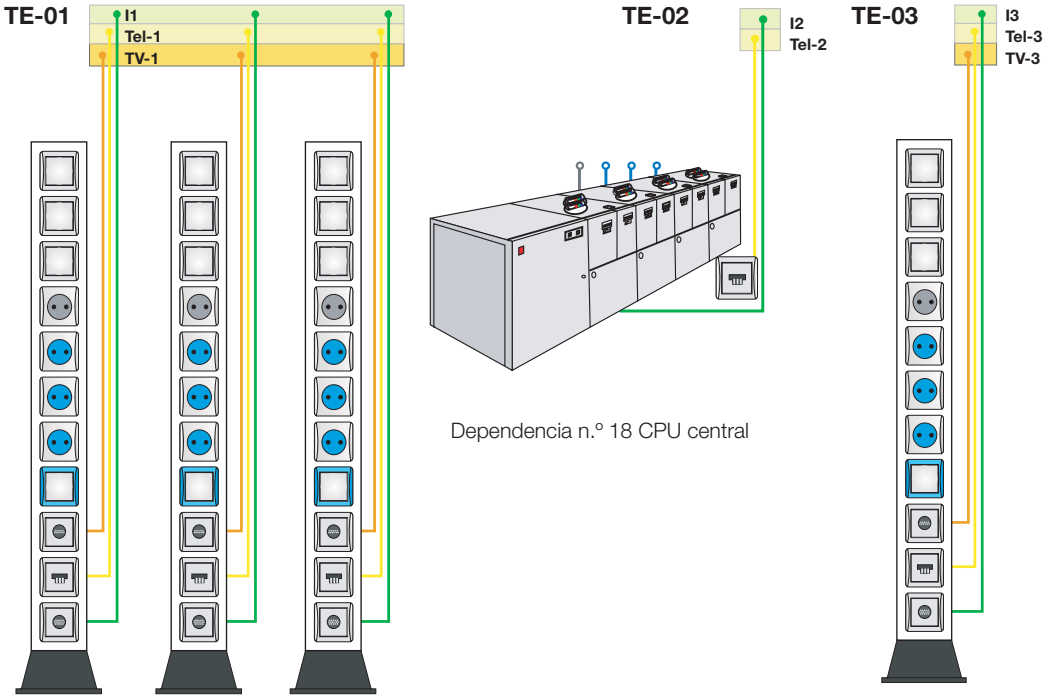
En este apartado solamente describiremos la línea de distribución correspondiente a las dependencias tratadas de la primera planta.

Se efectuará una descripción de la distribución de la señal de TV de las tres plantas y de todo el edificio en los servicios generales.

■ Circuito (BUS) de interconexión informático.

Cajas de conexión de las corrientes débiles

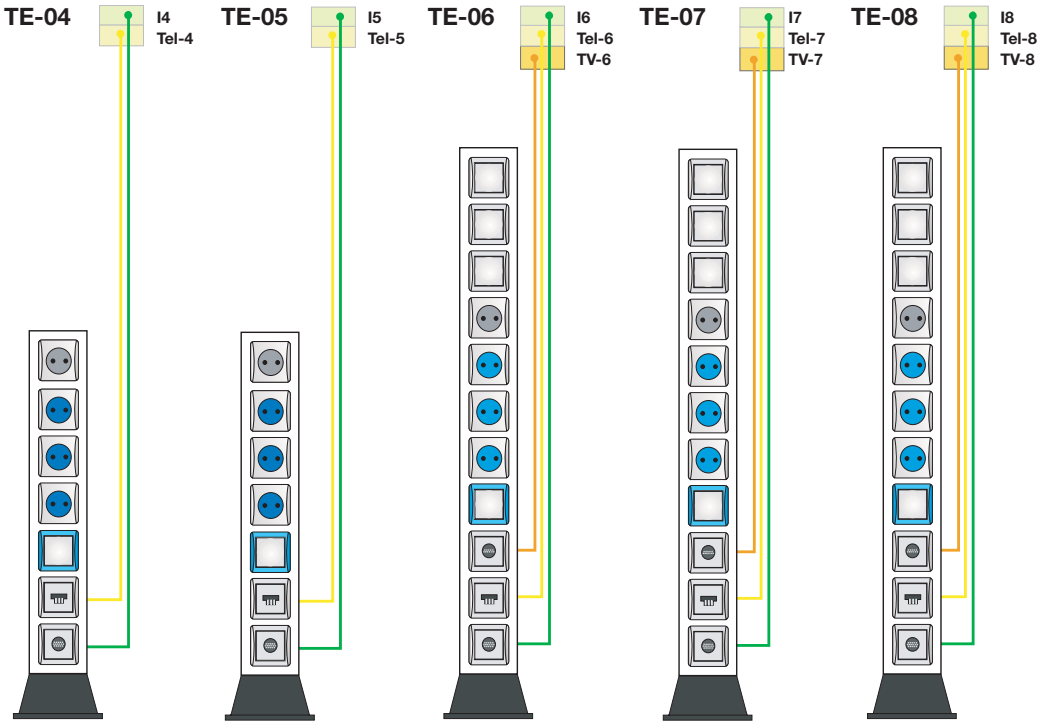
Las cajas de conexión serán interiores para circuitos telefónico, de TV e informática.



Dependencia n.º 25 despacho de secretaría

Dependencia n.º 18 CPU central

Dependencia n.º 19 despacho



Dependencia n.º 20
sala de visitas

Dependencia n.º 21
sala de visitas

Dependencia n.º 22
sala de reuniones

Dependencia n.º 23
despacho

Dependencia n.º 24
despacho

Fig. L6.4-187: *esquemas cajas de conexión líneas telefónica, TV e informática ramal 1.º.*

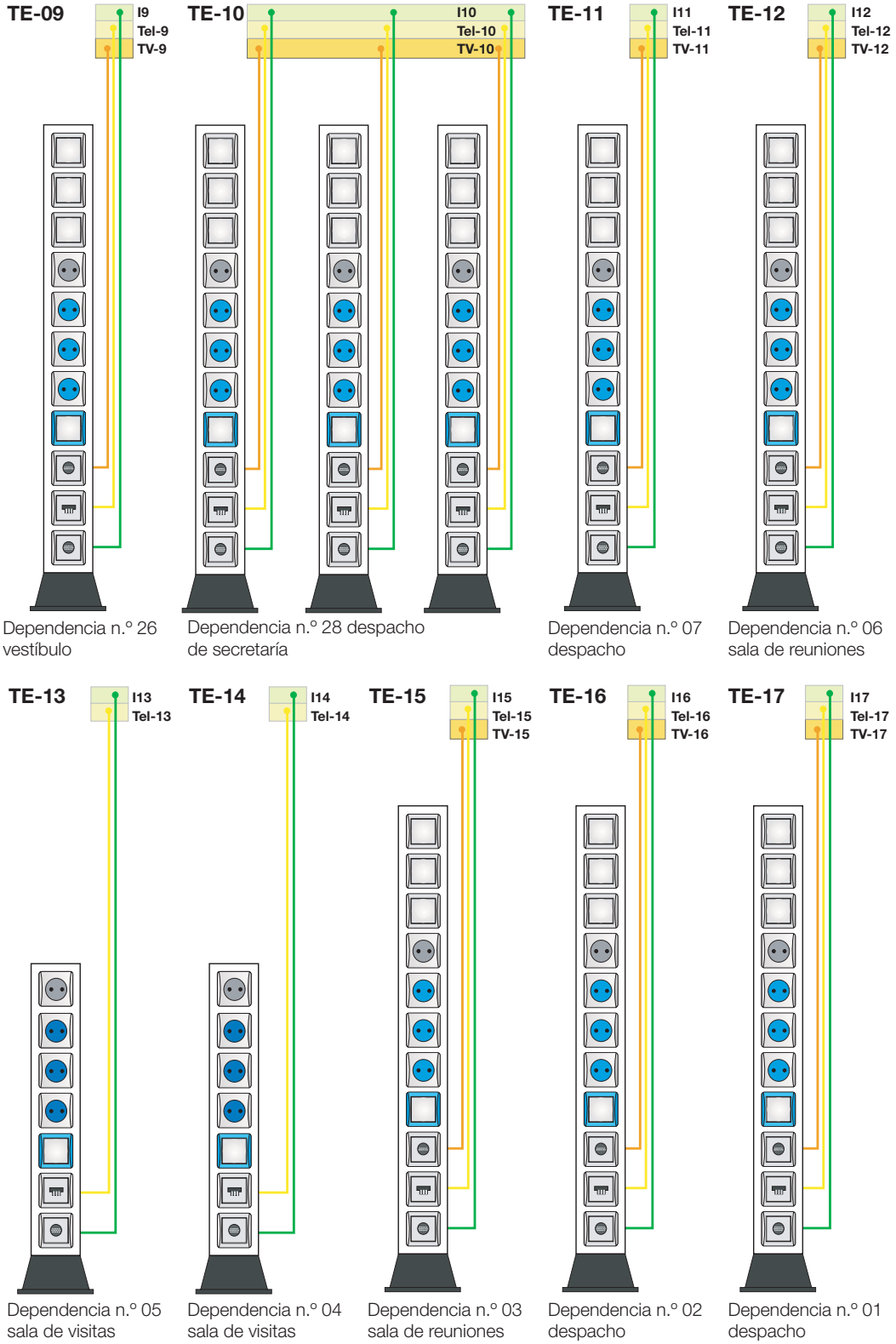


Fig. L6.4-188: *esquemas cajas de conexión líneas telefónica, TV e informática ramal 2.º.*

Cajas de conexiones para las corrientes débiles

Las cajas de conexión para las tres línea de corriente débiles se pueden conectar a través de cajas compartimentadas tipo ICT 3050/6 RTRTP.

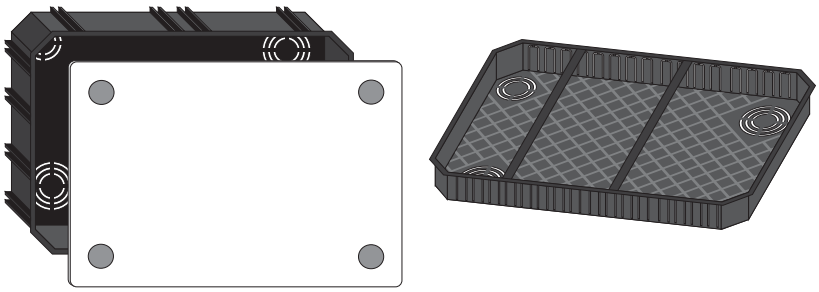


Fig. L6.4-189: *cajas de conexión líneas telefónica, TV e informática ramal 2.º.*

Alumbrado de emergencia (señalización)

Distribuiremos el alumbrado de emergencia para guiar la salida a las personas situadas en la planta hacia la escalera y ascensores del edificio. Lo realizaremos con bloques autónomos dependientes de las dos líneas de alumbrado, para que en la ausencia de tensión en estas líneas se pueda encender el alumbrado de emergencia (guía) correspondiente.

Dispondremos de dos líneas de alimentación de 24 puntos cada una.

Manualmente podremos controlar el alumbrado con un TBS.

Clasificación de las cargas para el alumbrado de señalización							
N.º		Clase P (W)		I (A)	Fase		
					L1	L2	L3
29	A. Emergencia	BB1	46 · 25		3,1	3,3	3,1

Tabla L6.4-190: *cargas para la red de alumbado de emergencia de señalización.*

Línea 1.ª de alumbrado

Línea 2.ª de alumbrado

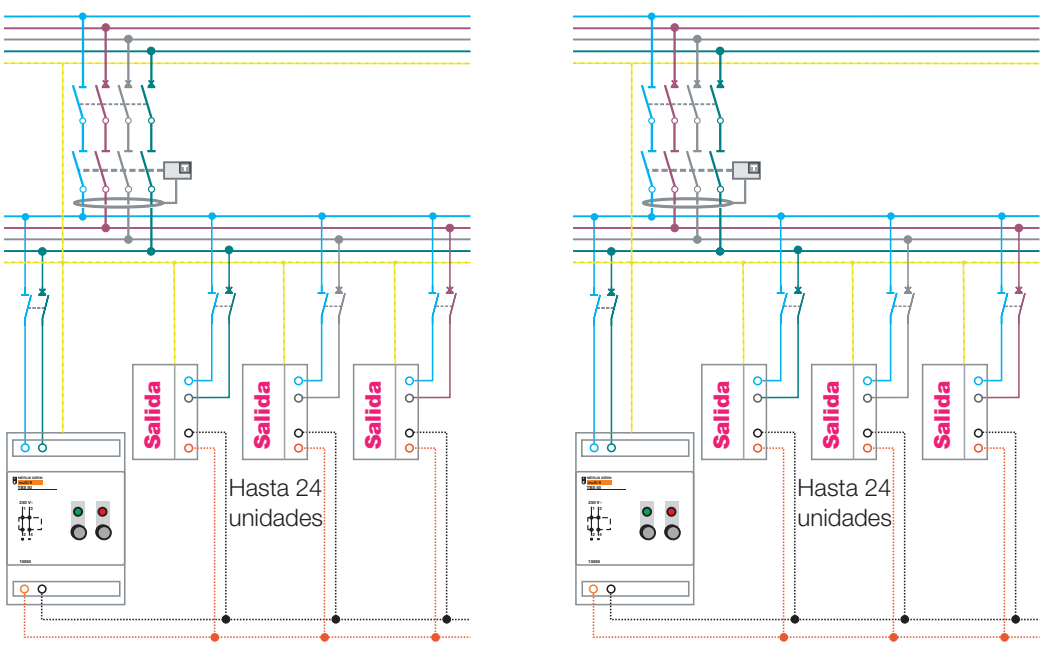


Fig. L6.4-191: *alumbrado de emergencia (señalización).*

Líneas de la primera planta

Líneas para tomas de corriente

Línea de conectores ramal izquierdo 1.º

Cargas

Clasificación de las cargas ramal 1.º cajas							
Caja	**N.º**	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
Caja	**N.º CC28**						
C00	**Conectores, enchufes**				**2,0**		
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**				**0,5**		
Caja	**N.º CC27**						
C00	**Conectores, enchufes**					**2,0**	
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**					**0,5**	
Caja	**N.º CC26**						
C00	**Conectores, enchufes**				**2,0**		
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**				**2,6**		
Caja	**N.º CC25**						
C00	**Conectores, enchufes**				**1,5**		
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**				**0,4**		
Caja	**N.º CC24**						
C00	**Conectores, enchufes**					**1,5**	
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**					**0,4**	
Caja	**N.º CC23**						
C00	**Conectores, enchufes**					**2**	
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**					**2,6**	
Caja	**N.º CC22**						
C00	**Conectores, enchufes**				**2**		
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**				**0,5**		
Caja	**N.º CC19**						
Total derivación					**4,7**		**3,7**
Caja	**N.º CC16**						
C00	**Conectores, enchufes**					**5,5**	**13**
C28	Despacho 25	BB1	11 · 5 A · 0,1	5,5		5,5	
			8 · 5 A · 0,05	2			
	Fotocopiadora		1 · 3.000	13			13
Caja	**N.º CC15**						
C00	**Conectores, enchufes**					**2,5**	
C26	Despacho 26	BB1	4 · 5 A · 0,1	2		2	
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
	Cadena HI-FI		1 · 100	0,4		0,4	
	Radio		1 · 25	0,1		0,1	
Total					**16,2**	**17**	**16,7**

Tabla L6.4-192: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de conectores ramal izquierdo 1.º.*

Clasificación de las cargas ramal de la línea izquierda						
Caja	**N.º**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
Caja	**N.º CC21**					
C00	**Conectores, enchufes**					**1**
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**					**0,4**
Caja	**N.º CC20**					
C00	**Conectores, enchufes**			**1**		
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
Caja	**N.º CC19**					
C00	**Conectores, enchufes**			**1**		
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**			**0,4**		
Caja	**N.º CC18**					
C00	**Conectores, enchufes**					**1**
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
E00	**Electrodomésticos**					**1,3**
Caja	**N.º CC17**					
C00	**Conectores, enchufes**			**1**		
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
E00	**Electrodomésticos**			**1,3**		
Total derivación				**4,7**		**3,7**

Tabla L6.4-193: *valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de conectores ramal izquierdo 1.º.*

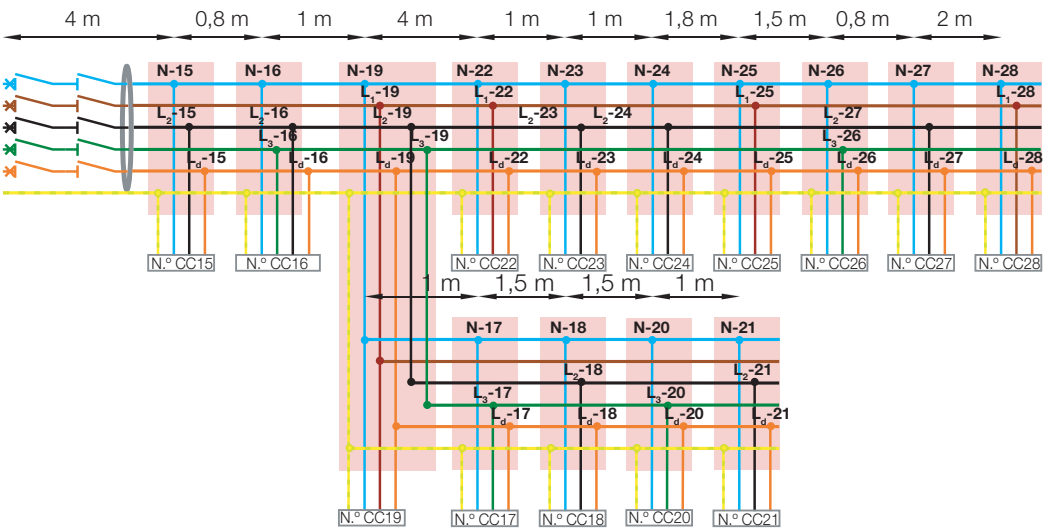


Fig. L6.4-194: *esquema línea de conectores ramal izquierdo 1.º.*

Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución para conocer la carga correspondiente de circulación por el neutro para conocer la posibilidad de que la sección del neutro sea igual a las fases o mitad.

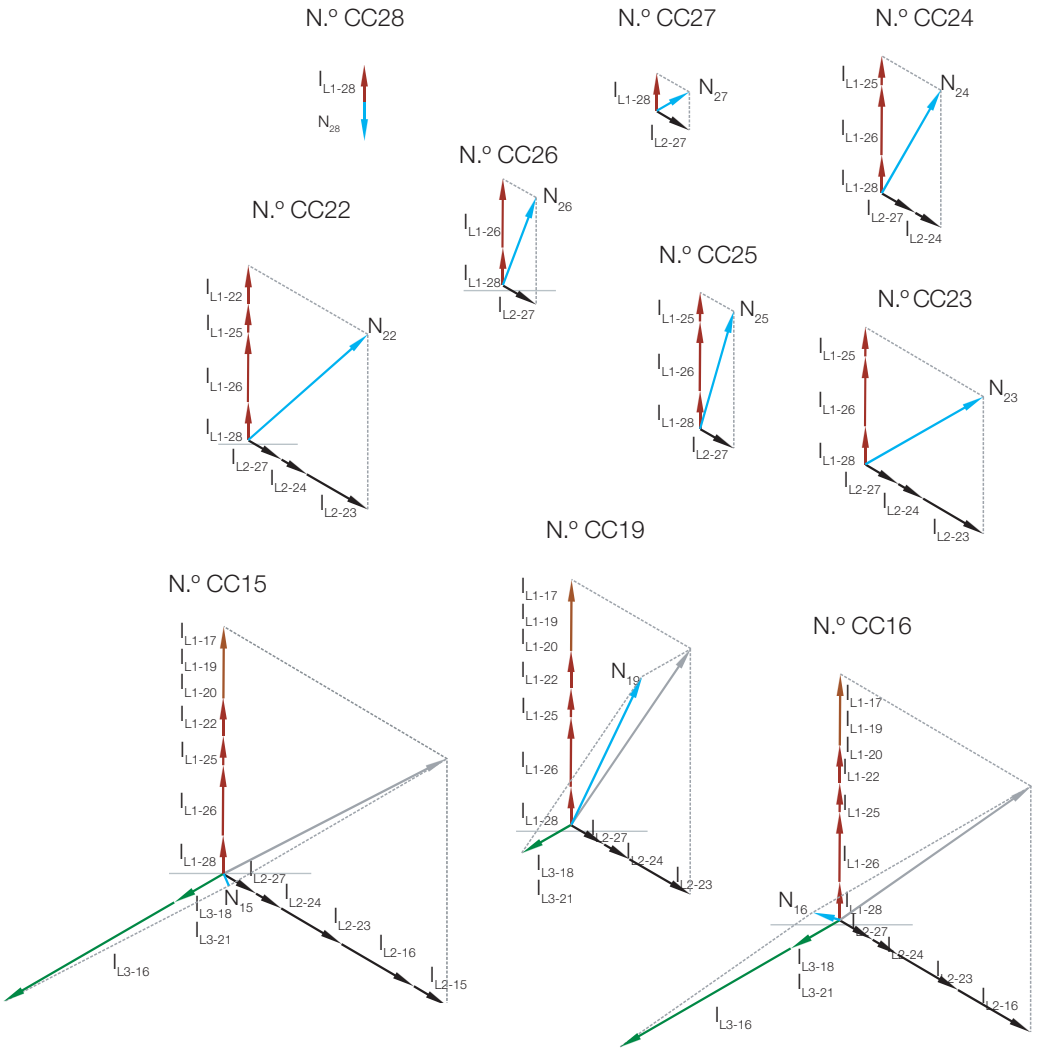


Fig. L6.4-195: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de tomas de corriente n.º 1.*

Consideraciones de los diagramas de sumas vectoriales de las intensidades

Podemos observar que el incremento de intensidad a circular por el neutro incrementa progresivamente desde las cajas más separadas hasta la caja CC19 (desde la CC28 hasta la CC19), y a partir de ésta va disminuyendo.

Nunca supera las intensidades de las fases, pero su valor es superior a la mitad de las mismas

Línea discriminada

Para evitar posibles utilizaciones incorrectas, por personas no cualificadas, las tomas de corriente para la limpieza de las oficinas están discriminadas por un horario de utilización e identificables por su color, permitiendo en este período la desconexión de las tomas de corriente de utilización normal en el trabajo cotidiano.

La previsión de un consumo de 8 A circulando por una derivación de la fase y el neutro, es de valor inferior a la intensidad de utilización normal por el neutro; por la que deberemos dimensionar su sección.

Línea de conectores ramal derecho 2.º

Cargas

Clasificación de las cargas ramal 2.º cajas							
Caja	**N.º**	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
Caja	**N.º CC14**						
C00	**Conectores, enchufes**					**2**	
			3 · 5 A ·0,05	0,75			
O00	**Confort**					**0,5**	
Caja	**N.º CC13**						
C00	**Conectores, enchufes**					**2**	
			3 · 5 A ·0,05	0,75			
O00	**Confort**					**0,5**	
Caja	**N.º CC12**						
C00	**Conectores, enchufes**				**2**		
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**				**2,6**		
Caja	**N.º CC11**						
C00	**Conectores, enchufes**						**1,5**
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**						**0,4**
Caja	**N.º CC10**						
C00	**Conectores, enchufes**					**1,5**	
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**					**0,4**	
Caja	**N.º CC09**						
C00	**Conectores, enchufes**				**2**		
			3 · 5 A ·0,05	0,75			
O00	**Confort**				**2,6**		
Caja	**N.º CC08**						
C00	**Conectores, enchufes**				**2**		
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**				**0,5**		
Caja	**N.º CC05**						
Total derivación					**3,3**	**3,7**	**1,4**
Caja	**N.º CC02**						
C00	**Conectores, enchufes**					**5,5**	**13**
C28	Despacho 25	BB1	11 · 5 A · 0,1		5,5	5,5	
			8 · 5 A · 0,05	2			
	Fotocopiadora		1 · 3.000	13			13
Caja	**N.º CC01**						
C00	**Conectores, enchufes**				**1**		
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
Total conectores ramal derecho 2.º					**16**	**16,1**	**16,3**

Tabla L6.4-196: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de conectores ramal izquierdo 2.º.*

Clasificación de las cargas ramal de la línea derecha. Cajas						
Caja	**N.º**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
Caja	**N.º CC07**					
C00	**Conectores, enchufes**				**1**	
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**				**0,4**	
Caja	**N.º CC06**					
C00	**Conectores, enchufes**			**1**		
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
Caja	**N.º CC05**					
C00	**Conectores, enchufes**					**1**
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**					**0,4**
Caja	**N.º CC04**					
E00	**Electrodomésticos**				**1,3**	
C00	**Conectores, enchufes**				**1**	
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
Caja	**N.º CC03**					
E00	**Electrodomésticos**			**1,3**		
C00	**Conectores, enchufes**			**1**		
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
Total derivación				**3,3**	**3,7**	**1,4**

Tabla L6.4-197: *valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de conectores ramal izquierdo 2.º.*

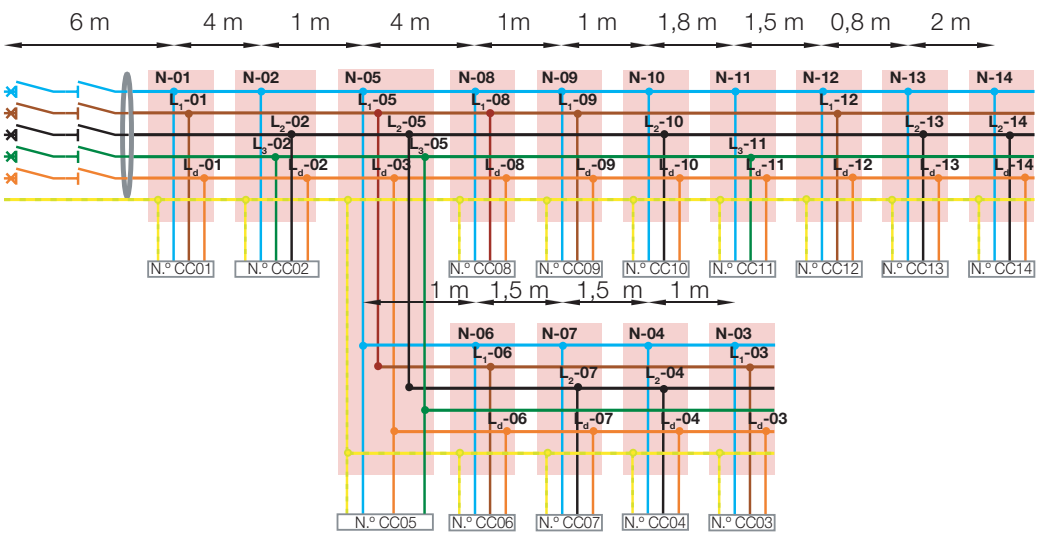


Fig. L6.4-198: *esquema línea de conectores ramal derecho 2.º.*

Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución, para conocer la intensidad correspondiente de circulación por el neutro, con el fin de valorar la posibilidad de que la sección del neutro sea igual a las fases o mitad.

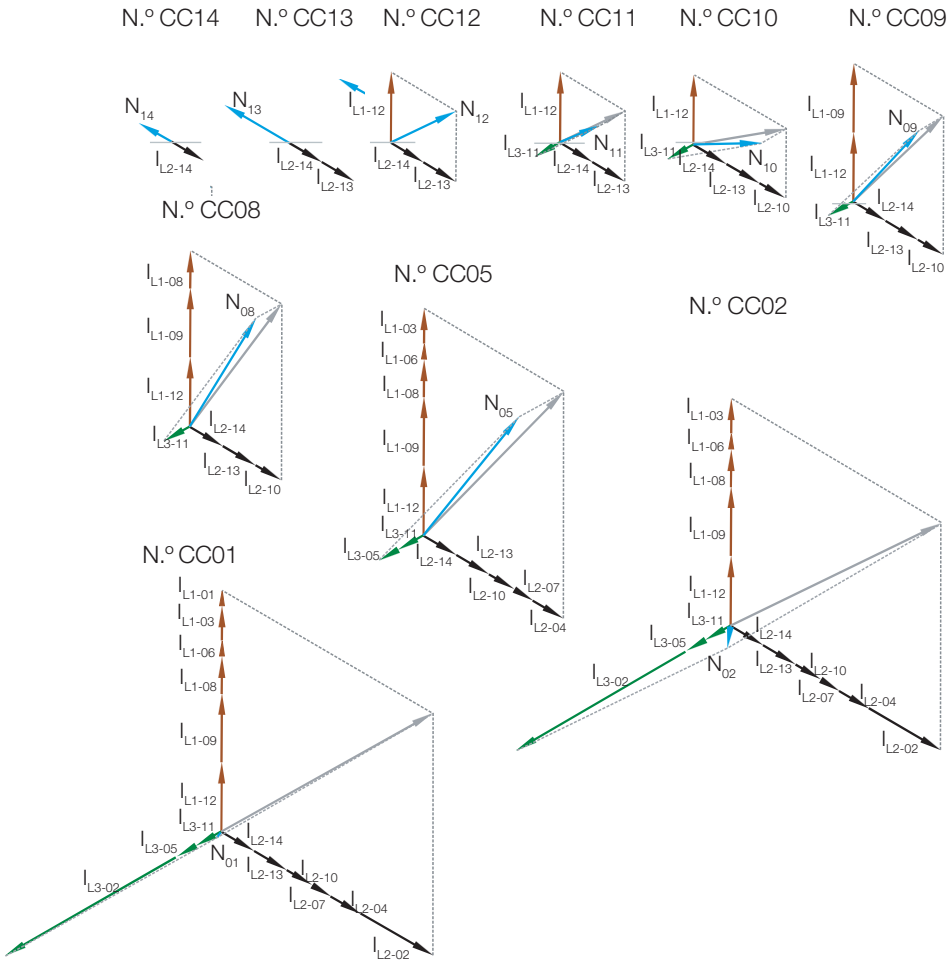


Fig. L6.4-199: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de tomas de corriente n.º 2.*

Consideraciones de los diagramas de sumas vectoriales de las intensidades

Podemos observar que el incremento de intensidad a circular por el neutro incrementa progresivamente desde las cajas más separadas hasta la caja CC05 (desde la CC14 hasta la CC05) y a partir de ésta va disminuyendo.

Nunca supera las intensidades de las fases, pero su valor es superior a la mitad de las mismas

Línea discriminada

Para evitar posibles utilizaciones incorrectas, por personas no cualificadas, las tomas de corriente para la limpieza de las oficinas están discriminadas por un horario de utilización e identificables por su color, permitiendo en este período la desconexión de las tomas de corriente de utilización normal en el trabajo cotidiano.

La previsión de un consumo de 7,75 A circulando por una derivación de la fase y el neutro, es de valor inferior a la intensidad de utilización normal por el neutro; por la que deberemos dimensionar su sección.

Línea de alumbrado

Línea de alumbrado ramal izquierdo n.º 1

En el capítulo K, apartado 5. "El control de la energía en los ejemplos ilustrados en este manual", subapartado "Esquemas eléctricos planta 1.ª - Alumbrado" del 4.º Volumen (Tablas K5-073 y K5-074, páginas K/455 y K/456), analizamos los desplazamientos de la tensión y la intensidad y la tasa de armónicos THDI de la línea de alumbrado.

Cargas

Clasificación de las cargas alumbrado ramal izquierdo n.º 1				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	N.º CC28			
I00	Alumbrado	3,7		
Caja	N.º CC27			
I00	Alumbrado	4,7		
Caja	N.º CC26			
I00	Alumbrado			6,46
Caja	N.º CC25			
I00	Alumbrado		2,23	
Caja	N.º CC24			
I00	Alumbrado		2,23	
Caja	N.º CC23			
I00	Alumbrado			6,46
Caja	N.º CC22			
I00	Alumbrado			4,70
Caja	N.º CC19	3,8	0,9	1,1
Caja	N.º CC16			
I00	Alumbrado		14,08	
Caja	N.º CC15			
I00	Alumbrado	6,46		
Total		18,66	19,44	18,72

Tabla L6.4-200: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º.*

Clasificación de las cargas alumbrado derivación ramal izquierdo n.º 1				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	N.º CC20			
I00	Alumbrado	0,9		
Caja	N.º CC21			
I00	Alumbrado		0,9	
Caja	N.º CC18			
I00	Alumbrado	1,1		
Caja	N.º CC17			
I00	Alumbrado			1,1
Caja	N.º CC19			
I00	Alumbrado	1,8		
Total		3,8	0,9	1,1

Tabla L6.4-200/1: *valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º.*

Los valores medios entre los dos tipos de fuentes luminosas nos permiten considerar un factor de potencia medio de 0,61, que corresponde a un ángulo φ de 50º 12' y una tasa media THDI del orden del 16%. Valores que aplicaremos a esta red.

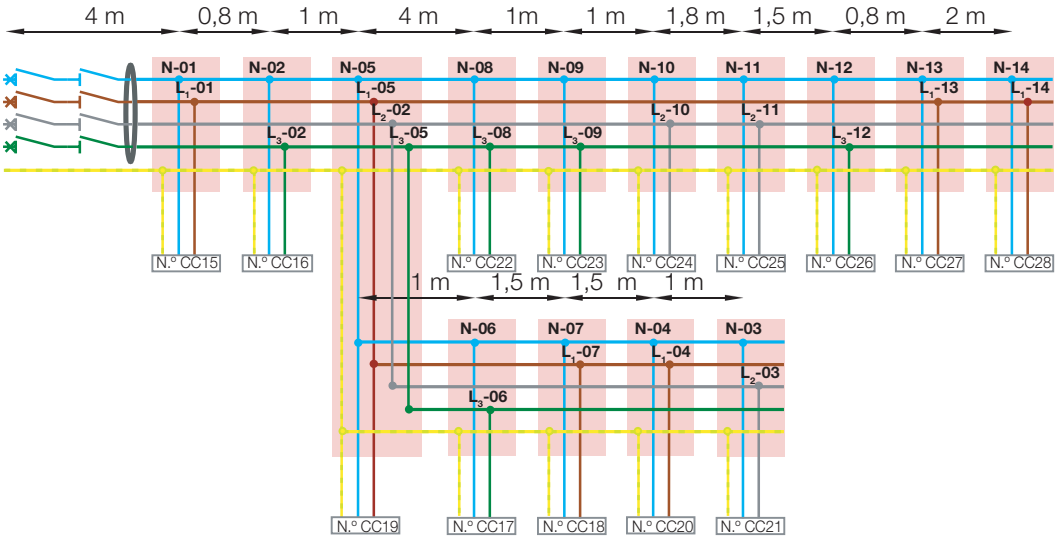
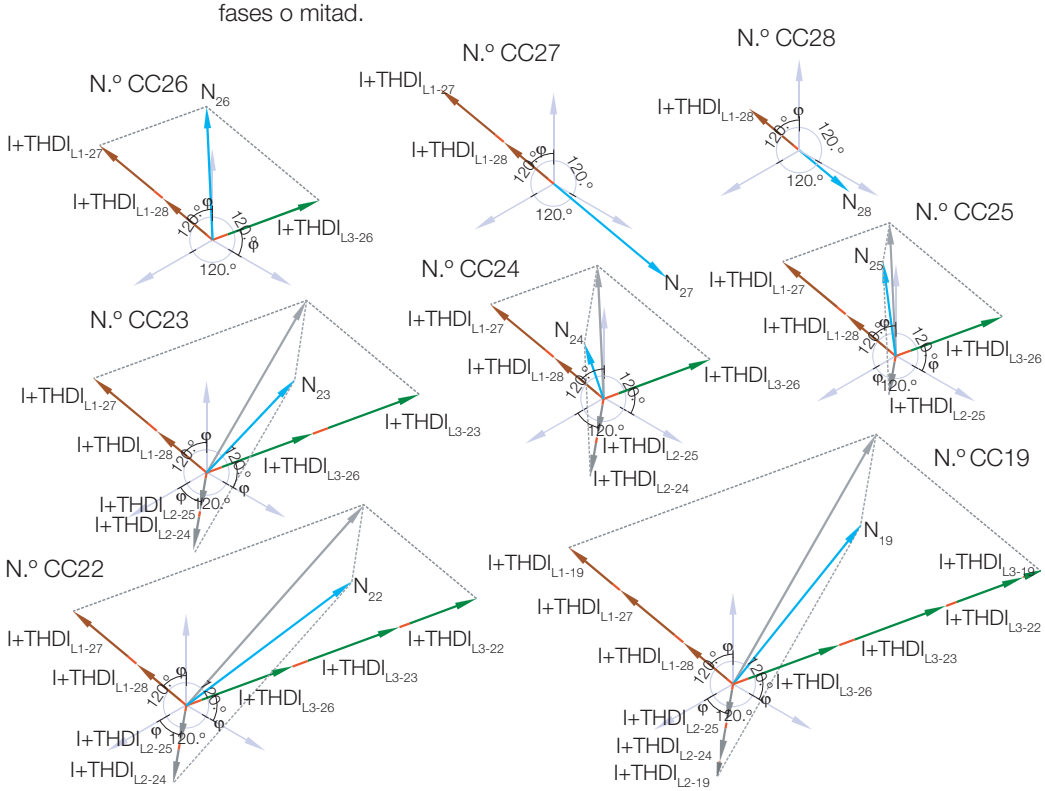


Fig. L6.4-201: *esquema línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º.*

Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución, para conocer la intensidad correspondiente de circulación por el neutro, con la finalidad de conocer si la sección del neutro debe ser igual a las fases o mitad.



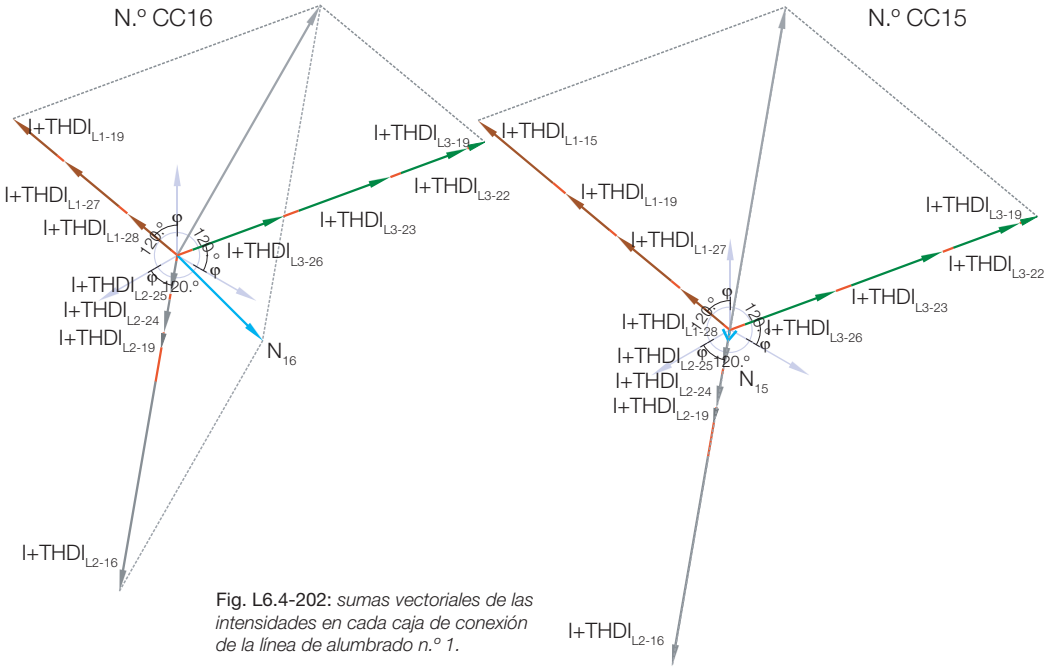


Fig. L6.4-202: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de alumbrado n.º 1.*

Línea de alumbrado ramal derecho n.º 2

En el capítulo K, apartado 5. "El control de la energía en los ejemplos ilustrados en este manual", subapartado "Esquemas eléctricos planta 1.ª - Alumbrado", del 4.º Volumen (Tablas K5-073 y K5-074, páginas K/455 y K/456), analizamos los desplazamientos de la tensión y la intensidad y la tasa de armónicos THDI de la línea de alumbrado.

Cargas

Clasificación de las cargas alumbrado ramal derecho n.º 2				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**N.º CC14**			
I00	**Alumbrado**			**4,7**
Caja	**N.º CC13**			
I00	**Alumbrado**		**4,7**	
Caja	**N.º CC12**			
I00	**Alumbrado**			**6,46**
Caja	**N.º CC11**			
I00	**Alumbrado**			**2,23**
Caja	**N.º CC10**			
I00	**Alumbrado**		**6,46**	
Caja	**N.º CC09**			
I00	**Alumbrado**	**4,70**		
Caja	**N.º CC08**			
I00	**Alumbrado**		**3,6**	
Caja	**N.º CC05**			
Total			**2,9**	**2,9**
Caja	**N.º CC02**			
I00	**Alumbrado**	**14,08**		
Caja	**N.º CC01**			
I00	**Alumbrado**			**1,8**
Total		**18,78**	**17,77**	**18,09**

Tabla L6.4-203: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de alumbrado ramal derecho 2.º.*

Clasificación de las cargas alumbrado derivación ramal izquierdo n.º 2				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**N.º CC03**			
I00	**Alumbrado**			**1,1**
Caja	**N.º CC04**			
I00	**Alumbrado**		**1,1**	
Caja	**N.º CC07**			
I00	**Alumbrado**		**0,9**	
Caja	**N.º CC06**			
I00	**Alumbrado**		**0,9**	
Caja	**N.º CC05**			
I00	**Alumbrado**			**1,8**
Total			**2,9**	**2,9**

Tabla L6.4-204: *valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de alumbrado ramal derecho 2.º.*

Los valores medios entre los dos tipos de fuentes nos permiten considerar un factor de potencia medio de 0,64, que corresponde a un ángulo φ de 50º 12' y una tasa media THDI del orden del 16%. Valores que aplicaremos a esta red.

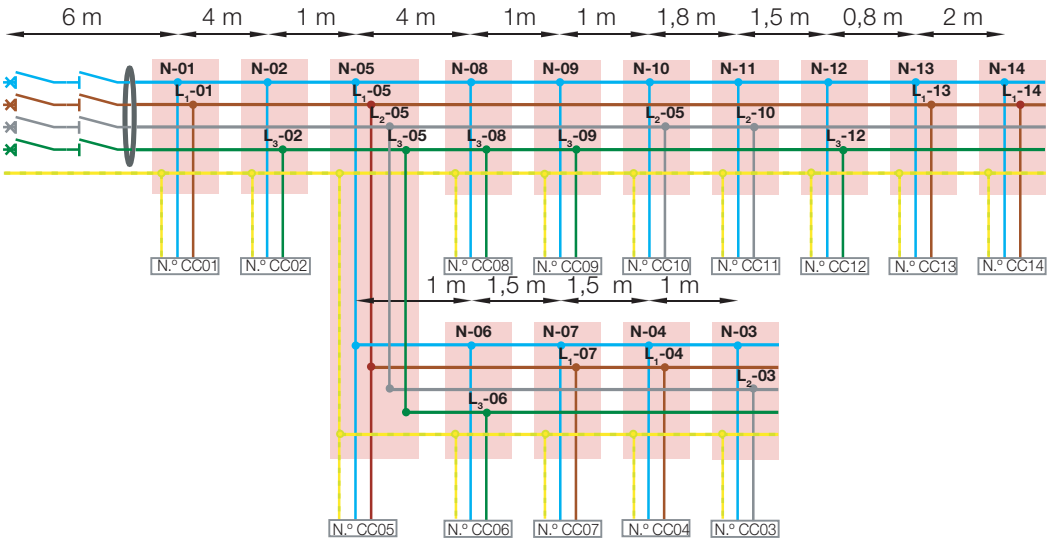
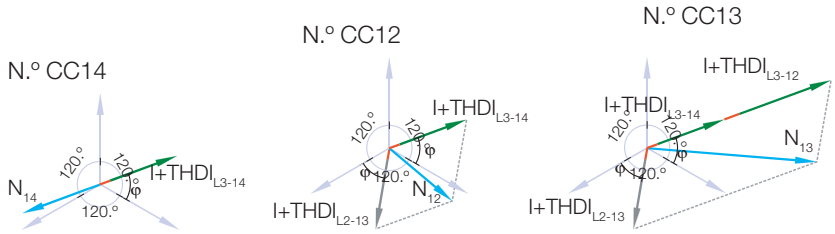


Fig. L6.4-205: *esquema línea de alumbrado ramal derecho 2.º.*

Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución para conocer la carga correspondiente de circulación por el neutro, para conocer la posibilidad de que la sección del neutro sea igual a las fases o mitad.



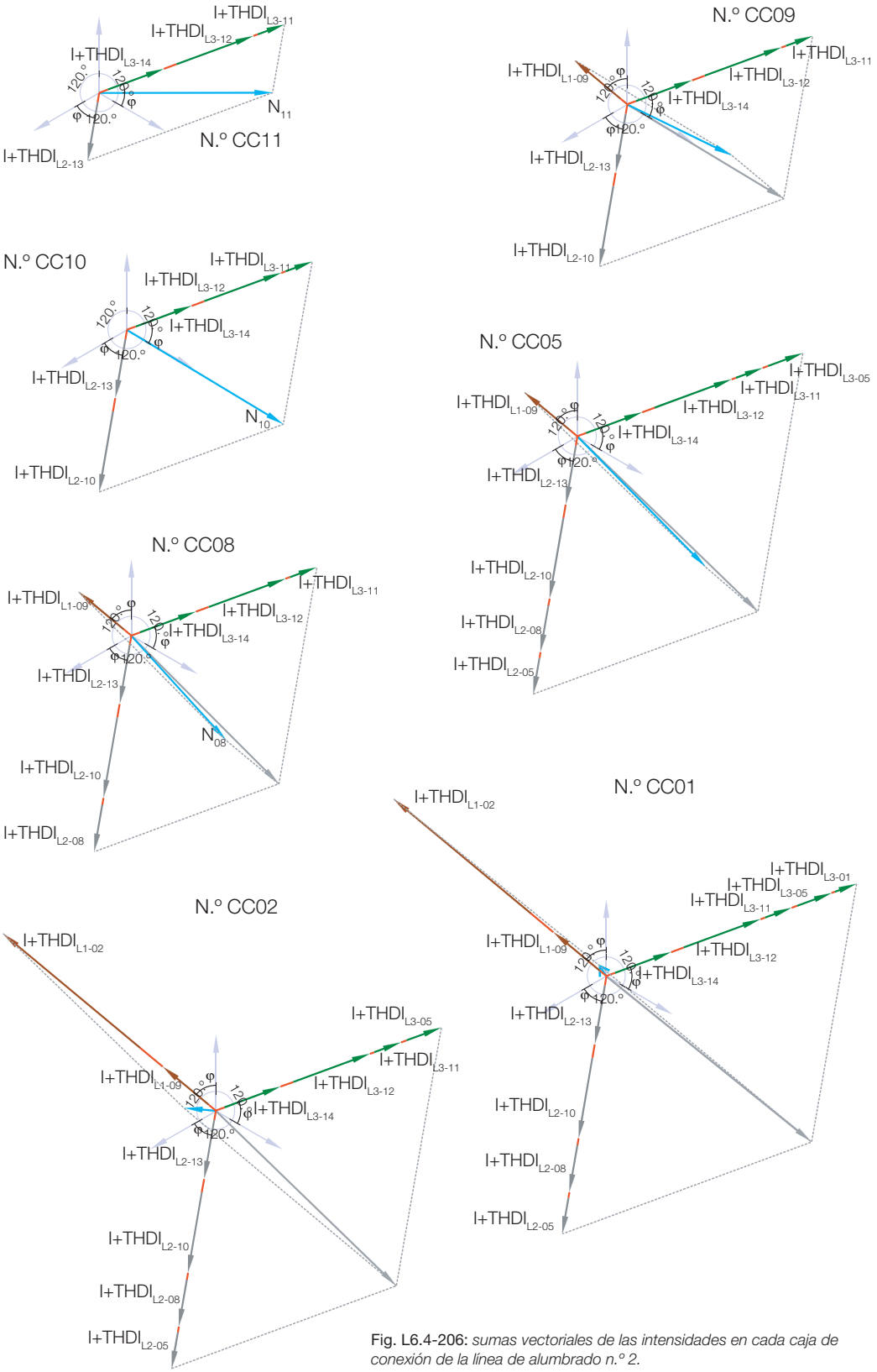


Fig. L6.4-206: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de alumbrado n.º 2.*

Las adiciones vectoriales que hemos realizado no corresponden a una realidad, simplemente hemos incrementado la magnitud de la intensidad fundamental para disponer de unos valores para facilitar el dimensionado de las líneas con armónicos. Los armónicos son de diferentes frecuencias de la corriente fundamental y no corresponden a un mismo rango.
El que realizará las lecturas a tiempo real de los valores será el controlador del compensador activo y el del compensador del factor de potencia.

Esquema en el cuadro general de la parte de alumbrado de la planta 1.ª

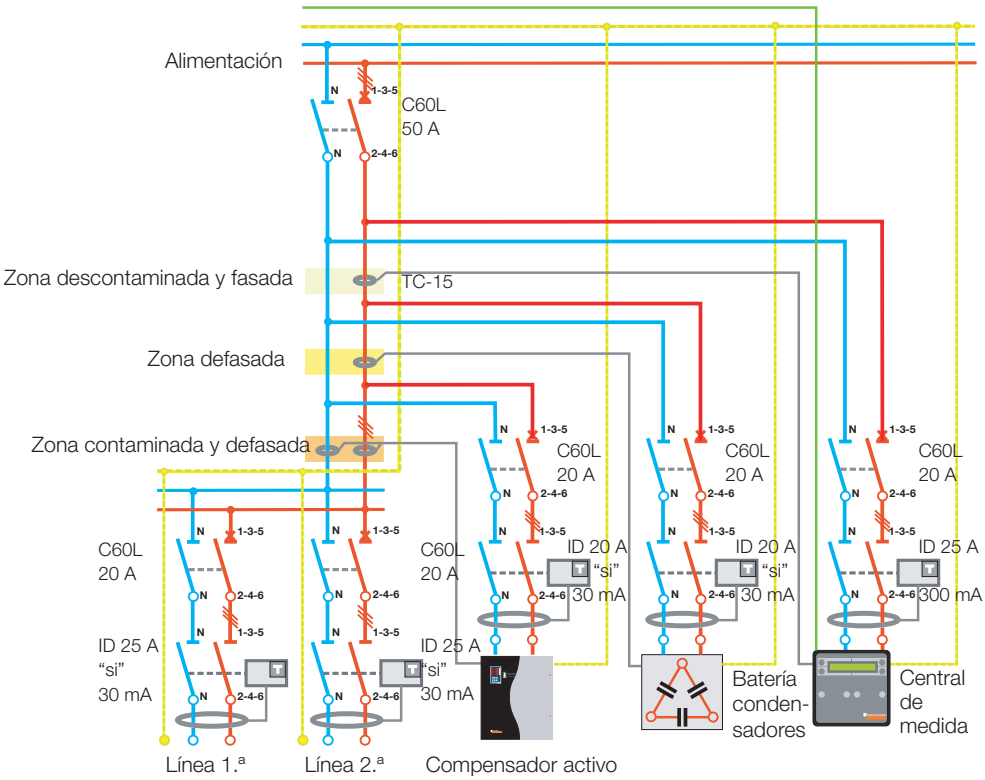


Fig. L6.4-207: *esquema de la maniobra del alumbrado de la 1.ª planta en el cuadro general.*

Composición y calidad de la energía

En la zona contaminada y defasada

En la zona contaminada y defasada tendremos la suma vectorial de los dos ramales. La actuación del compensador activo, también llamado filtro activo, nos permite eliminar los armónicos en su totalidad, por debajo del 8% permitido en la norma. El compensador activo de armónicos, esquematizado en la figura, analiza cada una de las fases permanentemente, teniendo en cuenta la forma de la corriente de las cargas (Ich). De este análisis se extrae el espectro armónico, que está constituido por la suma de las intensidad fundamental y la de todos y cada uno de los armónicos. El compensador genera una corriente que es igual a la diferencia de la corriente de carga y la intensidad fundamental. Esta diferencia que es la suma de las corrientes armónicas, defasadas 180º, se inyecta a la carga de tal forma que la resultante será una corriente senoidal igual a la intensidad fundamental de la fuente.

El compensador se intercala en paralelo entre la fuente y la carga, teniendo que dimensionarse, exclusivamente para la tasa de las corrientes armónicas (TDHI).

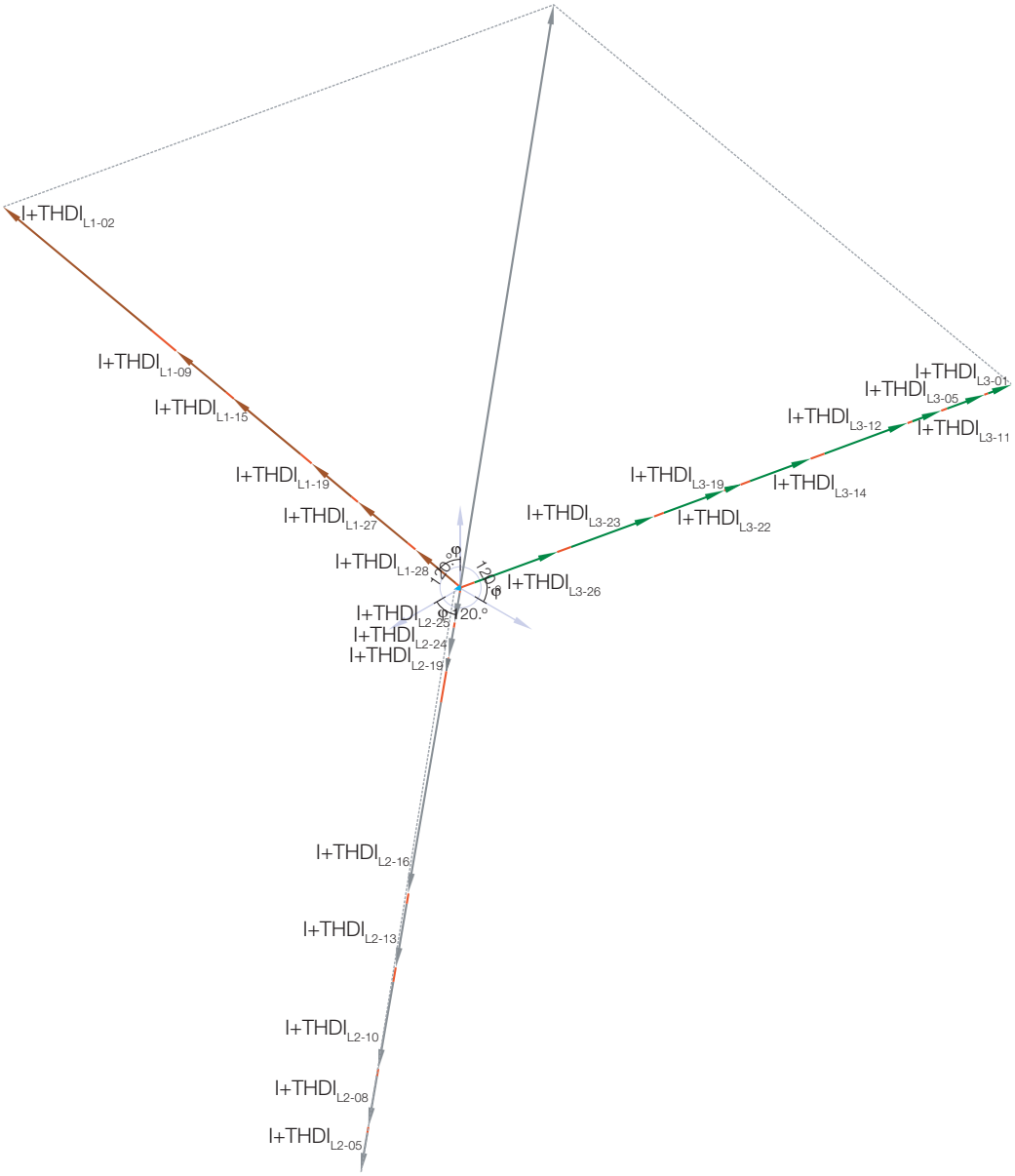


Fig. L6.4-208: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la primera planta.*

Por tanto, el funcionamiento del compensador activo está basado en el principio de reinyección de corriente, para lo que dispone de un sistema de control digital DSP. Este método permite realizar un muestreo, a tiempo real, de los armónicos existentes en la red y corregirlos de forma prácticamente instantánea, pudiendo distinguir y tratar con independencia los armónicos correspondientes a cada una de las fases, en instalaciones trifásicas, controlando y reduciendo de forma eficaz los armónicos que circulan por el neutro.

El compensador activo de armónicos analiza cada una de las fases de forma permanente, teniendo en cuenta la composición de la corriente de la carga (I carga), extrayendo de ella el espectro armónico, generando una señal igual a la forma de corriente de la carga, sin tener en cuenta la componente fundamental, y ciñéndose únicamente a los armónicos presentes en la instalación (IH armónicos).
Para asegurar una alta fiabilidad y obtener un buen rendimiento del sistema, se utilizan transistores IGBT en la etapa de potencia.

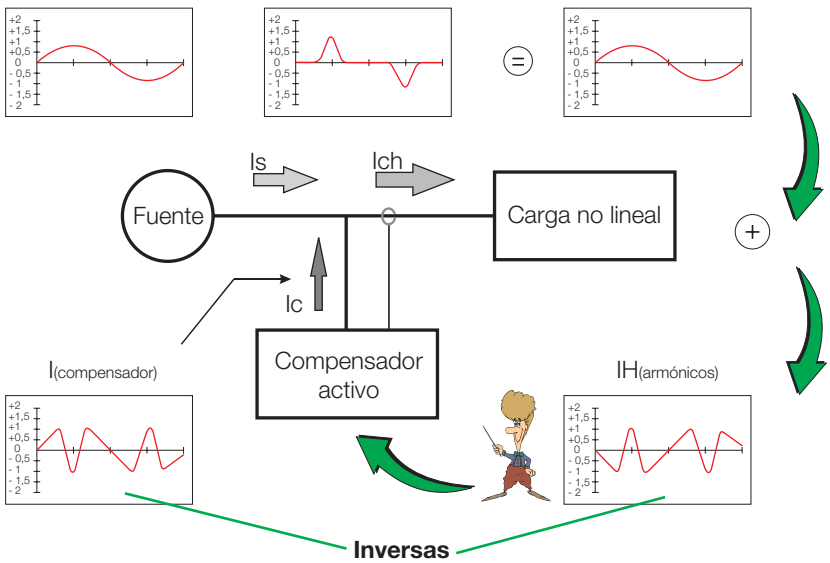


Fig. L6.4-209: *descripción del funcionamiento de un compensador activo frente a una carga tipo RCD.*

El principio de la compensación activa consiste en utilizar la electrónica de potencia para poder generar componentes armónicas que anulen a las cargas no lineales, reinyectando esta corriente en sentido contrario a través de su propio puerto de alimentación (I compensador), consiguiendo así anular en el punto de inserción los armónicos que provienen de la carga. De esta forma los armónicos no circulan hacia la fuente (I fuente) por lo que no afectan ni perturban al resto de equipos y usuarios situados aguas arriba. Al evitar que circulen armónicos aguas arriba, se contribuye a la optimización de la impedancia de la instalación y a su vez se mejora la calidad de la tensión, bajando la tasa de distorsión global de tensión y como consecuencia el transformador o la fuente generadora estará menos desclasificada.

El concepto de acorralamiento

En el capítulo K (4.º Volumen), hemos utilizado como defensa ante los armónicos el concepto de su acorralamiento. Si nos fijamos en la distribución de la red de alumbrado podremos observar que los armónicos generados por las cargas de alumbrado circulan por la red aguas abajo del compensador activo. Estos armónicos no superan aguas arriba la conexión del compensador activo. Esto quiere decir que hemos limitado su espació de circulación: “los hemos acorralado”.
Este tramo de circuito sí que está contaminado y lo deberemos dimensionar por la corriente fundamental más la componente de contaminación.
En nuestro caso son dos:

- Un desfase entre la tensión y la intensidad (cos φ).
- Un rebote de la corriente fundamental sobre la impedancia de la carga generando armónicos del rango 3H - 5H - 7H.

Los conductores y la aparamenta, deberemos dimensionarlos segun las tablas correspondientes para una intensidad correspondiente a la intensidad fundamental + THDI.

Los materiales

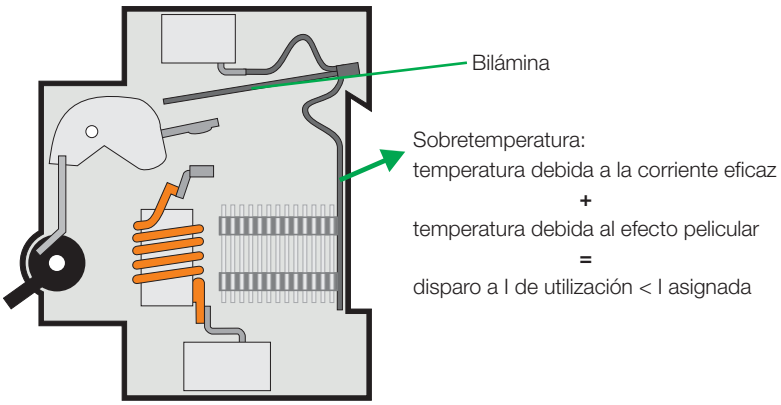
Los interruptores automáticos magnetotérmicos

Los interruptores automáticos situados en redes contaminadas, quedan sometidos a los fenómenos propios de los armónicos: si circulan corrientes armónicas de elevada frecuencia a través del relé térmico (bilámina), se produce un aumento de su resistencia óhmica, debido al efecto pelicular, lo que ocasiona un calentamiento adicional debido al efecto Joule, que puede hacer disparar el interruptor a intensidades inferiores a la asignada.

La temperatura que alcanza en este momento la bilámina es superior a la que tendría que soportar si fuera atravesada por los mismos amperios pero sin componente armónica alguna.

Esto se traduce en que el equipo de protección va a disparar cuando sea atravesado por una intensidad menor a la nominal, ya que el calentamiento de la bilámina se alcanza con menos amperios.

En realidad los magnetotérmicos también se ven afectados por el efecto de los armónicos, produciendo un proceso que podríamos calificar de desclasificación o descalibración circunstancial.



Hoy en día los interruptores magnetotérmicos bimetálicos se usan normalmente en intensidades de hasta 100 A, y los efectos peliculares a estas intensidades son poco apreciables. Dimensionando los interruptores magnetotérmicos por la intensidad máxima que pueda soportar el conductor, normalmente quedan superados los inconvenientes.

Los de mayor intensidad acostumbran a ser relés electrónicos con transformadores de intensidad. En estas condiciones se debe consultar al fabricante, en referencia a la distorsión de la onda, la solución adecuada.

Los interruptores diferenciales DDR

Con el incremento de los armónicos en las instalaciones algunos dispositivos de protección se ven afectados, produciéndose disparos de algunas protecciones diferenciales ante situaciones en las que no debería haberse producido este fenómeno, teniendo en cuenta las características de los equipos de protección.

En ocasiones se manifiestan los denominados disparos por simpatía. Ante algún fenómeno particular se produce la apertura de diversos diferenciales de forma simultánea, y lo más curioso es que no solo se disparan varios diferenciales en el mismo cuadro, sino que también afecta a otros que no tienen nada que ver, ya que pertenecen a cuadros de distribución diferentes.

Siguiendo este gráfico podremos comprender el funcionamiento de un dispositivo diferencial.

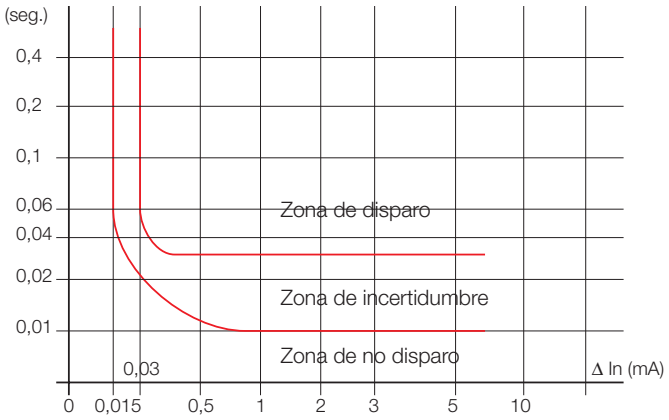


Fig. L6.4-210: *curva de funcionamiento de un diferencial de 30 mA.*

Si tomamos como ejemplo un dispositivo de 30 mA de sensibilidad, cuando la fuga de corriente sea inferior o igual a 15 mA, podemos asegurar que el dispositivo no actuará, correspondiendo con la zona de no disparo.
Si la fuga es mayor o igual a 30 mA, el dispositivo actuará siempre, se producirá un disparo diferencial, es la zona de disparo.
Si la fuga está comprendida entre 15 y 30 mA, el diferencial puede no disparar por lo que se dice que se encuentra en una zona de incertidumbre.
La causas más comunes de disparo de los diferenciales son como consecuencia de:

- Sobrecargas transitorias.
- Circulación de corrientes de cortocircuito Icc.
- Corrientes de arranque de motores.
- Corrientes de arranque de lámparas de descarga (fluorescentes).
- Cierre de circuitos con cargas capacitativas.
- Descargas electroestáticas.
- Corrientes armónicas.
- Disparos por simpatía.
- Pérdidas transitorias de régimen de neutro.

Se han desarrollado diferentes gamas de diferenciales para las distintas aplicaciones, por lo que pueden describir distintos diferenciales clasificados por su tipo:

- Tipo AC.
- Tipo A.
- Tipo B.

- Los de tipo AC están protegidos contra disparos intempestivos, debido a sobrecargas transitorias y tienen un funcionamiento correcto con corrientes de fuga a tierra perfectamente senoidales, detectando solamente las fugas de corriente alterna, siendo por tanto insensibles a las corrientes rectificadas (corrientes pulsantes), con o sin una componente continua.
- Los de tipo A están protegidos contra disparos intempestivos debido a sobrecargas transitorias y han sido preparados para que funcionen correctamente con corrientes pulsantes y con una componente continua de hasta 6 mA.
- Los de tipo B están protegidos contra disparos intempestivos debido a sobreintensidades transitorias y se han diseñado para un funcionamiento correcto con cualquier componente continua.

Los receptores con componentes electrónicos que incluyen dispositivos rectificadores (diodos, tiristores, triacs, etc.), pueden generar fugas de corriente continua rectificada superpuesta a la corriente alterna, que no podrían ser detectados por un dispositivo diferencial convencional de tipo AC.

Para tener protección incluso en estos casos se crearon en su momento los dispositivos diferenciales tipo A, pero debido al continuo aumento de equipos electrónicos surgió la necesidad de una protección diferencial más elaborada que permita protejer los circuitos contaminados con armónicos.

La circulación de la corriente fundamental y la componente transitoria en el interior de un diferencial DDR

Se pueden producir disparos en el propio circuito debido a los armónicos que circulan por el interior del núcleo toroidal, los cuales producen una corriente adicional (Is') en el secundario del transformador toroidal que es la fuente de alimentación para la despolarización del relé polarizado.

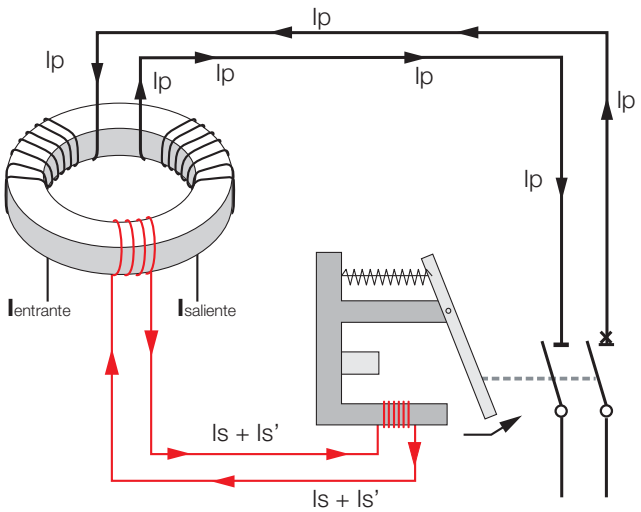


Fig. L6.4-211: *circuito interno de un DDR.*

Con la intervención de esta intensidad adicional el circuito sufre un desequilibrio en su funcionamiento normal, simulando que el conjunto sufre un desajuste.
Realmente lo que ocurre es que la circulación de intensidades armónicas de frecuencias más elevadas a la de la corriente fundamental desequilibran el sistema.

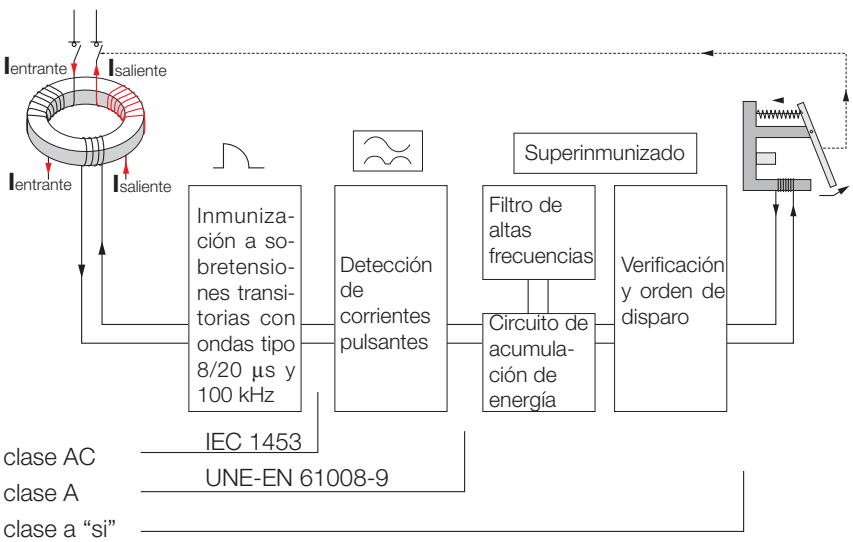
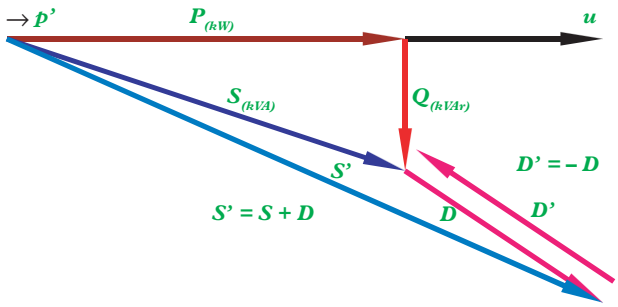


Fig. L6.4-212: *diagrama de proceso de un DDR "si" superinmunizado.*

La derivación de corrientes de alta frecuencia a tierra, aunque por sí solas no representan ningún peligro de electrocución de las personas, pueden producir el bloqueo o cegado del diferencial DDR, impidiendo que éste actúe en presencia de otros defectos que pueden ser peligrosos.
Para estos casos se han creado los diferenciales DDR "si" superinmunizados, los cuales contienen un circuito de acumulación de la energía del secundario del toroidal, lo que le permite discriminar si se trata de un defecto diferencial real, produciendo el disparo, o si se trata de un transitorio evitando los disparos intempestivos.

En los gráficos expuestos se han simplificado para facilitar la comprensión del trabajo de los compensadores activos.
En realidad, para poder realizar un diagrama de suma vectorial real se deberían analizar los armónicos de cada rango, sus desfases y corrimientos. Pero toda esta complejidad ya la realiza el compensador activo.
Un diagrama vectorial más ajustado sería:



S: potencia aparente fundamental
S': potencia aparente fundamental + potencia aparente contaminada
P: potencia activa
p': potencia de consumo interno del compensador activo
Q: potencia reactiva
D: energía de la contaminación
D': energía de compensación de la contaminación

El hecho de considerar la intensidad fundamental y la tasa de armónicos en la misma fase, no es más que una simplificación para facilitar la comprensión y el trabajo. En realidad, la intensidad efectiva de la corriente principal (I_{eff}) se conseguirá dividiendo la intensidad aparente por el coseno de φ e intensidad armónica efectiva multiplicando la tasa de armónicos por el factor τ (tau).

$$I_{eff} = \frac{I_{(aparente)}}{\cos \varphi}$$

$$I_{eff\ (armónica)} = \frac{I_{(aparente)} \cdot THDI}{100} \cdot \tau = \frac{I_{(aparente)} \cdot THDI}{100} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + THDI^2}}$$

Ejemplo del valor de τ en una red con tasa de armónicos THDI = 36%:

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{1 + THDI^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0{,}36^2}} = 0{,}94$$

En la zona defasada
Tendremos la suma vectorial de los dos ramales pero sin las componentes armónicas.

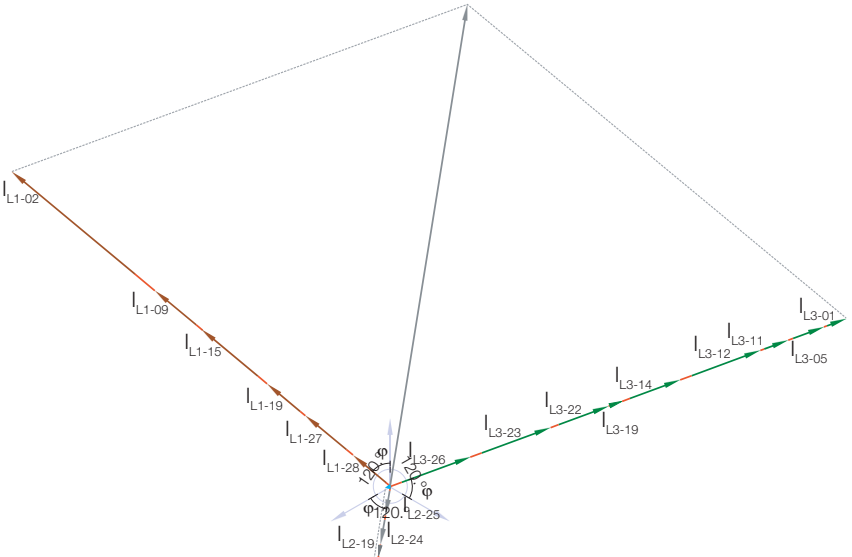


Fig. L6.4-213: *sumas vectoriales de las intensidades de las líneas de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la primera planta después de compensar los armónicos.*

En la zona descontaminada

En la zona descontaminada y fasada tendremos la suma vectorial de los dos ramales pero con la tensión e intensidad prácticamente en fase (cos φ = 0,98) (φ = 11° 28').

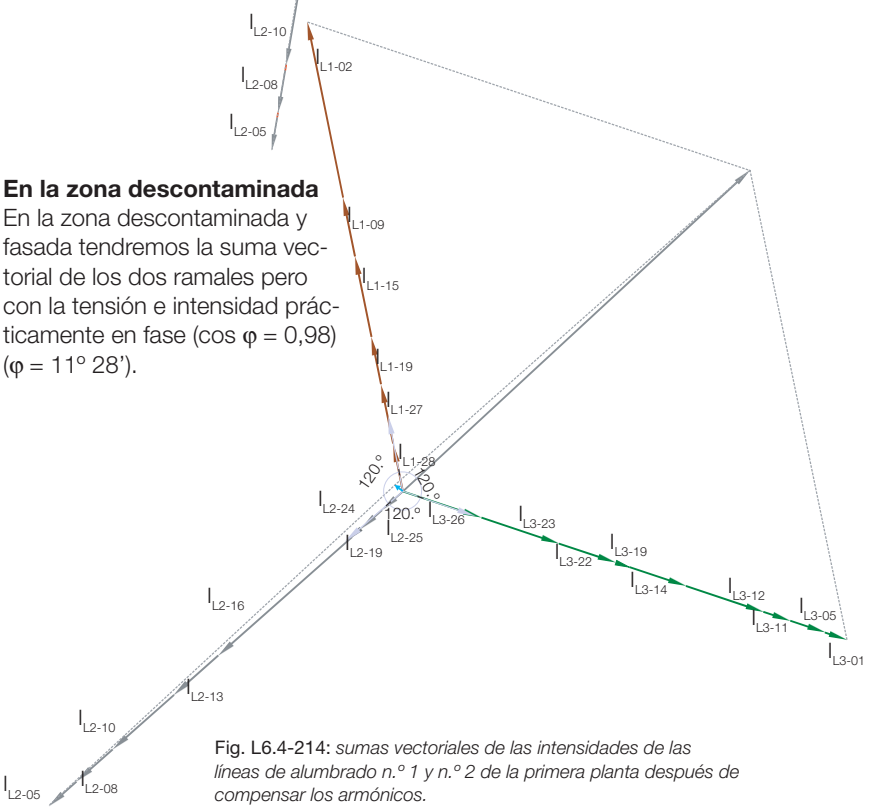


Fig. L6.4-214: *sumas vectoriales de las intensidades de las líneas de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la primera planta después de compensar los armónicos.*

Es muy importante la elección de los escalones de la batería para que su escalonamiento permita una combinatoria útil, en el proceso de compensar el desfase lo más ajustado posible a la unidad.

Línea de acondicionamiento

Desde el cuadro general repartiremos en tres líneas, dos siguiendo la misma estructura de las demás líneas: ramal izquierdo 1.º y ramal derecho 2.º. La tercera línea servirá para alimentar el cuadro secundario de acondicionamiento de la sala 16.

Línea de acondicionamiento ramal izquierdo 1.º

Cargas

Clasificación de las cargas ramal izquierdo 1.º cajas				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	N.º CC28			
A00	Aire acondicionado	1,9		
Caja	N.º CC27			
A00	Aire acondicionado		1,9	
Caja	N.º CC26			
A00	Aire acondicionado			2,9
Caja	N.º CC24			
A00	Aire acondicionado		4,1	
Caja	N.º CC23			
A00	Aire acondicionado	2,9		
Caja	N.º CC22			
A00	Aire acondicionado		1,9	
Caja	N.º CC19			
Total derivación		4,1		1,9
Caja	N.º CC15			
A00	Aire acondicionado		1,9	1,9
Total		8,9	9,8	6,7

Tabla L6.4-215: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de acondicionamiento ramal izquierdo 1.º.*

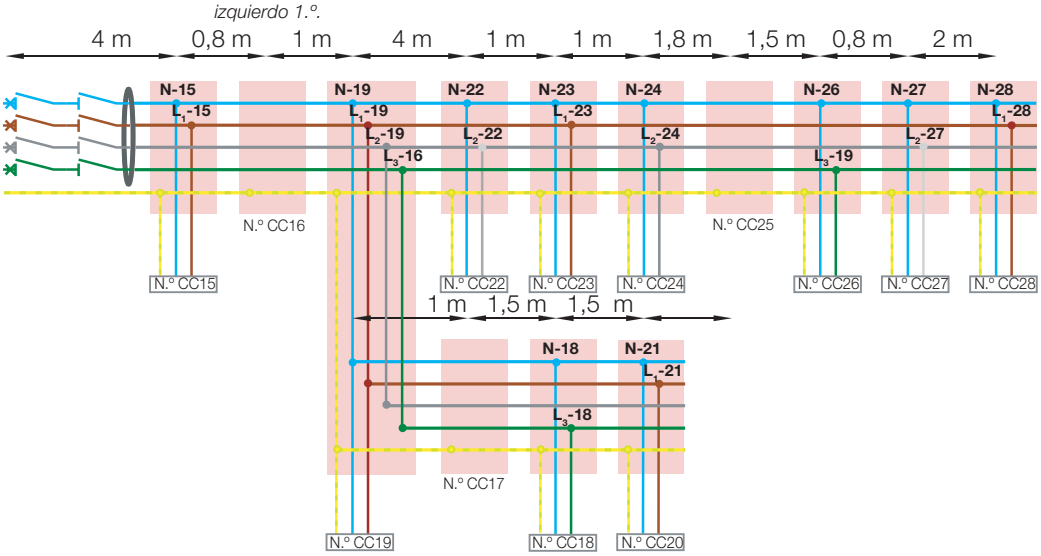


Fig. L6.4-216: *esquema línea acondicionamiento ramal izquierdo 1.º.*

Clasificación de las cargas ramal de la línea de la izquierda. Cajas				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**N.º CC20**			
A00	**Aire acondicionado**	**4,1**		
Caja	**N.º CC18**			
A00	**Aire acondicionado**			**1,9**
Total derivación		**4,1**		**1,9**

Tabla L6.4-217: *valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de acondicionamiento ramal izquierdo 1.º.*

Las cajas de derivación que no alimentan cargas se utilizan como registros para facilitar la instalación.
Las cargas son motores monofásico de poca potencia sin compensación, lo que permite estimar un factor de potencia cosφ = 0,7, que corresponde a un valor de φ = 45º 34'.

Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución, para conocer la carga correspondiente de circulación por el neutro, pudiendo discernir en la posibilidad de que la sección del neutro sea igual a las fases o mitad.

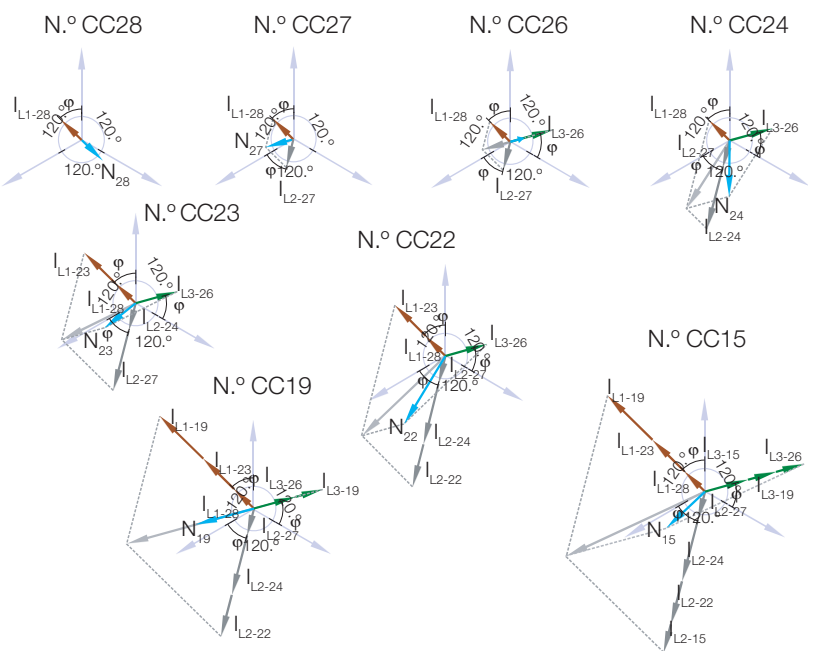


Fig. L6.4-218: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de acondicionamiento n.º 1.*

Línea de acondicionamiento ramal derecho 2.º

Las cajas de derivación que no alimentan cargas se utilizan como registros para facilitar la instalación.
Las cargas son motores monofásicos de poca potencia sin compensación, lo que permite estimar un factor de potencia cosφ = 0,7, que corresponde a un valor de φ = 45º 34'.

Cargas

Clasificación de las cargas ramal derecho 2.º cajas				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**N.º CC14**			
A00	**Aire acondicionado**	**1,9**		
Caja	**N.º CC13**			
A00	**Aire acondicionado**			**1,9**
Caja	**N.º CC12**			
A00	**Aire acondicionado**	**2,9**		
Caja	**N.º CC10**			
A00	**Aire acondicionado**		**4,1**	
Caja	**N.º CC09**			
A00	**Aire acondicionado**		**1,9**	
Caja	**N.º CC08**			
A00	**Aire acondicionado**	**1,9**		
Caja	**N.º CC05**			
Total derivación				**6**
Total conectores ramal derecho 2.º		**5,8**	**6**	**7,9**

Tabla L6.4-219: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de acondicionamiento ramal derecho 2.º.*

Clasificación de las cargas ramal derecho. Cajas				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**N.º CC05**			
A00	**Aire acondicionado**			**4,1**
Caja	**N.º CC04**			
A00	**Aire acondicionado**			**1,9**
Total derivación				**6**

Tabla L6.4-220: *valores de las intensidades de las cargas del ramal de la línea de acondicionamiento, ramal derecho 2.º.*

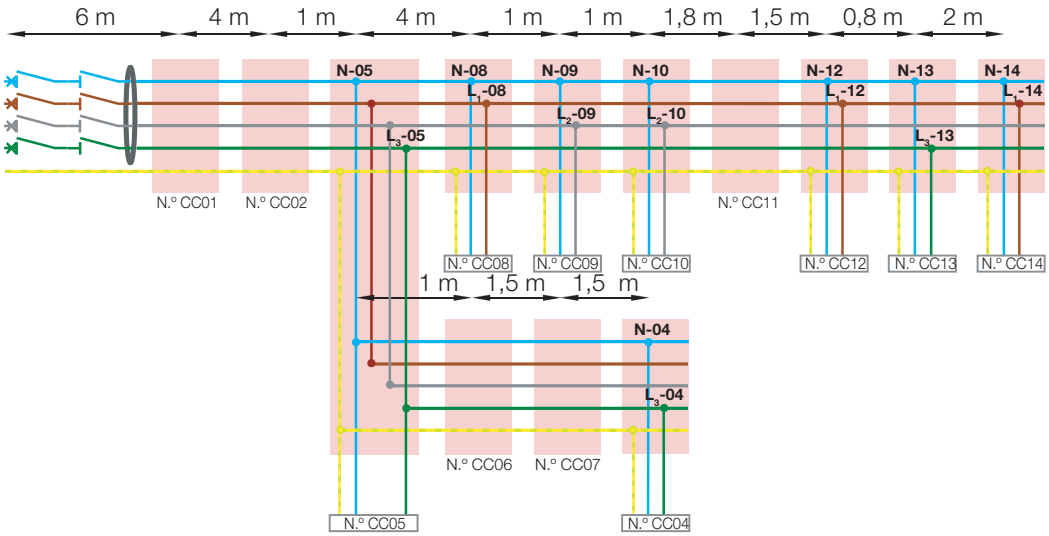


Fig. L6.4-221: *esquema línea acondicionamiento ramal derecho 2.º.*

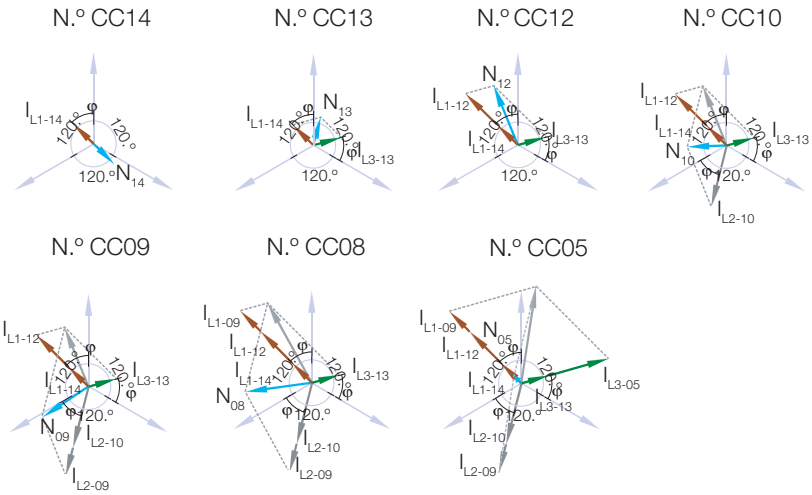


Fig. L6.4-222: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de acondicionamiento n.º 2.*

Línea de acondicionamiento ramal 3.º

Las cajas de derivación se utilizan como registros para facilitar la instalación.
Las cargas son motores trifásicos de mediana y pequeña potencia sin compensación, lo que permite estimar un factor de potencia cos φ = 0,85, que corresponde a un valor de φ = 31º 47'.

Cargas

Clasificación de las cargas línea ramal 3.º			
	Fase		
	L1	L2	L3
Sala 16 acondicionamiento			
Cuadro secundario C06	**115,2**	**115,2**	**115,2**

Tabla L6.4-223: *valores de las intensidades de las cargas del ramal 3.º de la línea de acondicionamiento.*

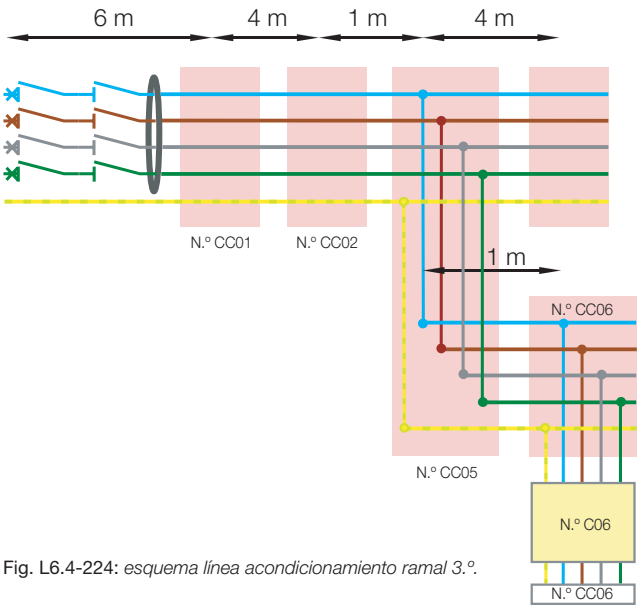


Fig. L6.4-224: *esquema línea acondicionamiento ramal 3.º.*

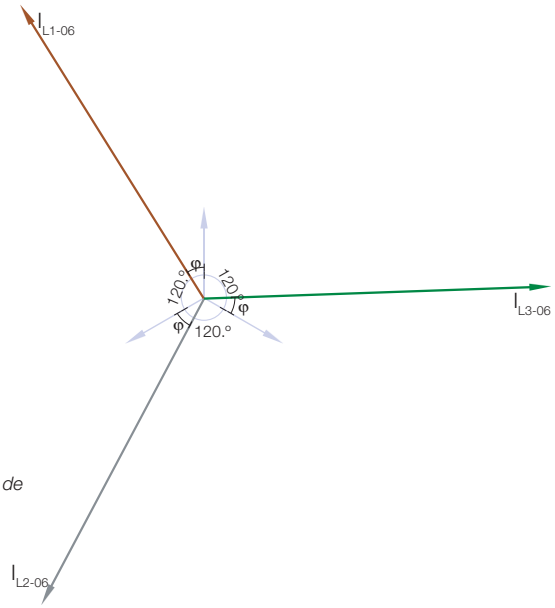


Fig. L6.4-225: *sumas vectoriales de las intensidades en la línea de acondicionamiento n.º 3.*

Línea de ventilación

Desde el cuadro general repartiremos en dos líneas el ramal de la izquierda y el de la derecha. El conjunto de los dos ramales estará formado por una red trifásica con neutro, conductor de equipotencialidad, tres conductores de maniobra, un neutro y tres fases dicriminadas por temporizadores, una para los extrtactores de los servicios, otra para los extractores generales y otra para el extractor de la sala de baterías del SAI.
La maniobra y el control de los temporizadores se realizará desde el cuadro general.

Cargas

Clasificación de las cargas línea izquierda ramal 1.º				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**N.º CC19**			
R00	**Renovación de aire**			**1,4**
Caja	**N.º CC18**			
R00	**Renovación de aire**			**1,6**
Total ramal				**3**

Tabla L6.4-226: *valores de las intensidades de las cargas del ramal 1.º de la línea de ventilación.*

Clasificación de las cargas línea derecha ramal 2.º				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**N.º CC07**			
R00	**Renovación de aire**		**1,4**	
Caja	**N.º CC05**			
R00	**Renovación de aire**	**1,4**		
Caja	**N.º CC04**			
R00	**Renovación de aire**	**1,6**		
Total ramal		**3**	**1,4**	

Tabla L6.4-227: *valores de las intensidades de las cargas del ramal 2.º de la línea de ventilación.*

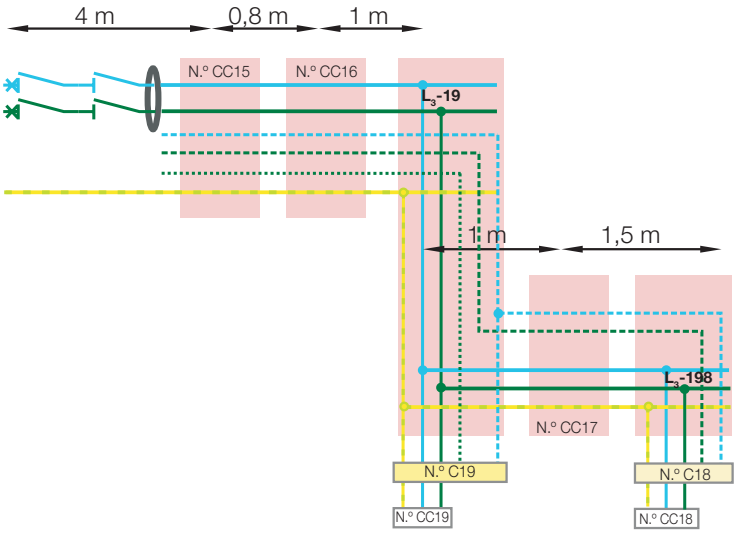


Fig. L6.4-228: *esquema línea ventilación ramal izquierdo 1.º.*

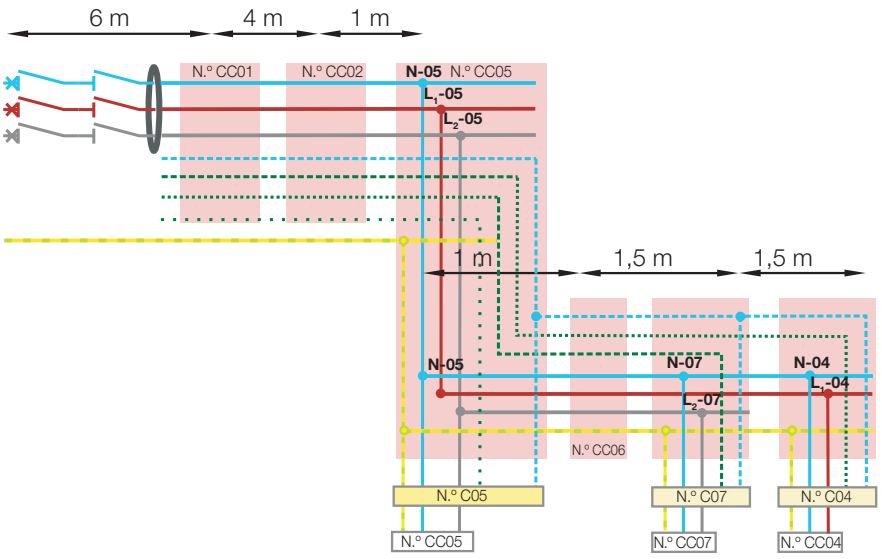


Fig. L6.4-229: *esquema línea ventilación ramal izquierdo 2.º.*

Las cajas de derivación se utilizan como registros para facilitar la instalación. Las cargas son motores monofásicos de pequeña potencia sin compensación, lo que permite estimar un factor de potencia cos φ = 0,7, que corresponde a un valor de φ = 45º 34'.

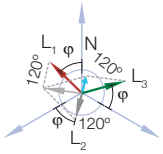


Fig. L6.4-230: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de acondicionamiento ramales 1.º y 2.º.*

Línea alimentación cargas informáticas

Desde la fuente de alimentación ininterrumpida SAI, distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, todas las dependencias de la primera planta.

Las cargas informáticas son generadoras de armónicos y trabajan con un cos φ del orden de 0,7, a φ le corresponde un valor de 45,56º.

Estas cargas son muy sensibles a los armónicos y ellas mismas son generadoras, produciendo un efecto multiplicador con valores de factor de cresta de 2,4 a 2,8 veces.

Su tasa global de distorsión es del orden del 93%, THDI = 93%.

Línea para las cargas informáticas, ramal izquierdo 1.º

Relacionaremos las cargas en función de las cajas de derivación.

Clasificación de las cargas, dependencia línea de la derecha ramal 1.º				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**N.º IT-17**			
N01	**Despacho 01**	**3,32**		
Caja	**N.º IT-16**			
N02	**Despacho 02**	**3,32**		
Caja	**N.º IT-15**			
N03	**Sala de reuniones 03**			**12,28**
Caja	**N.º IT-14**			
N04	**Sala de visitas**	**3,3**		
Caja	**N.º IT-13**			
N05	**Sala de visitas**	**3,3**		
Caja	**N.º IT-12**			
N06	**Sala de reuniones 06**			**12,22**
Caja	**N.º IT-11**			
N07	**Despacho 07**		**3,34**	
Caja	**N.º IT-10**			
N25	**Despacho 25**		**19,11**	
Caja	**N.º IT-09**			
N26	**Vestíbulo 26**	**9,2**		
Total ramal 1.º		**22,44**	**22,45**	**24,5**

Tabla L6.4-231: *valores de las intensidades de las cargas del ramal izquierdo 1.º de la línea informática.*

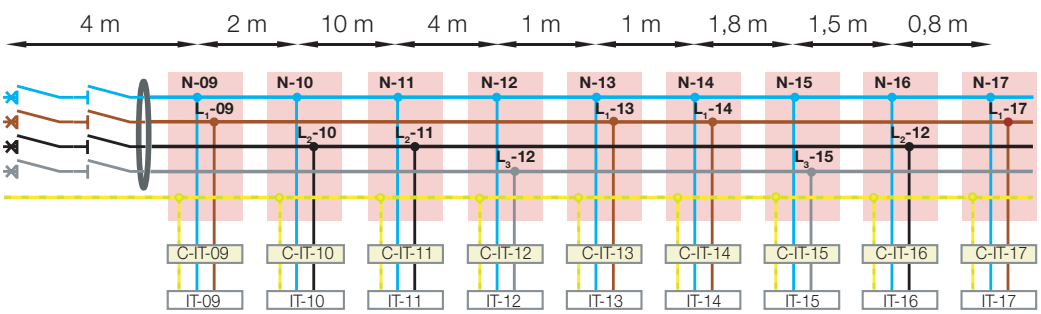
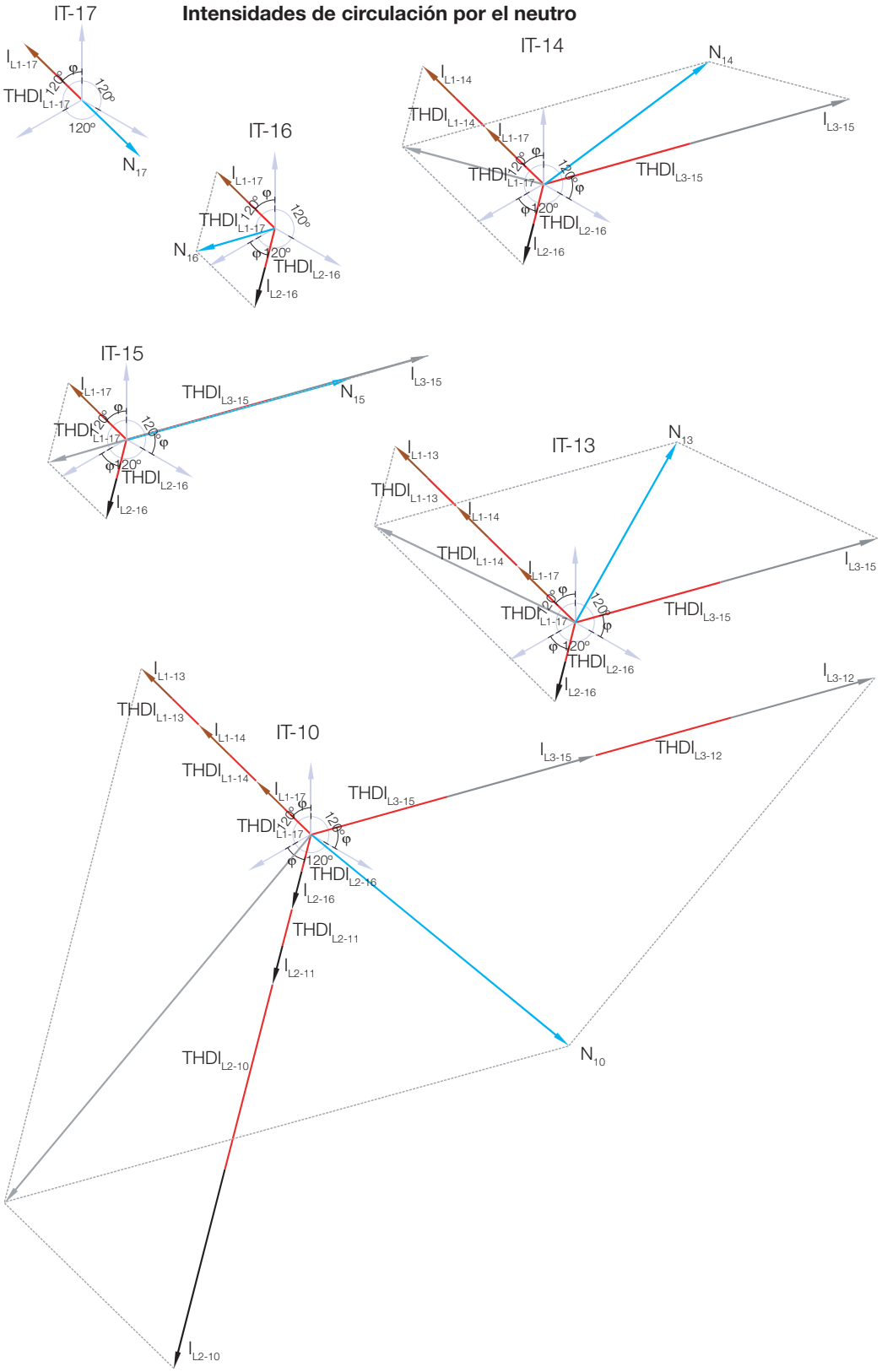


Fig. L6.4-232: *esquema línea informática ramal izquierdo 1.º.*

Intensidades de circulación por el neutro



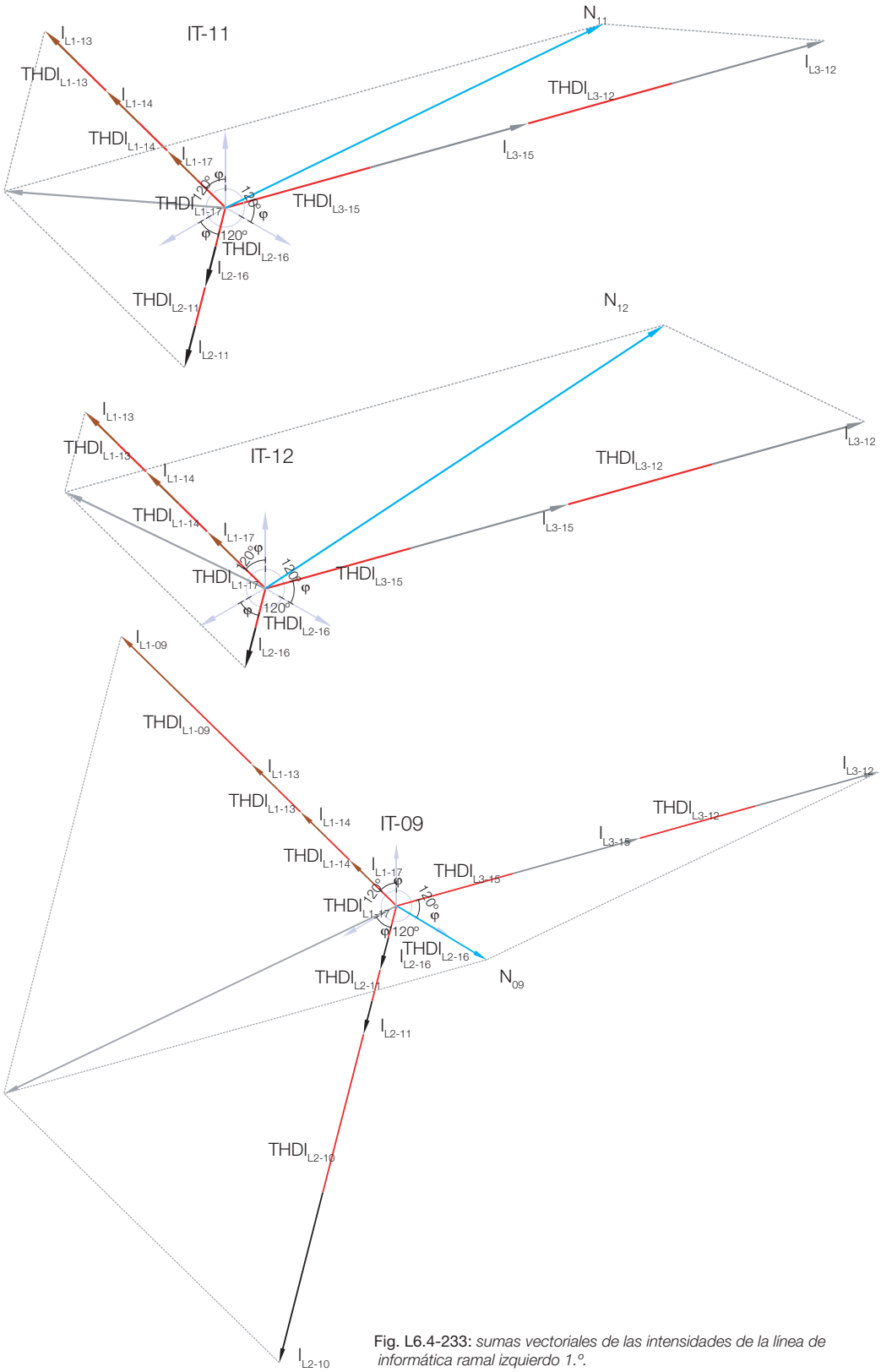


Fig. L6.4-233: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º.*

Línea para las cargas informáticas, ramal derecho 2.º

Relacionaremos las cargas en función de las cajas de derivación.

Clasificación de las cargas, dependencia línea de la derecha R2				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	N.º IT-08			
N24	Despacho 24			3,3
Caja	N.º IT-07			
N23	Despacho 23			3,35
Caja	N.º IT-06			
N22	S. Reuniones	12,5		
Caja	N.º IT-05			
N21	Sala de visitas			3,3
Caja	N.º IT-04			
N20	Sala de visitas	3,3		
Caja	N.º IT-03			
N25	Despacho 19			3,65
Caja	N.º IT-01			
N25	Despacho 25		17,55	
Total ramal 2.º		15,8	17,55	13,6

Clasificación de las cargas, dependencia ramal línea de la derecha R2				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	N.º IT-02			
N18	CPU-G	21,34	19	19

Tabla L6.4-234: *valores de las intensidades de las cargas del ramal derecho 2.º de la línea informática.*

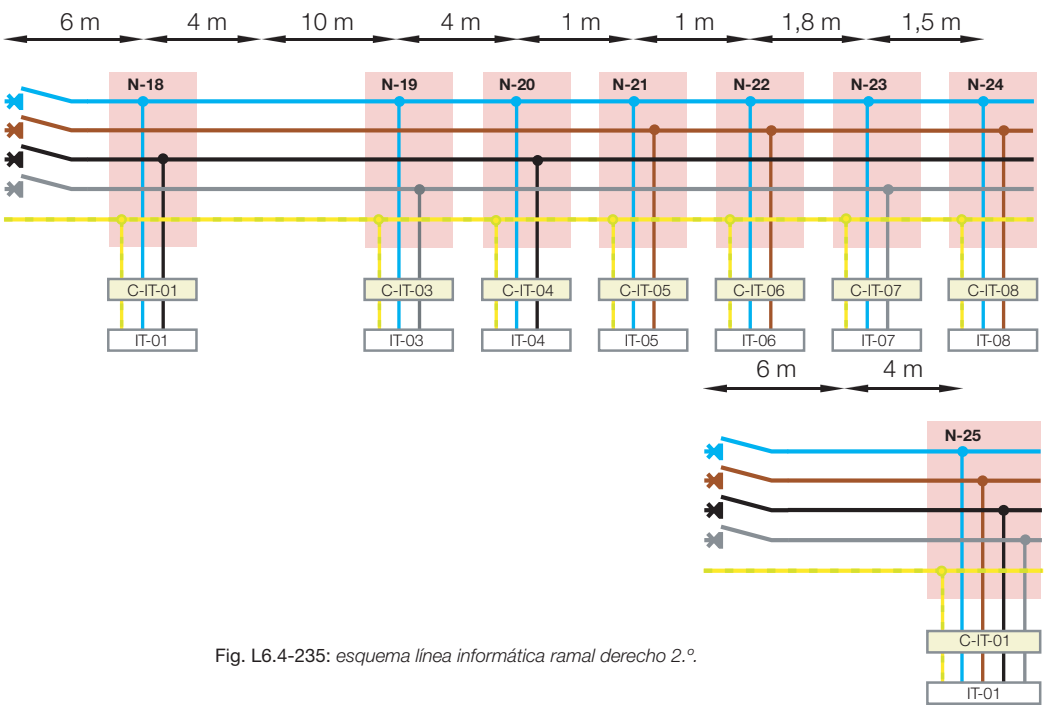
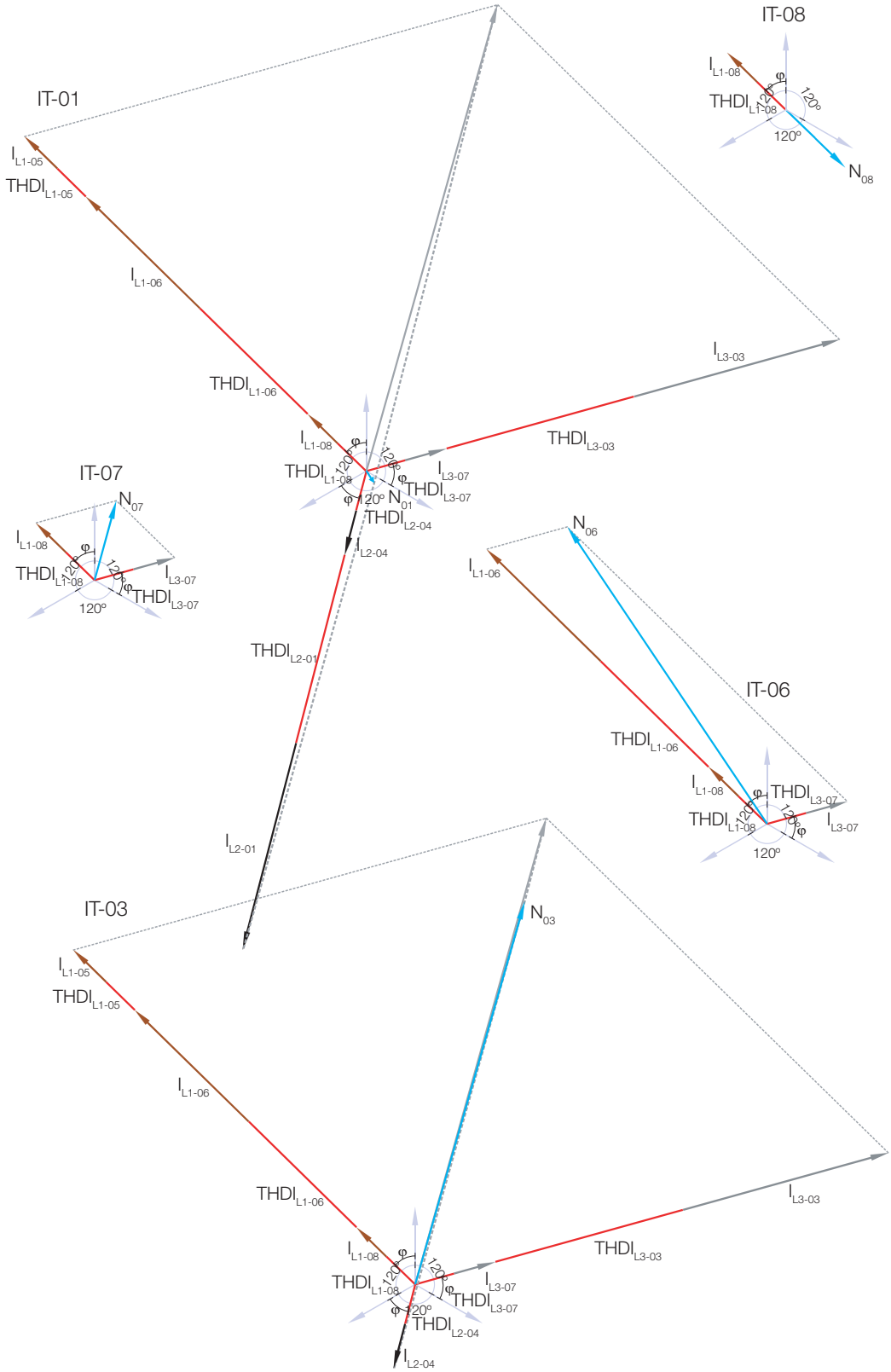


Fig. L6.4-235: *esquema línea informática ramal derecho 2.º.*

Intensidades de circulación por el neutro



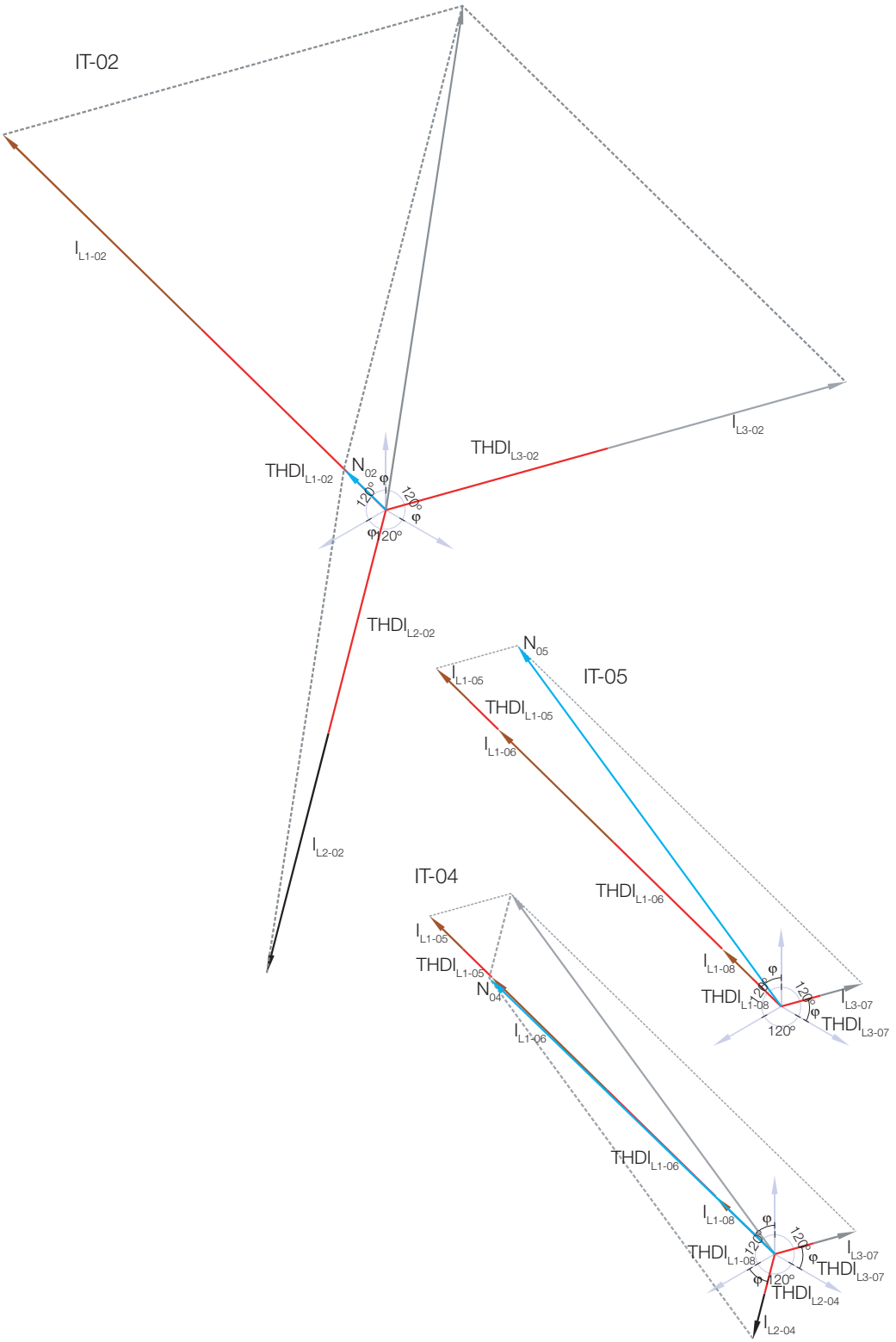


Fig. L6.4-236: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º.*

En la zona contaminada y defasada

El tratamiento de los armónicos y la compensación del factor de potencia se realiza individualmente para cada ramal obteniendo un mejor acorralamiento de las perturbaciones.

Aguas arriba de la conexión del compensador activo habremos compensado los armónicos (Figuras L6.4-242 y L6.4-243, páginas L/946 y L/947).

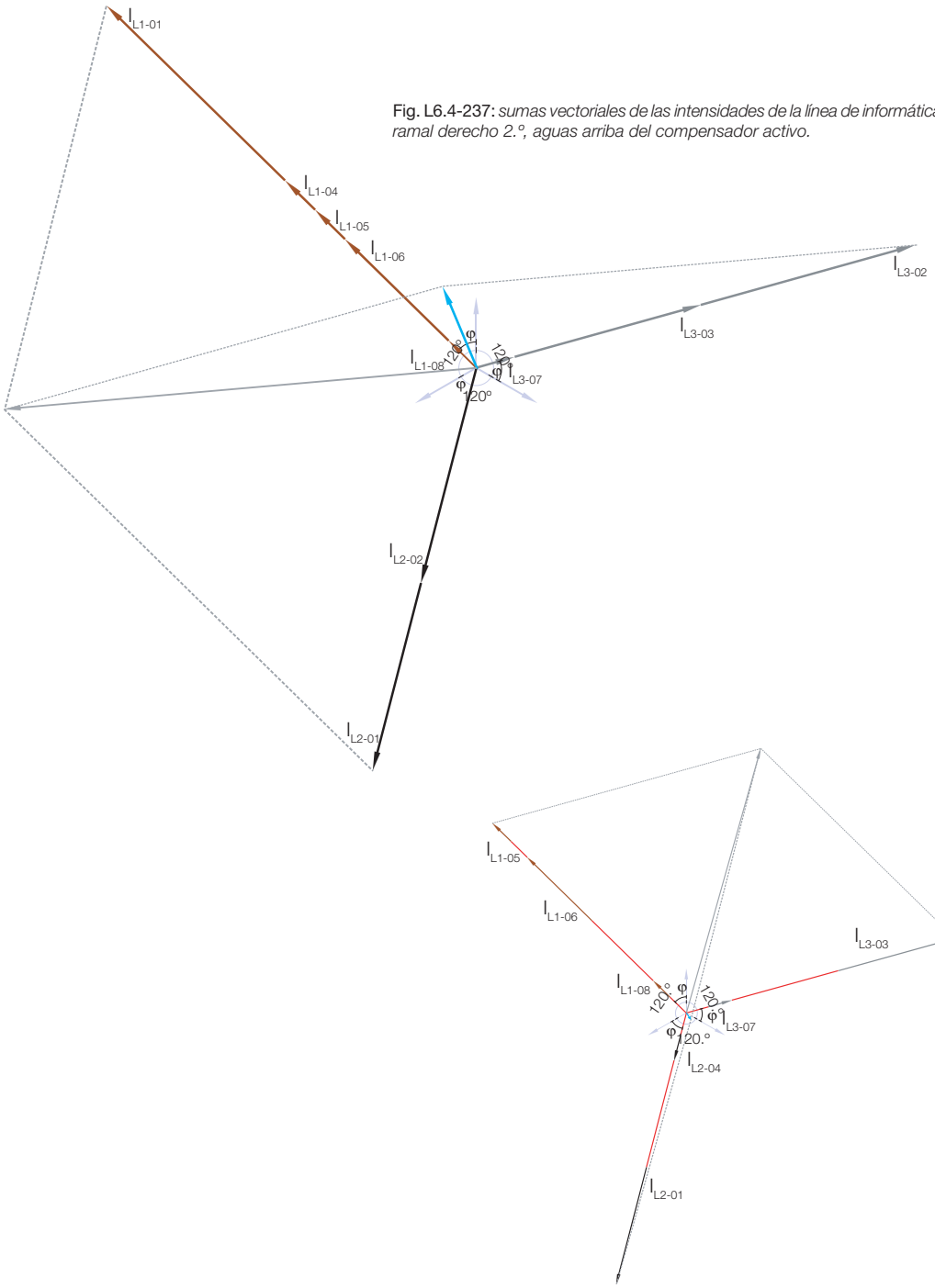


Fig. L6.4-237: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º, aguas arriba del compensador activo.*

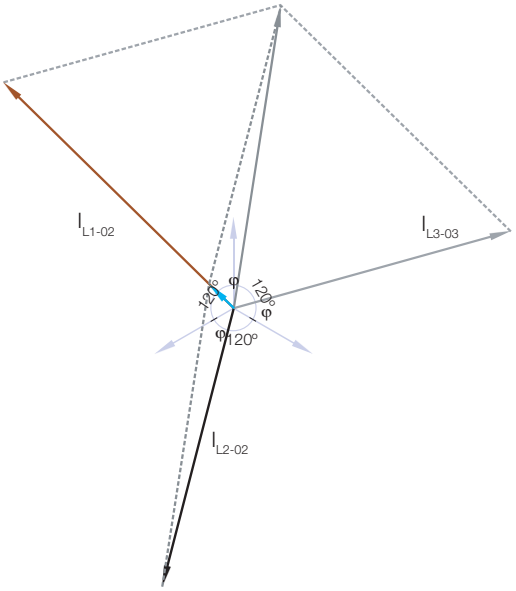


Fig. L6.4-238: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º, aguas arriba del compensador activo.*

En la zona fasada

Aguas arriba de la conexión de la batería de compensación del factor de potencia tendremos la potencia aparente casi en fase con la activa (cos φ = 0,98) (φ = 11º 27') (Figuras L6.4-244 y L6.4-245, página L/947).

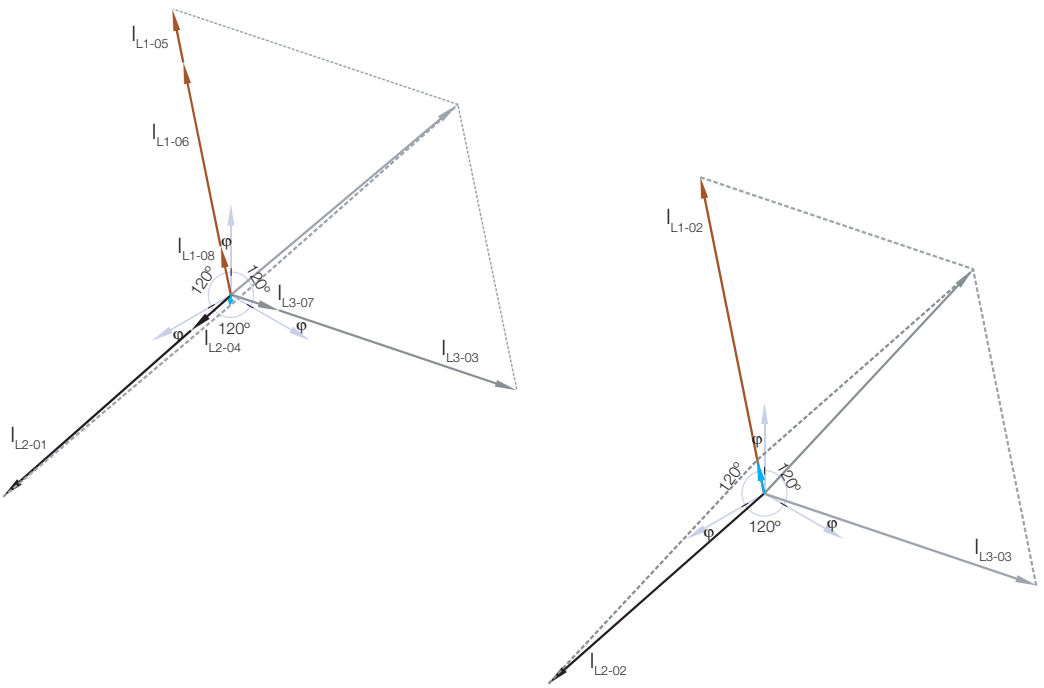


Fig. L6.4-239: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º, aguas arriba del compensador activo y de la batería de compensación del factor de potencia.*

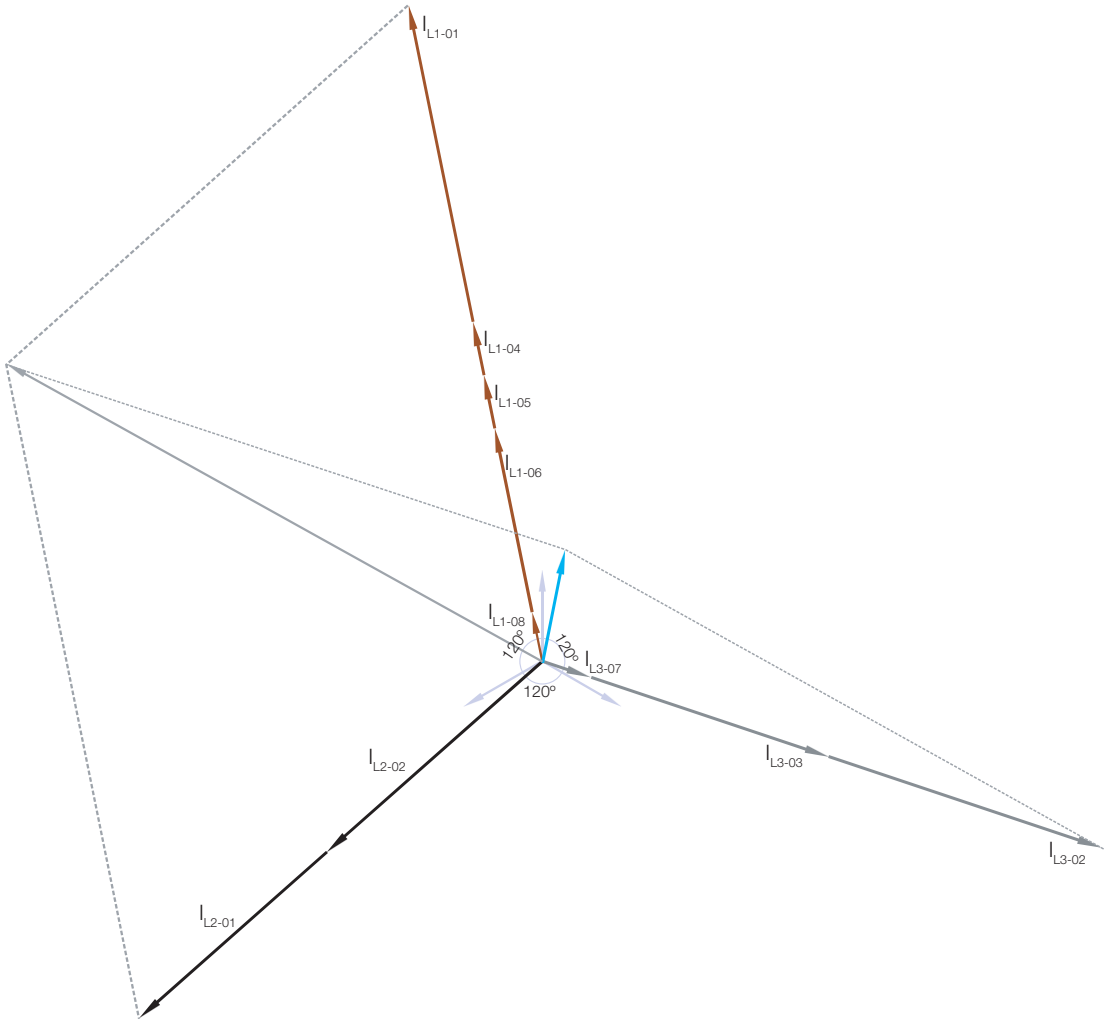
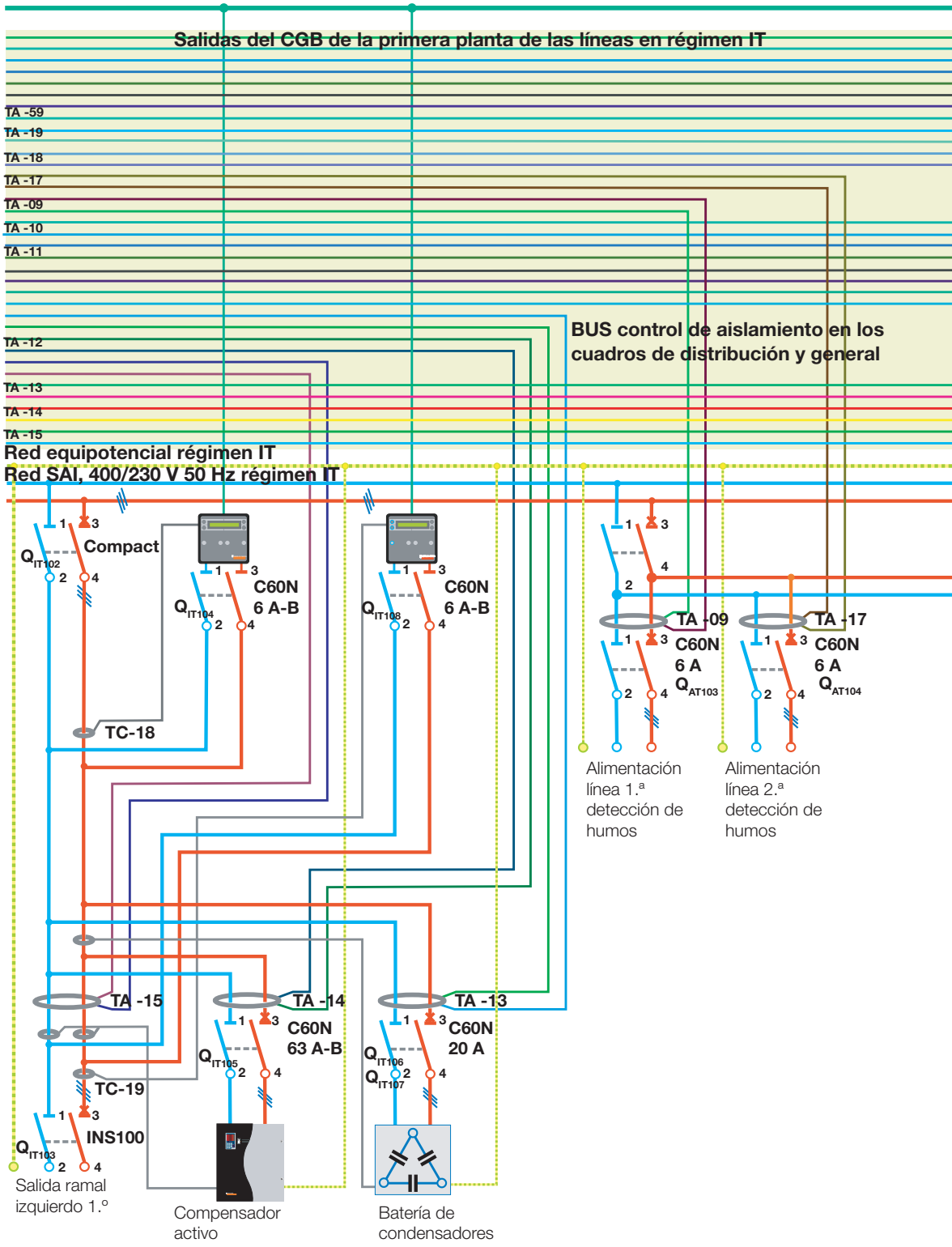


Fig. L6.4-240: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º, aguas arriba del compensador activo y de la batería de compensación del factor de potencia.*


Salidas del CGB de la primera planta de las líneas en régimen IT
TA -59
TA -19
TA -18
TA -17
TA -09
TA -10
TA -11
BUS control de aislamiento en los cuadros de distribución y general
TA -12
TA -13
TA -14
TA -15
Red equipotencial régimen IT
Red SAI, 400/230 V 50 Hz régimen IT
Compact
Q_{IT102}
C60N
6 A-B
Q_{IT104}
C60N
6 A-B
Q_{IT108}
TC-18
TA -09
C60N
6 A
Q_{AT103}
TA -17
C60N
6 A
Q_{AT104}
Alimentación línea 1.ª detección de humos
Alimentación línea 2.ª detección de humos
TA -15
TA -14
C60N
63 A-B
Q_{IT105}
TA -13
C60N
20 A
Q_{IT106}
Q_{IT107}
TC-19
INS100
Q_{IT103}
Salida ramal izquierdo 1.º
Compensador activo
Batería de condensadores

L
6.4

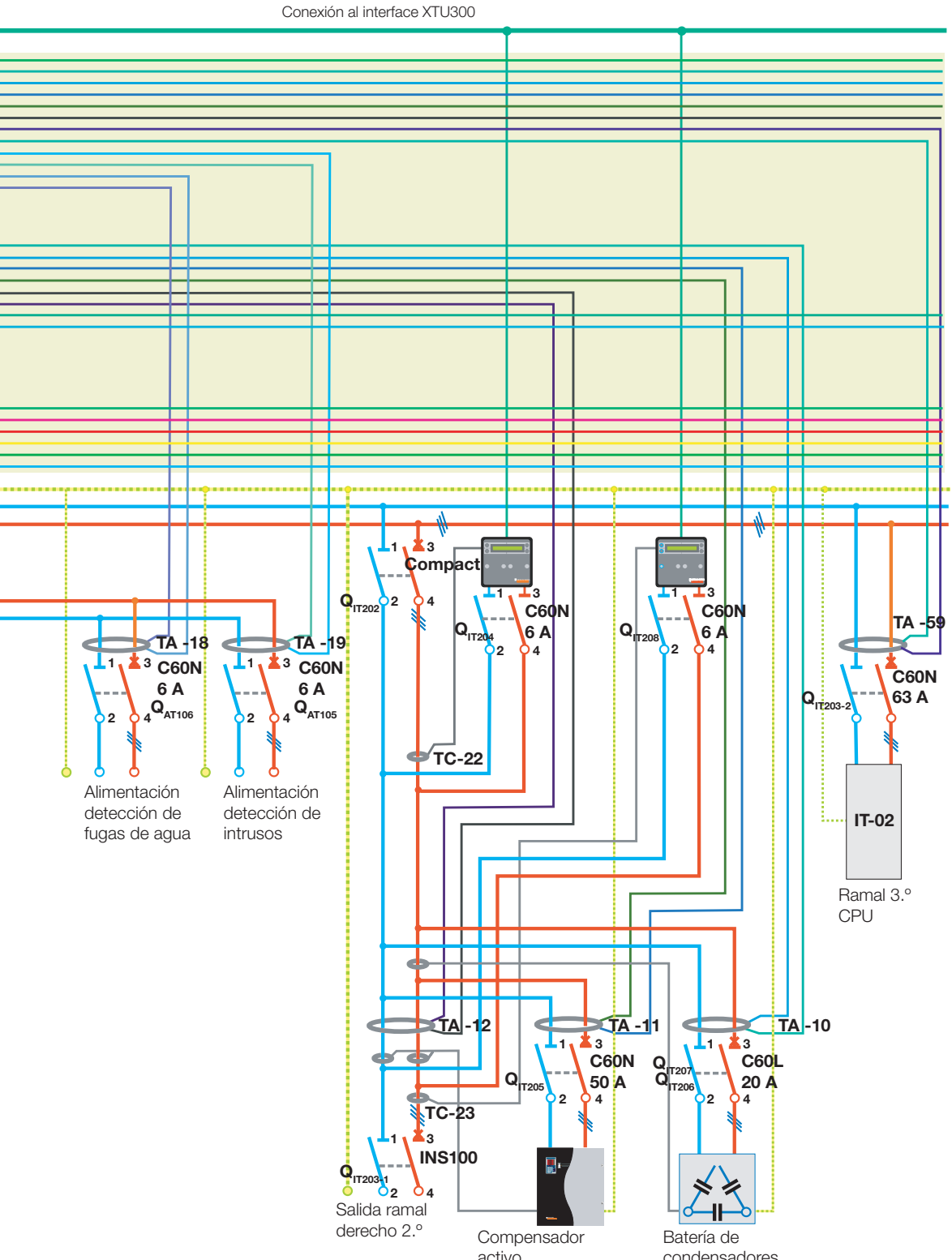
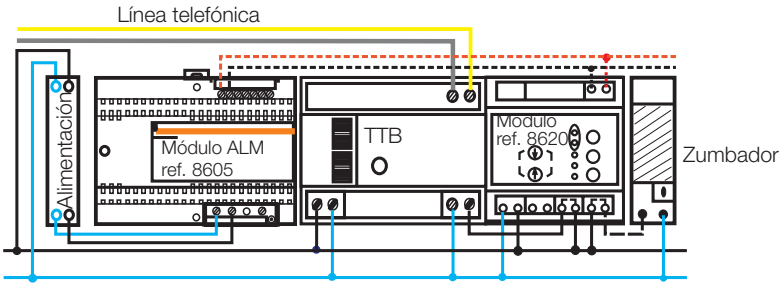


Fig. L6.4-241: *esquema de la distribución de las salidas de la línea en régimen IT de la primera planta.*

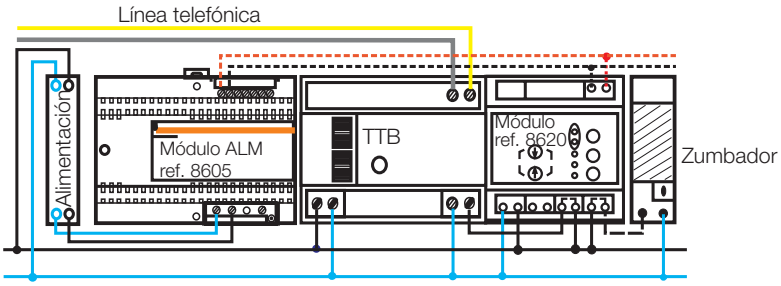
Alimentaciones de las salidas para las alarmas técnicas

Detección de humos

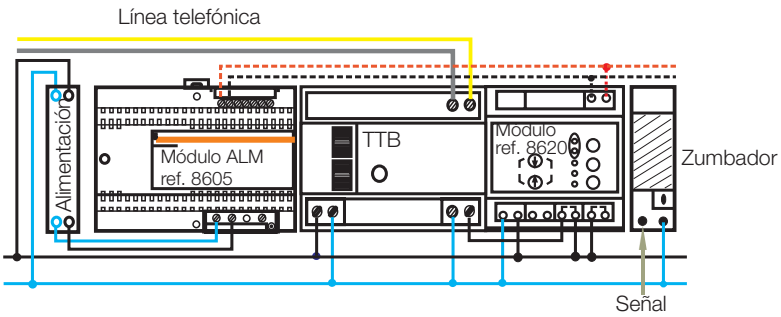
Ramal 1.º.



Ramal 2.º.



Detección de intrusos



Detección de fugas de agua

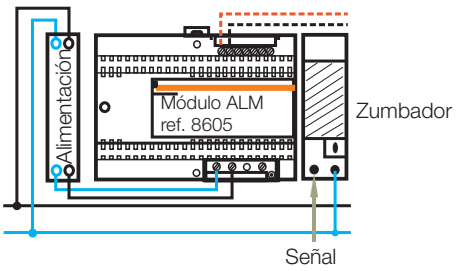


Fig. L6.4-242: *esquemas de las alimentaciones de las alarmas técnicas.*

Bus de comunicación control de aislamiento de la 1.ª planta

Ramal izquierdo 1.º

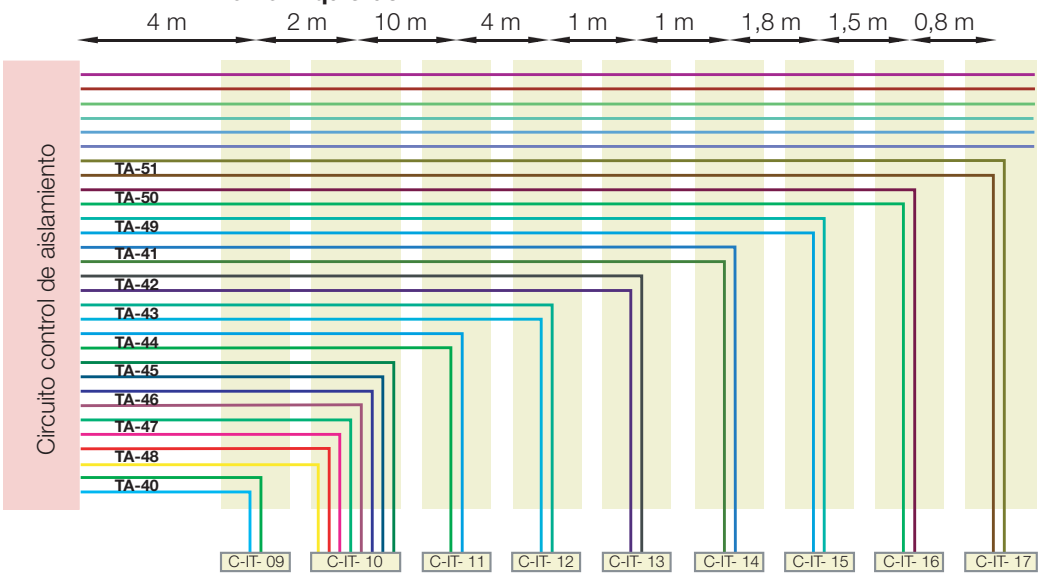


Fig. L.6.4-243: *bus control de aislamiento ramal izquierdo 1.º.*

Ramal derecho 2.º-1.ª

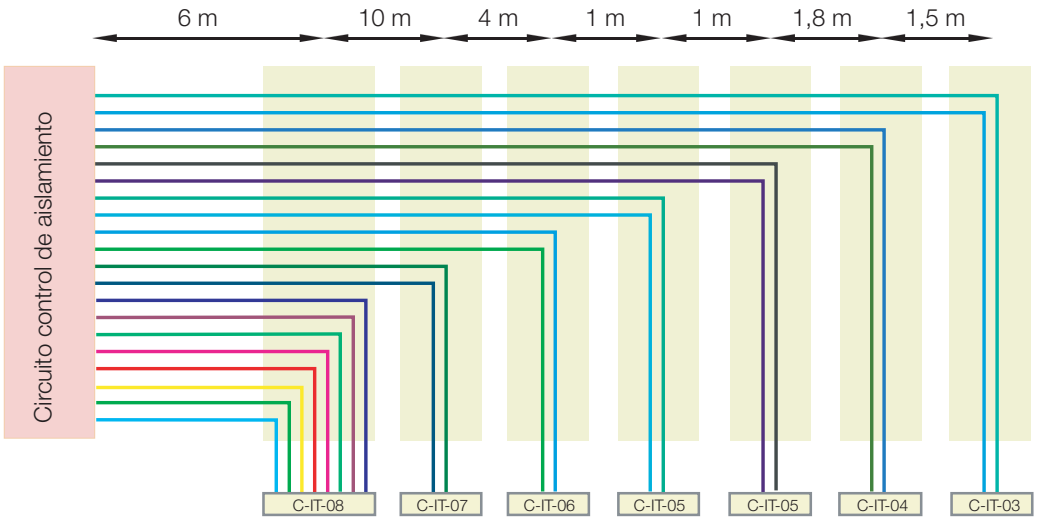


Fig. L6.4-244: *bus control de aislamiento ramal derecho 2.º-1.ª.*

Ramal derecho 2.º-2.ª

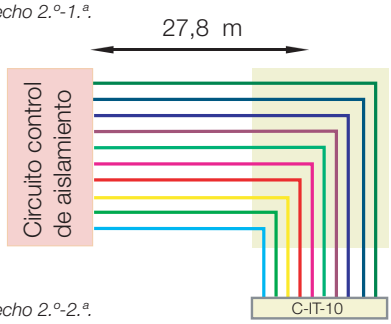


Fig. L6.4-245: *bus control de aislamiento ramal derecho 2.º-2.ª.*

Planta 2.ª

Aire acondicionado

Disponen de dos bombas de calor situadas en la azotea, una para atender la parte derecha y otra para la izquierda del local de la planta 2.ª.

Las bombas de calor calientan o enfrían agua de un depósito. Esta agua se distribuye a los dos depósitos, a través de sendas bombas de 3/4 de CV. A requerimiento de los termostatos que controlan la temperatura de los depósitos de la 2.ª planta.

Las bombas de calor desarrollan una potencia de 29,7 kW en la creación de frigorías y de 31,7 kW en calorías, cada una.

Los fancoils son individualizados para los cuatro sectores en que hemos subdividido las dependencias:

■ Salas n.os 6, 7 y 8: los fancoils permiten un caudal de 2.800 m^3/h, con una potencia de 1/2 CV a 230/400 V.

■ Salas n.os 5, 3 y 4: los fancoils permiten un caudal de 2.800 m^3/h con una potencia de 1/2 CV a 230/400 V.

■ Los servicios n.os 1 y 2 y n.os 9 y 10: disponen de un fancoil cada grupo de 1.200 m^3/h con una potencia de 1/4 de CV a 230 V cada uno. El reparto para todos los departamentos de los servicios se realiza a través de conductos.

Los fancoils se alimentan de agua climatizada desde dos depósitos, a través de tres circuitos con bombas de agua, dos de 3/4 de CV y una de 1/4 de CV.

Una cámara permite juntar el aire de retorno con aire nuevo de la calle en la proporción deseada hasta un 80%, regulando las rejillas de las ventanas.

El aire del exterior se adquiere de una abertura a la calle, y el aire interior se recupera con un circuito de retorno por debajo de las estanterías y una comunicación a la cámara de mezcla.

El aire inyectado por los fancoils se reparte a través de unos distribuidores, esparciéndolo por la planta.

Renovación de aire

El mismo fancoil que distribuye el aire caliente y frío puede, durante los períodos en que la temperatura ambiente exterior es confortable, renovar el aire del local manteniendo una temperatura agradable.

En los momentos de afluencia masiva debemos colaborar en la renovación de aire, expulsando aire con poco O_2 y con bastante CO_2, adquiriendo mayor caudal del exterior.

Con un extractor de 3/4 de CV a 230 V, que expulse aire polucionado, obtendremos un mayor caudal de aire nuevo.

Incluso se puede mejorar el efecto con el funcionamiento de las bombas de calor, controlándolas por medio de un termostato de temperatura límite.

Dosificador de ambiente

En cada fancoil dispondremos de un ambientador y purificador, para mantener un ambiente agradable a la sensibilidad humana.

Renovación de aire

Debemos tener en consideración las salas especiales que necesitan una renovación de aire propia, en consonancia con su actividad:

■ Los servicios: situaremos dos extractores con conducto para cada dependencia, que permite cada uno un caudal de 900 m^3/h, con una potencia de 225 W a 230 V, y un temporizador que los haga trabajar cinco minutos cada cuarto de hora.

■ La sala para comer y calentar la comida: situaremos un extractor con conducto, que permite un caudal de 900 m^3/h, con una potencia de 225 W a 230 V, y que pueda trabajar a voluntad de forma manual.

Alumbrado general de la planta
Cada dependencia dispondrá de un alumbrado general reducido de unos 300 lux y un alumbrado de refuerzo de unos 400 lux, ambos se encienden a voluntad a través de un interruptor manual. En las salas 3 y 8 el alumbrado general se actúa a través de una célula fotoeléctrica que enciende el alumbrado si la iluminación natural no llega a 300 lux.
La luminosidad se ha adecuado al trabajo con monitores, tanto en intensidad como en color, si debemos trabajar en las mesas de despacho sin el monitor, podemos necesitar un incremento de luminosidad a unos 850 lux. Suplemento a obtener de una lámpara de sobremesa.

Alumbrado de emergencia
Dispondremos de un alumbrado de señalización con lámparas fluorescentes compactas de 25 W cos $\varphi = 0{,}5$; I = 0,205 A. La alimentación se realiza a través del SAI con una reserva de una hora (según reglamento).

Conectores para red de 230 V
Dispondrán en cada dependencia de una red de conectores a 230 V, del tipo SM200 para dos unidades, de las cuales uno de color naranja estará discriminado en el horario de trabajo y corresponde al uso de los utensilios de la limpieza. Solamente dispondrán de tensión en las horas valle de la contratación.

Conectores para la red de 230 V a través de los SAI
Cada cuatro puntos informáticos dispondrán de una columna del sistema Canalis con los mandos del alumbrado, dos tomas de corriente a 230 V de la red de conectores, un juego de tomas de corriente alimentadas por el SAI, para los equipos informáticos, una toma correspondiente a la red informática y una toma de teléfono.

Confort
La transparencia al exterior con grandes ventanales obliga a una protección de los rayos ultravioleta del sol, directos sobre las salas, con persianas.
Las persianas dispondrán de mandos individualizados y un mando centralizado desde la recepción de la primera planta.
La puerta de entrada a la planta es una abertura que, desde el rellano de la escalera del edificio, te conduce al interior de la planta; en las horas que no existe actividad debe cerrarse con una puerta metálica.

Control de personal
A la entrada existe un controlador de entradas y salidas del personal informatizado.

La antena de comunicación
Se dejará una toma en el comedor y las salas de visitas y reuniones.

Hilo musical
La cadena HI-FI desde la primera planta alimenta un circuito de hilo musical para las tres plantas.

La central telefónica
La central telefónica situada en la recepción de la primera planta alimenta las tres plantas.

Agua sanitaria caliente
El termo de agua caliente para los servicios es discriminable, para actuación exclusivamente en horas valle.

Situación de las cargas en la 2.ª planta

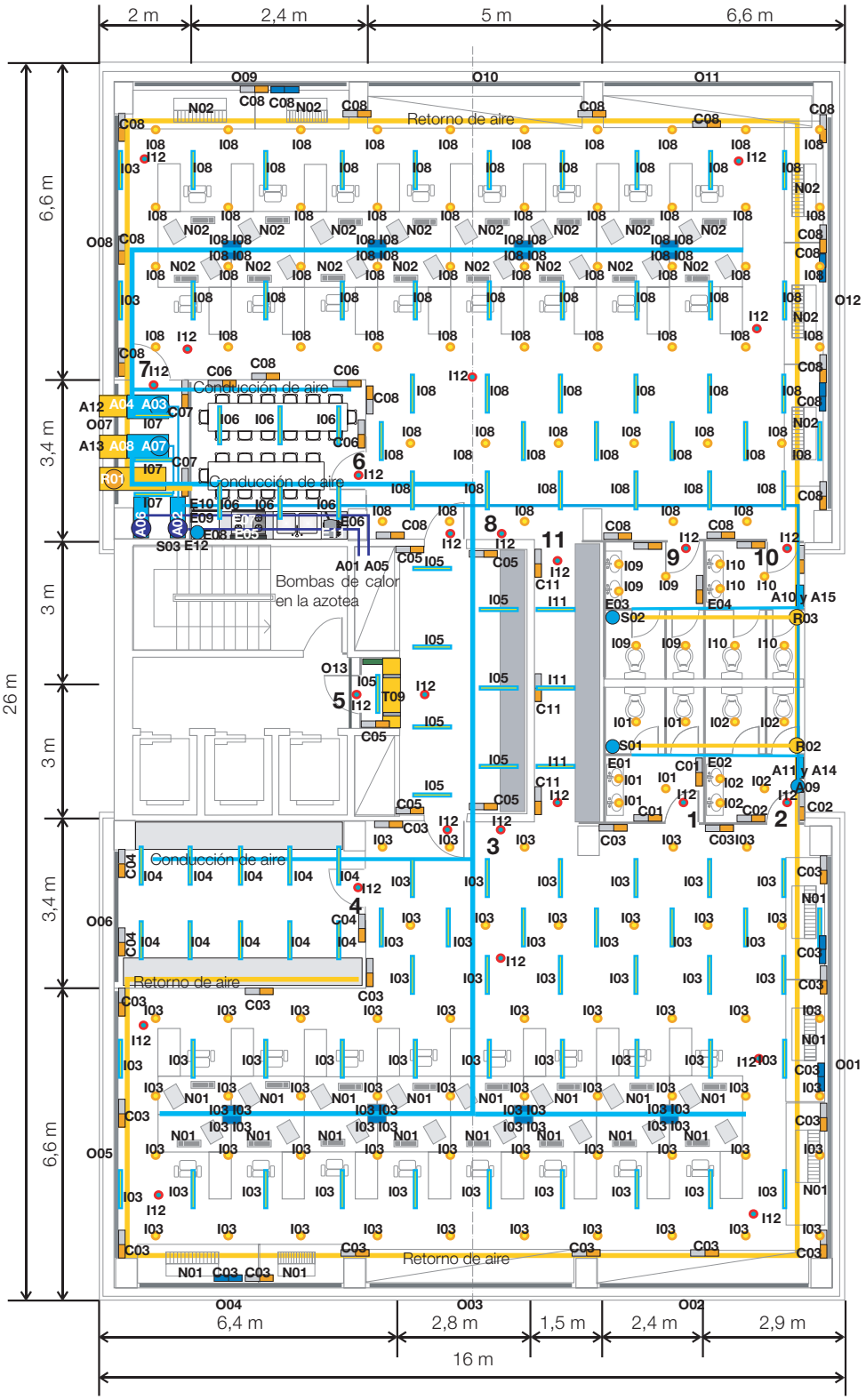


Fig. L6.4-246: *situación en planta de las cargas.*

Las alarmas técnicas
Su consumo es esporádico en circunstancias excepcionales, solamente por la aptitud de su función.

Clasificación de las cargas en cada caja de conexiones

Red de régimen TT

Línea de la izquierda 1.º

Dependencia n.º 01 servicios

Caja de conexiones CC01.

Clasificación de las cargas de la caja CC01 servicios n.º 1							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**1,1**		
I01	Servicio H 01	BB1	5 · 50	0,22	1,1		
E00	**Electrodomésticos**					**1,3**	
E01	Dispensador 01	BB2	1 · 300	1,3		1,3	
C00	**Conectores, enchufes**						**1**
C01	Servicio H S1	BB2	2 · 5 A · 0,1	1			1
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
S00	**Agua sanitaria caliente**				**5,2**		
S01	Servicios 80 L	BB2	1 · 1.200	5,2	5,2		

Tabla L6.4-247: *cargas de la caja CC01.*

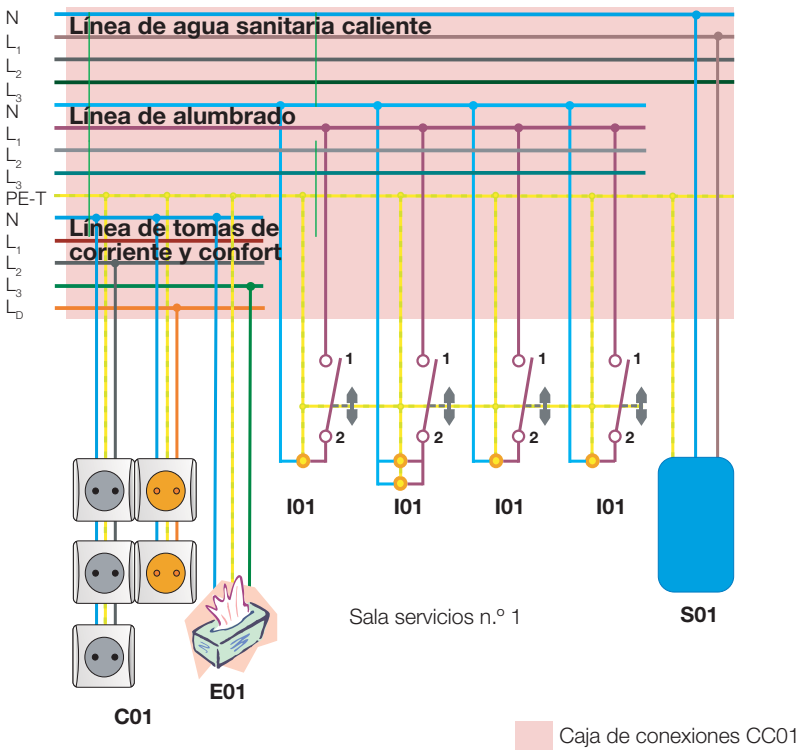


Fig. L6.4-248: *esquema eléctrico caja CC01.*

Dependencia n.º 02 servicios
Caja de conexiones CC02.
Cuadro scundario C02.

Clasificación de las cargas de la caja CC02 servicios n.º 2							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**					**0,5**	
A10	Fancoils S 1 y 2	BB2	1 · 115	0,5		0,5	
A00	**Ambientador**					**0,5**	
A14	Fancoils S 1 y 2	BB2	1 · 115	0,5		0,5	
R00	**Renovación de aire**					**1,6**	
R03	Ex. Servicios 1.º	BB2	1 · 225	1,6		1,6	
I00	**Alumbrado**				**1,1**		
I02	Servicio H 02	BB1	5 · 50	0,22	1,1		
E00	**Electrodomésticos**					**1,3**	
E02	Dispensador 02	BB2	1 · 300	1,3		1,3	
C00	**Conectores, enchufes**						**1**
C02	Servicio M S2	BB2	2 · 5 A · 0,1	1			1
			2 · 5 A · 0,05	0,5			

Tabla L6.4-249: *cargas de la caja CC02.*

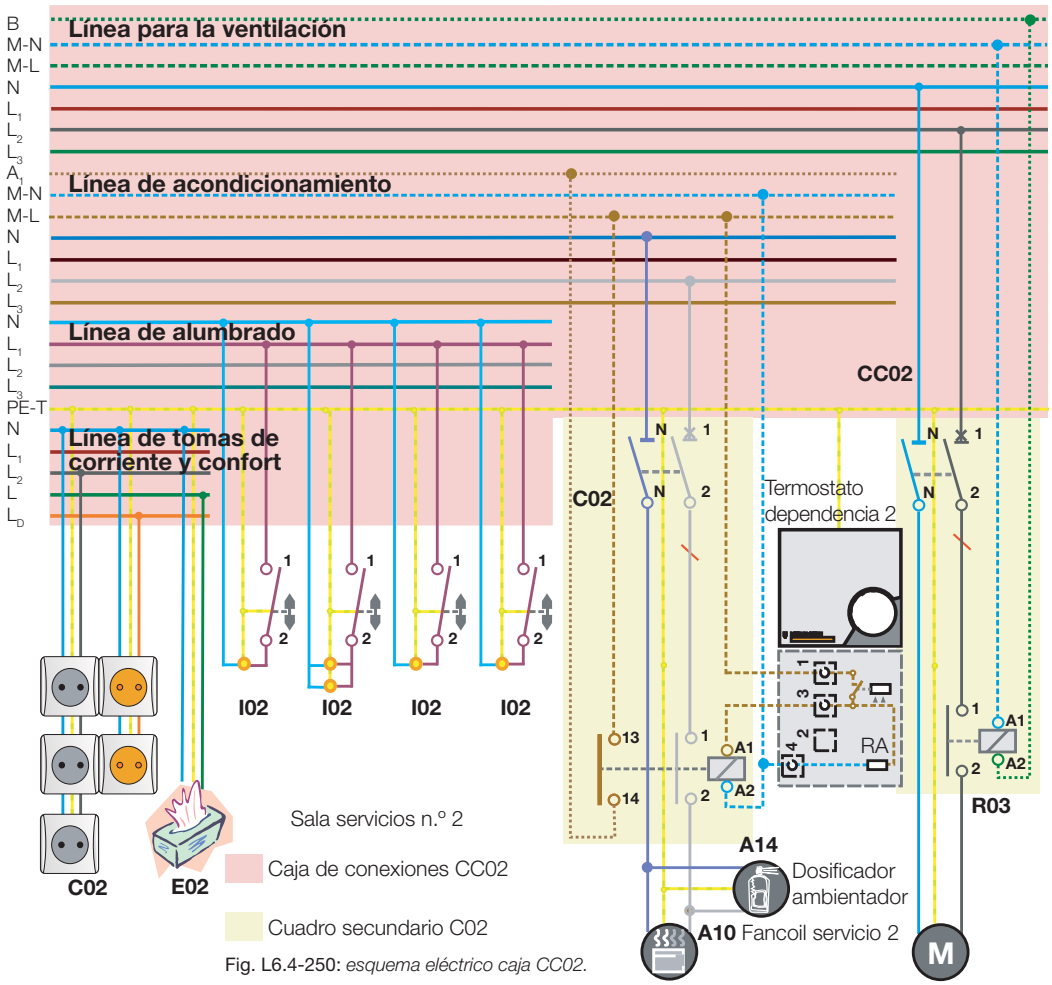


Fig. L6.4-250: *esquema eléctrico caja CC02.*

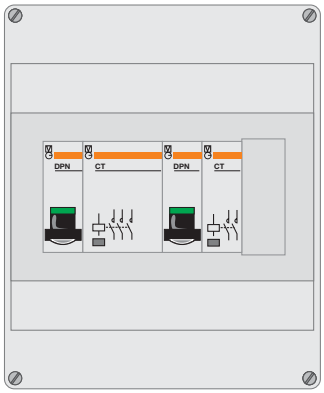


Fig. L6.4-251: *cuadro secundario C02.*

Dependencia n.º 03 despacho general 3
Caja de conexiones CC03-1.
Cuadro secundario C03-1.

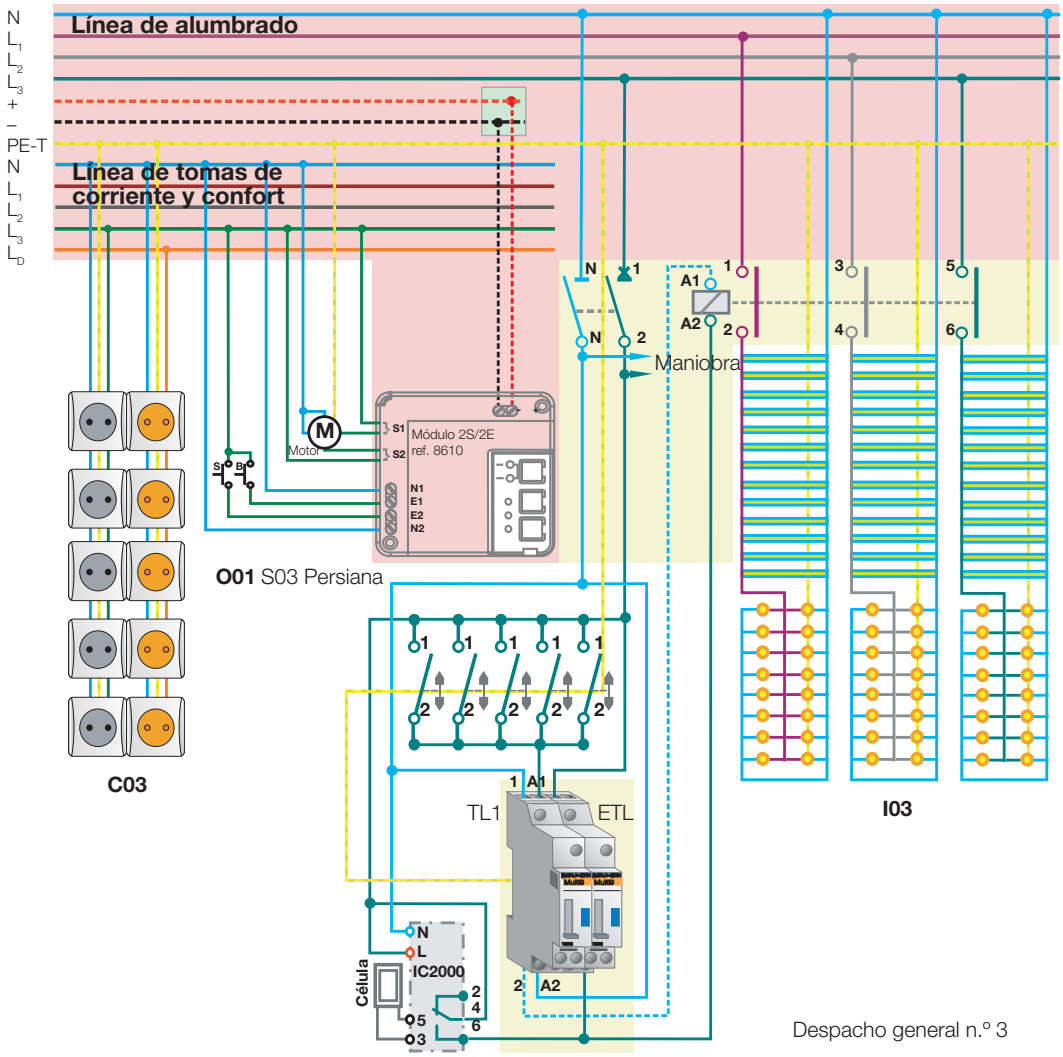


Fig. L6.4-252: *esquema eléctrico caja CC03-1.*

Clasificación de las cargas de la caja CC03-1 despacho general n.º 3							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**9,37**	**9,37**	**9,37**
I03	S. Oficina S3	BB1	39 · 54	0,45	5,85	5,85	5,85
			48 · 50	0,22	3,52	3,52	3,52
C00	**Conectores, enchufes**						**2,5**
C03	S. Oficina S3	BB1	5 · 5 A · 0,1	2,5			2,5
			5 · 5 A · 0,05	1,25			
O00	**Confort**						**0,8**
O02	S03 Persiana	BB1	1 · 180	0,8			0,8

Tabla L6.4-253: *cargas de la caja CC03-1.*

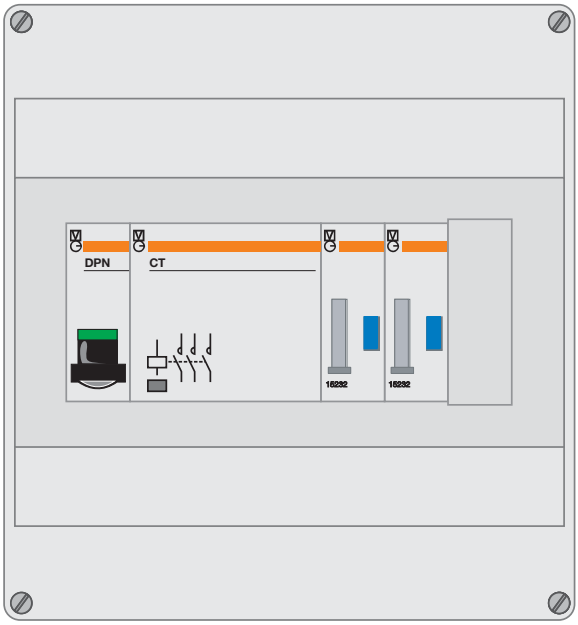


Fig. L6.4-254: *cuadro secundario C03-1.*

Dependencia n.º 03 despacho general 3

Caja de conexiones CC03-2.

Clasificación de las cargas de la caja CC03-2 despacho general n.º 3							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**0,96**		
I03	S. Oficina S3	BB1	4 · 55	0,24	0,96		
C00	**Conectores, enchufes**				**6,5**		
C03	S. Oficina S3	BB1	13 · 5 A · 0,1	6,5	6,5		
			5 · 5 A · 0,05	1,25			
O00	**Confort**				**0,6**		
O02	S08 Persiana	BB1	1 · 140	0,6	0,6		

Tabla L6.4-255: *cargas de la caja CC03-2.*

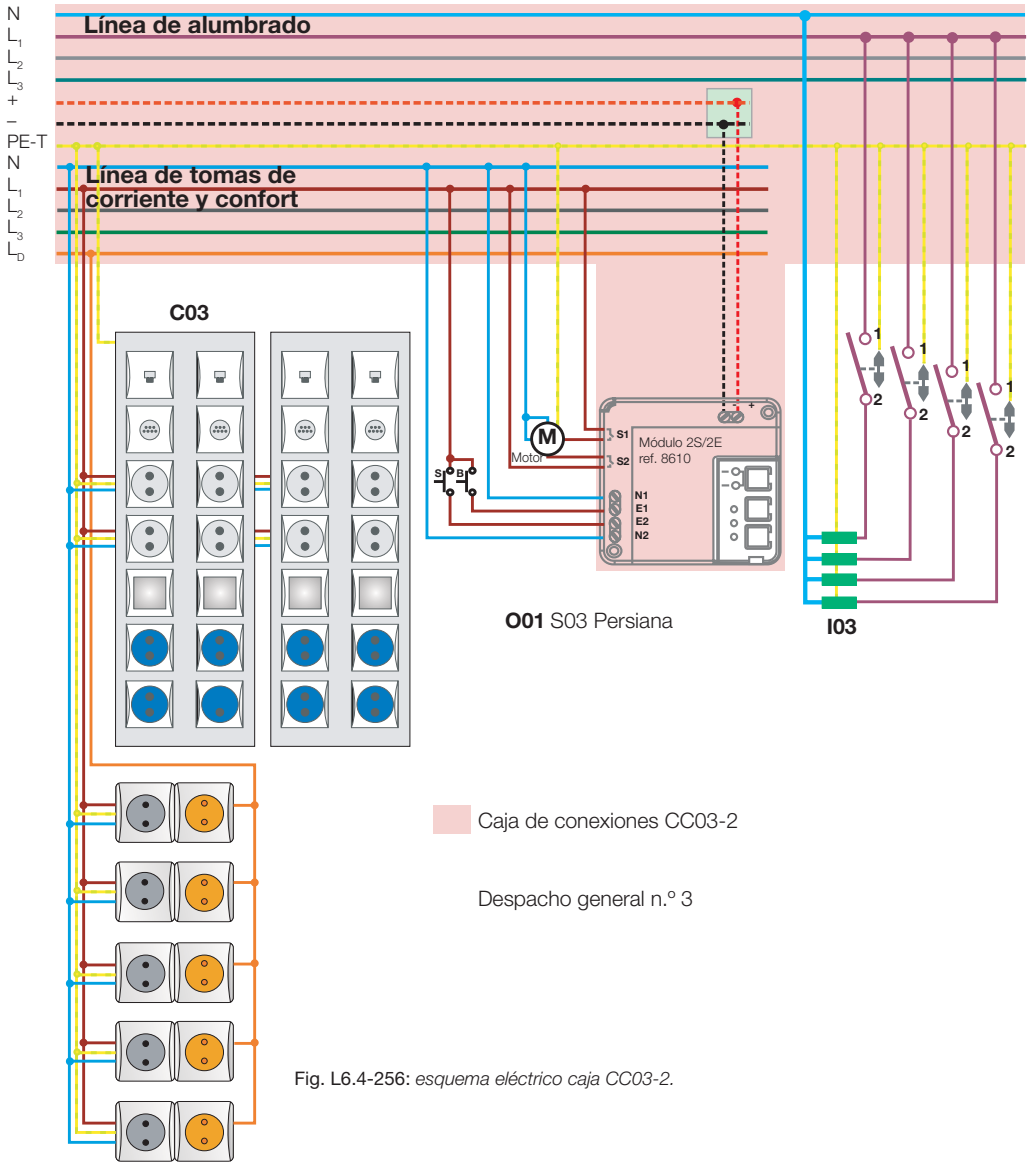


Fig. L6.4-256: *esquema eléctrico caja CC03-2.*

Dependencia n.º 03 despacho general 3

Caja de conexiones CC03-3.

Clasificación de las cargas de la caja CC03-3 despacho general n.º 3							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**					**0,96**	
I03	S. Oficina S3	BB1	4 · 55	0,24		0,96	
C00	**Conectores, enchufes**					**6**	
C03	S. Oficina S3	BB1	12 · 5 A · 0,1	6,5		6	
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**					**0,6**	
O03	S08 Persiana	BB1	1 · 140	0,6		0,6	

Tabla L6.4-257: *cargas de la caja CC03-3.*

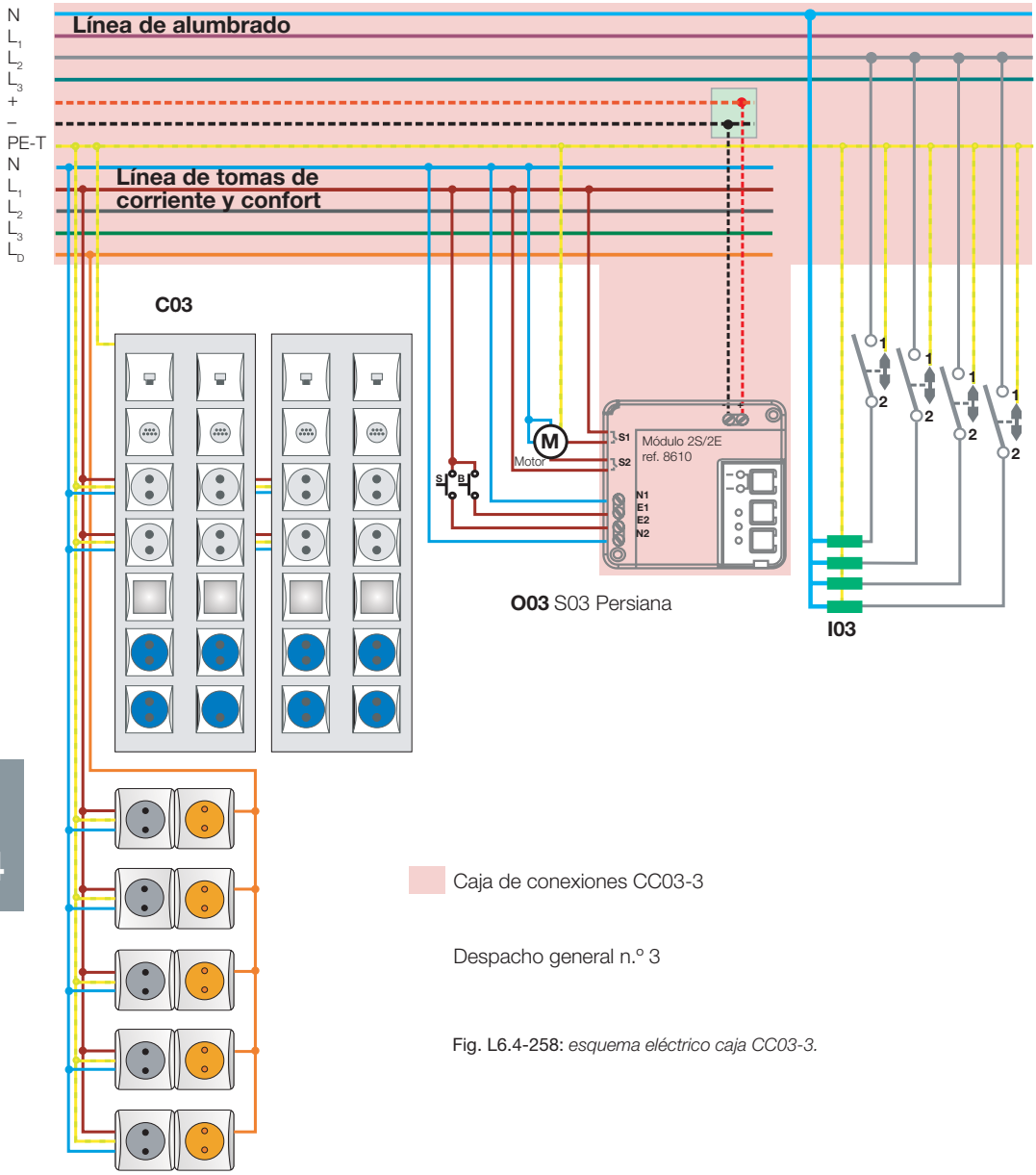


Fig. L6.4-258: *esquema eléctrico caja CC03-3.*

Dependencia n.º 03 despacho general 3

Caja de conexiones CC03-4.

Clasificación de las cargas de la caja CC03-4 despacho general n.º 3							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**0,96**
I03	S. Oficina S3	BB1	4 · 55	0,24			0,96
C00	**Conectores, enchufes**						**4**
C03	S. Oficina S3	BB1	8 · 5 A · 0,1	4			4
O00	**Confort**						**0,6**
O04	S03 Persiana	BB1	1 · 140	0,6			0,6

Tabla L6.4-259: *cargas de la caja CC03-4.*

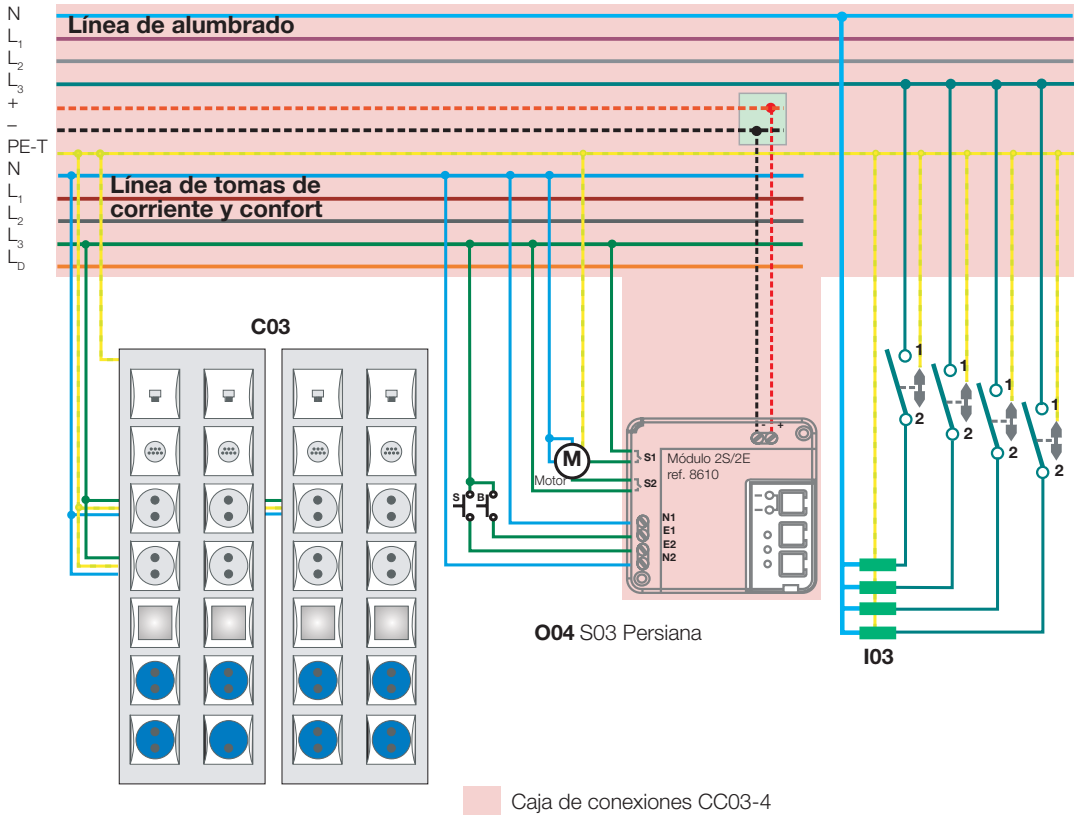


Fig. L6.4-260: *esquema eléctrico caja CC03-4.*

Dependencia n.º 03 despacho general 3

Caja de conexiones CC03-5.

Clasificación de las cargas de la caja CC03-5 despacho general n.º 3							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**0,96**		
I03	S. Oficina S3	BB1	4 · 55	0,24	0,96		
C00	**Conectores, enchufes**				**5,5**		
C03	S. Oficina S3	BB1	11 · 5 A · 0,1	5,5	5,5		
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**				**0,6**		
O05	S08 Persiana	BB1	1 · 140	0,6	0,6		

Tabla L6.4-261: *cargas de la caja CC03-5.*

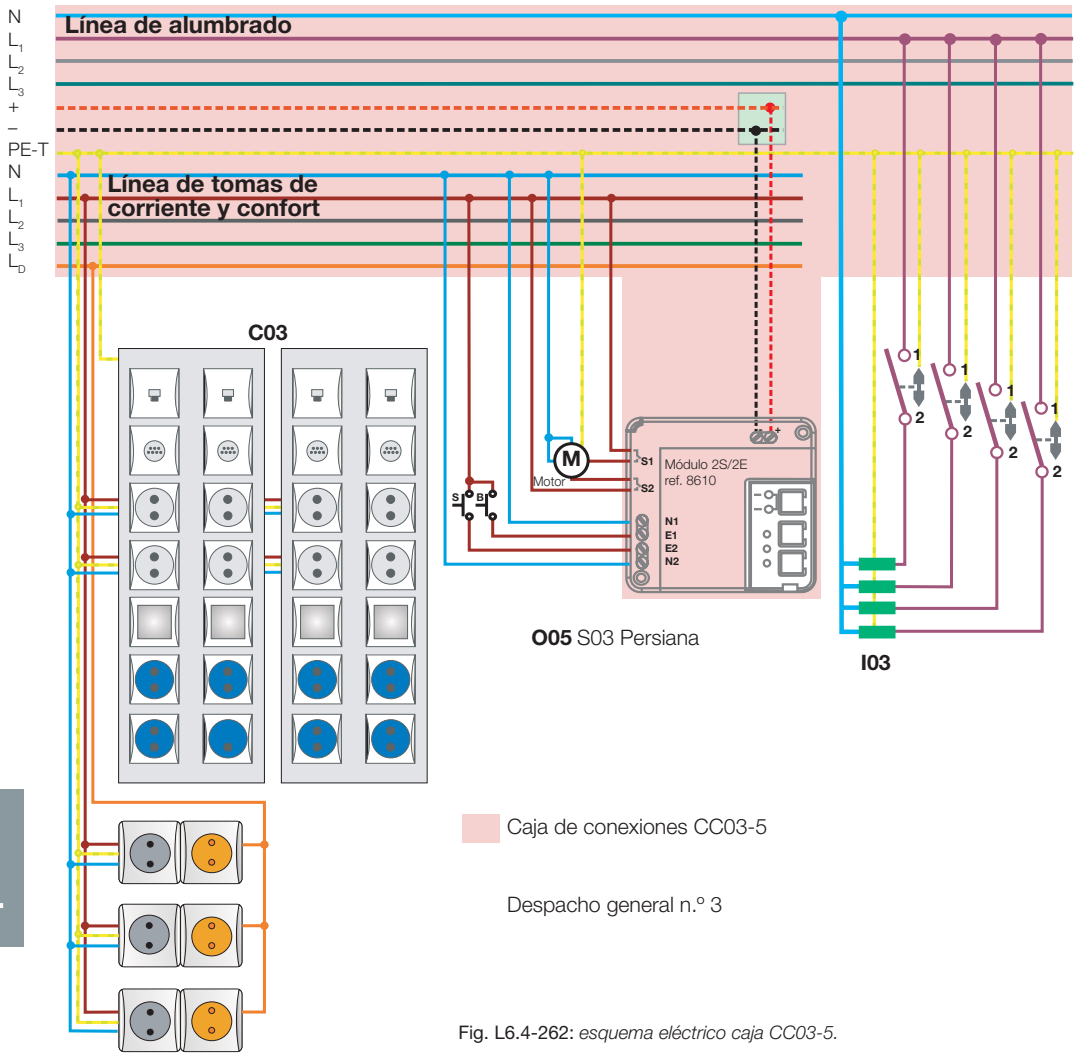


Fig. L6.4-262: *esquema eléctrico caja CC03-5.*

Dependencia n.º 03 vestuario 4

Caja de conexiones CC04.

Clasificación de las cargas de la caja CC04 vestuario n.º 4							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**4,5**
I04	S. Vestuario S4	BB1	10 · 54	0,45			4,5
C00	**Conectores, enchufes**					**1,5**	
C04	Vestuario S4	BB1	3 · 5 A · 0,1	1,5		1,5	
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**					**0,5**	
O06	S08 Persiana	BB1	1 · 100	0,5		0,5	

Tabla L6.4-263: *cargas de la caja CC04.*

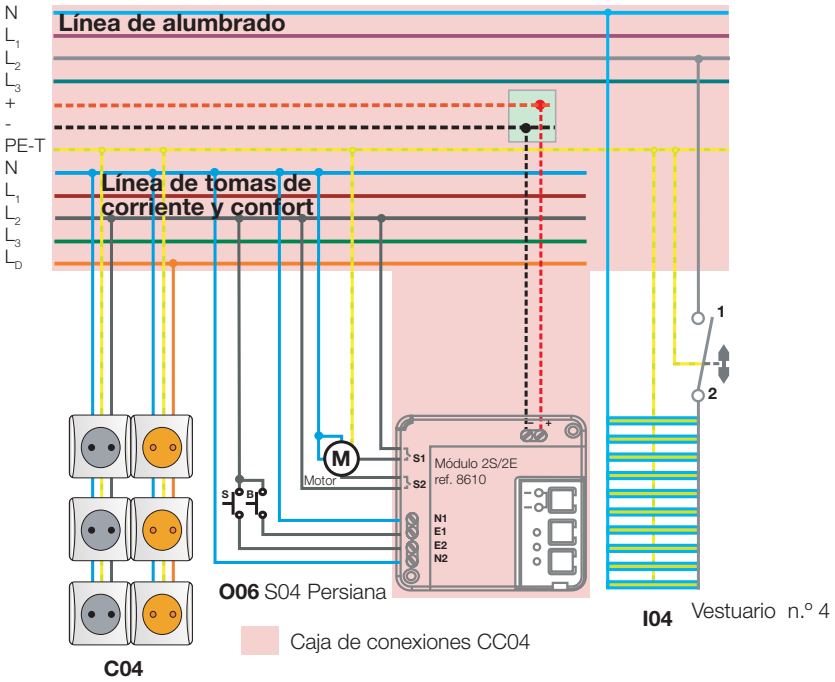


Fig. L6.4-264: *esquema eléctrico caja CC04.*

Dependencia n.º 05 vestíbulo
Caja de conexiones CC05.
Cuadro secundario C05.

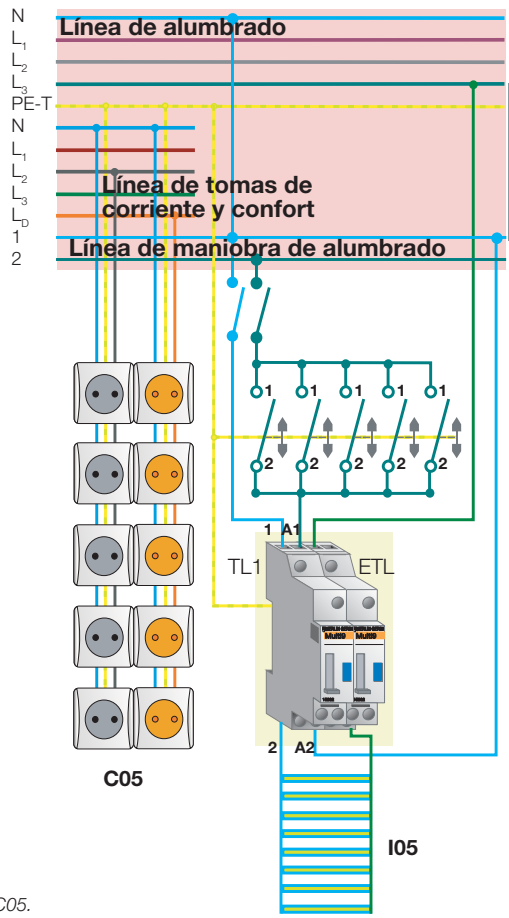


Fig. L6.4-265: *esquema eléctrico caja CC05.*

Clasificación de las cargas de la caja CC05 vestíbulo n.º 5							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**3,6**
I05	S. Vestíbulo S3	BB1	8 · 54	0,45			3,6
C00	**Conectores, enchufes**						**2,5**
C05	Vestíbulo S5	BB1	5 · 5 A · 0,1	2,5			2,5
			5 · 5 A · 0,05	1,25			

Tabla L6.4-266: *cargas de la caja CC05.*

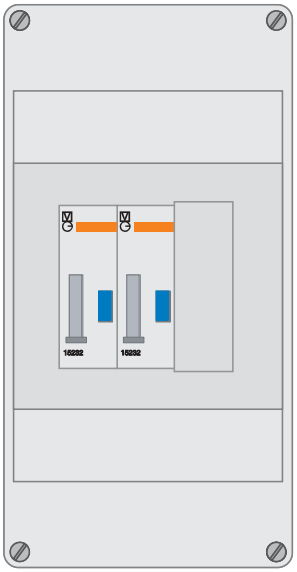


Fig. L6.4-267: *cuadro secundario C05.*

Línea de la derecha 2.º

Dependencia n.º 11 pasillo

Caja de conexiones CC06.

Clasificación de las cargas de la caja CC06 pasillo n.º 11							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**1,35**		
11	Pasillo S11	BB1	3 · 54	0,45	1,35		
C00	**Conectores, enchufes**						**1,5**
C11	Pasillo CDBT S4	BB1	3 · 5 A · 0,1	1,5			1,5
			3 · 5 A · 0,05	0,75			

Tabla L6.4-268: *cargas de la caja CC06.*

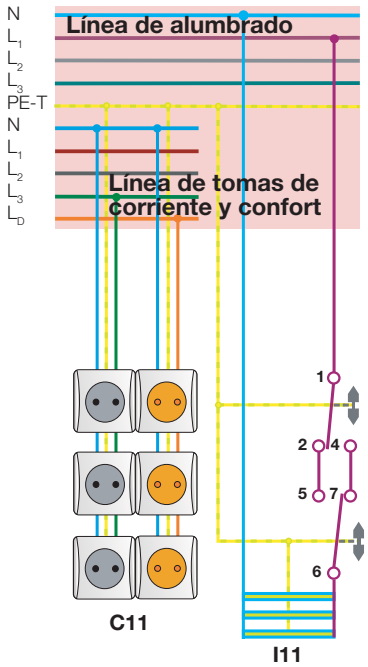


Fig. L6.4-269: *esquema eléctrico caja CC06.*

Dependencia n.º 9 servicios

Caja de conexiones CC07.

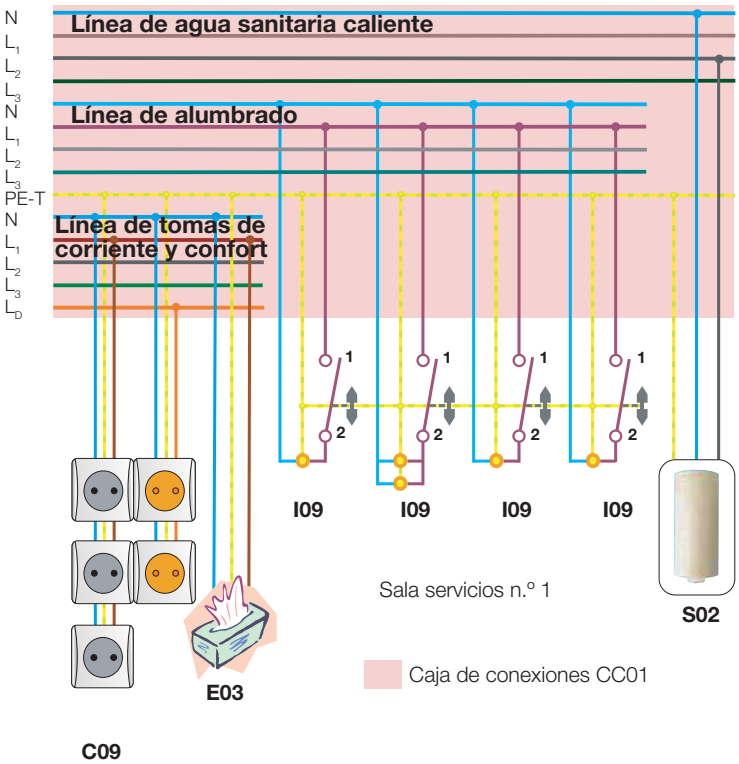


Fig. L6.4-270: *esquema eléctrico caja CC07.*

Clasificación de las cargas de la caja CC07 servicios n.º 9							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**1,1**		
I09	Servicio H 09	BB1	5 · 50	0,22	1,1		
E00	**Electrodomésticos**				**1,3**		
E03	Dispensador 09	BB2	1 · 300	1,3	1,3		
C00	**Conectores, enchufes**				**1**		
C09	Servicio H S11	BB2	2 · 5 A · 0,1	1	1		
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
S00	**Agua sanitaria caliente**					**5,2**	
S02	Servicios 80 L	BB2	1 · 1.200	5,2		5,2	

Tabla L6.4-271: *cargas de la caja CC07.*

Dependencia n.º 10 servicios
Caja de conexiones CC08.
Cuadro secundario C08.

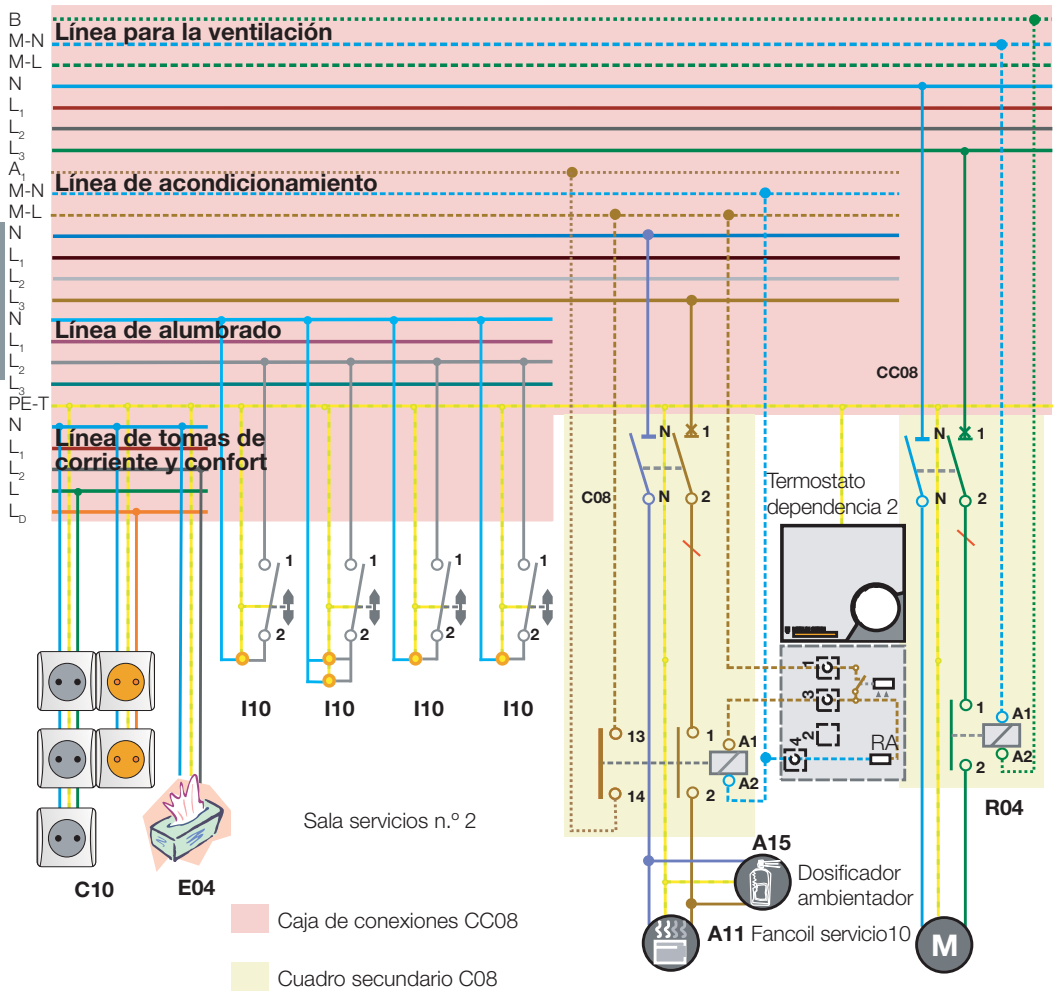


Fig. L6.4-272: *esquema eléctrico caja CC08 y cuadro secundario C08.*

Clasificación de las cargas de la caja CC08 servicios n.º 10							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**						**0,5**
A11	Fancoils S 9 y 10	BB2	1 · 115	0,5			0,5
A00	**Ambientador**						**0,5**
A15	Fancoils S 9 y 10	BB2	1 · 115	0,5			0,5
R00	**Renovación de aire**						**1,6**
R04	Ex. Servicios 2.º	BB2	1 · 225	1,6			1,6
I00	**Alumbrado**					**1,1**	
I10	Servicio M 10	BB1	5 · 50	0,22		1,1	
E00	**Electrodomésticos**					**1,3**	
E04	Dispensador 10	BB2	1 · 300	1,3		1,3	
C00	**Conectores, enchufes**						**1**
C10	Servicio M S12	BB2	2 · 5 A · 0,1	1			1
			2 · 5 A · 0,05	0,5			

Tabla L6.4-273: *cargas de la caja CC08.*

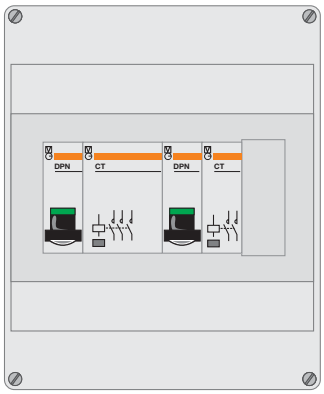


Fig. L6.4-274: *cuadro secundario C08.*

Dependencia n.º 8 despacho general 8

Caja de conexiones CC09-1.

Cuadro secundario C09-1.

Clasificación de las cargas de la caja CC09-1 despacho general n.º 8							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**9,37**	**9,37**	**9,37**
I08	S. Oficina S8	BB1	39 · 54	0,45	5,85	5,85	5,85
			48 · 50	0,22	3,52	3,52	3,52
C00	**Conectores, enchufes**						**1,5**
C08	S. Oficina S8	BB1	3 · 5 A · 0,1	1,5			1,5
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**						**0,8**
O12	S08 Persiana	BB1	1 · 180	0,8			0,8

Tabla L6.4-275: *cargas de la caja CC09-1.*

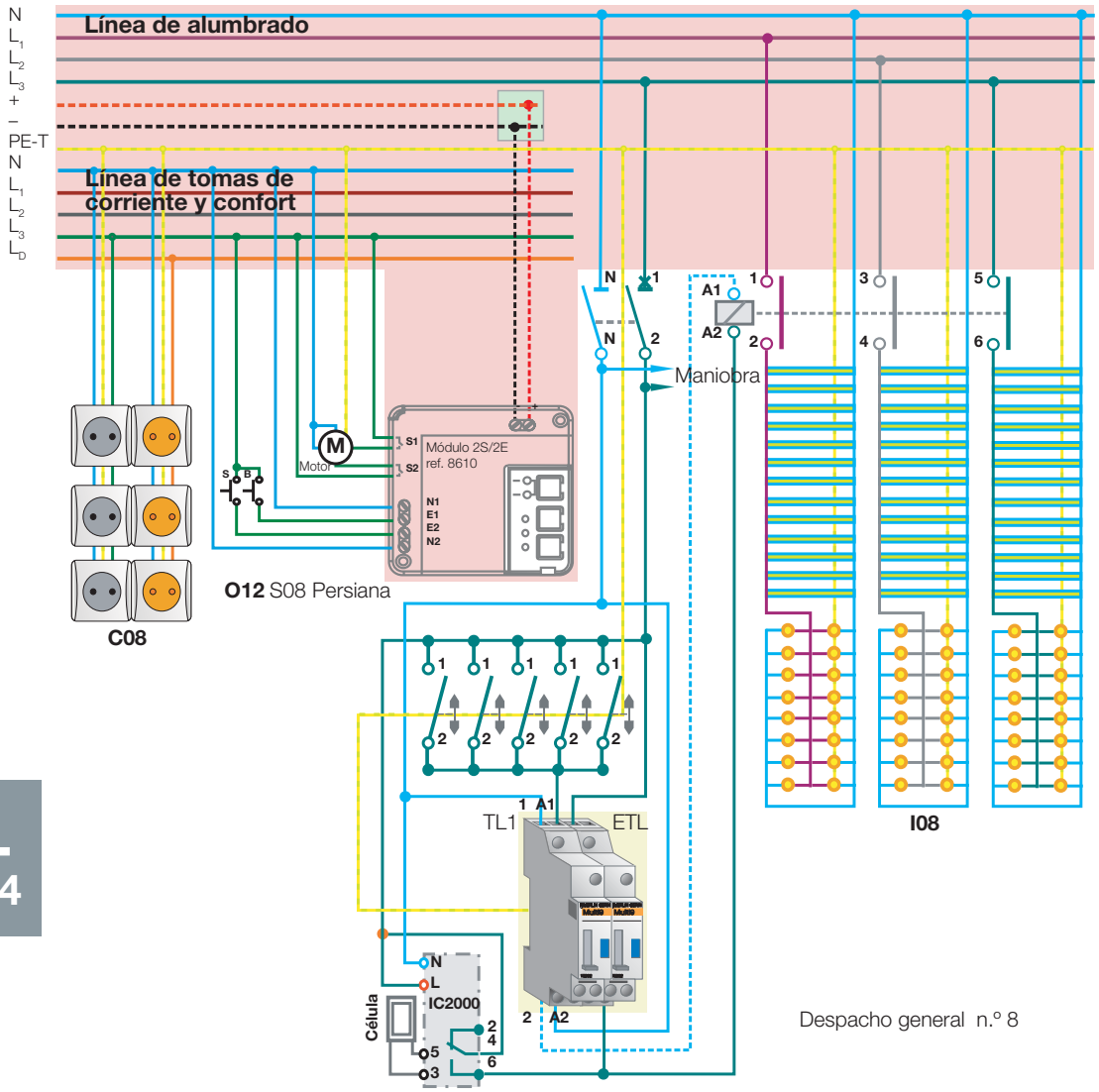


Fig. L6.4-276: *esquema eléctrico caja CC09-1 y cuadro secundario C09-1.*

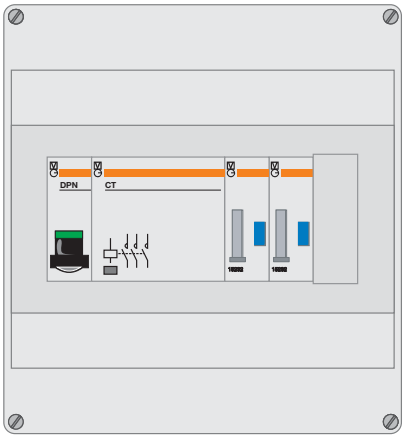


Fig. L6.4-277: *cuadro secundario C09-1.*

Dependencia n.º 8 despacho general 8

Caja de conexiones CC09-2.

Clasificación de las cargas de la caja CC09-2 despacho general n.º 8							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**				**0,96**		
I08	S. Oficina S3	BB1	4 . 55	0,24	0,96		
C00	**Conectores, enchufes**				**6**		
C08	S. Oficina S3	BB1	12 · 5 A · 0,1	6,5	6		
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**				**0,6**		
O11	S08 Persiana	BB1	1 · 140	0,6	0,6		

Tabla L6.4-278: *cargas de la caja CC09-2.*

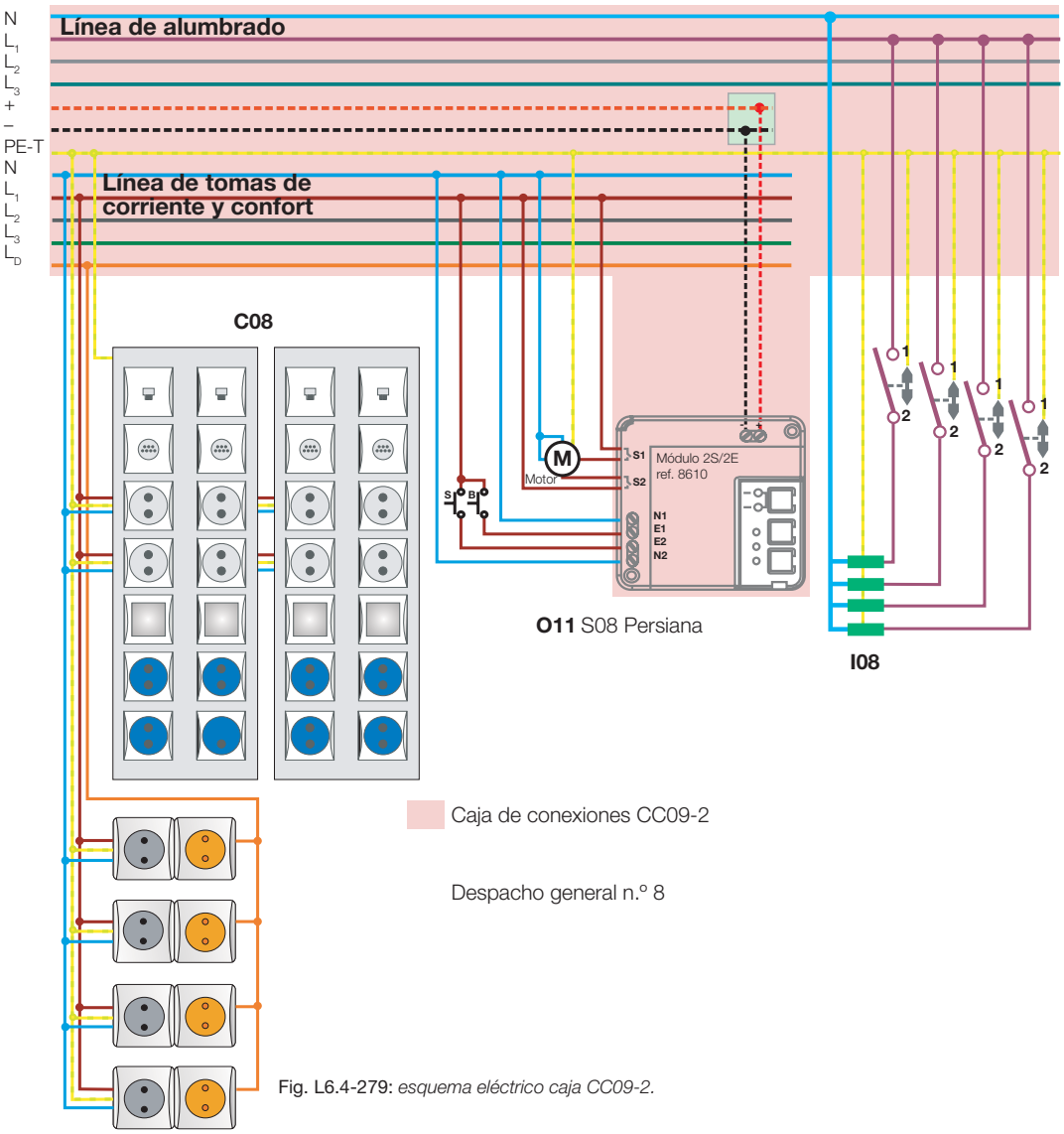


Fig. L6.4-279: *esquema eléctrico caja CC09-2.*

Dependencia n.º 8 despacho general 8

Caja de conexiones CC09-3.

Clasificación de las cargas de la caja CC09-3 despacho general n.º 8							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**					**0,96**	
I08	S. Oficina S8	BB1	4 · 55	0,24		0,96	
C00	**Conectores, enchufes**					**6**	
C08	S. Oficina S3	BB1	12 · 5 A · 0,1	6,5		6	
			4 · 5 A · 0,05	1			
O00	**Confort**					**0,6**	
O10	S03 Persiana	BB1	1 · 140	0,6		0,6	

Tabla L6.4-280: *cargas de la caja CC09-3.*

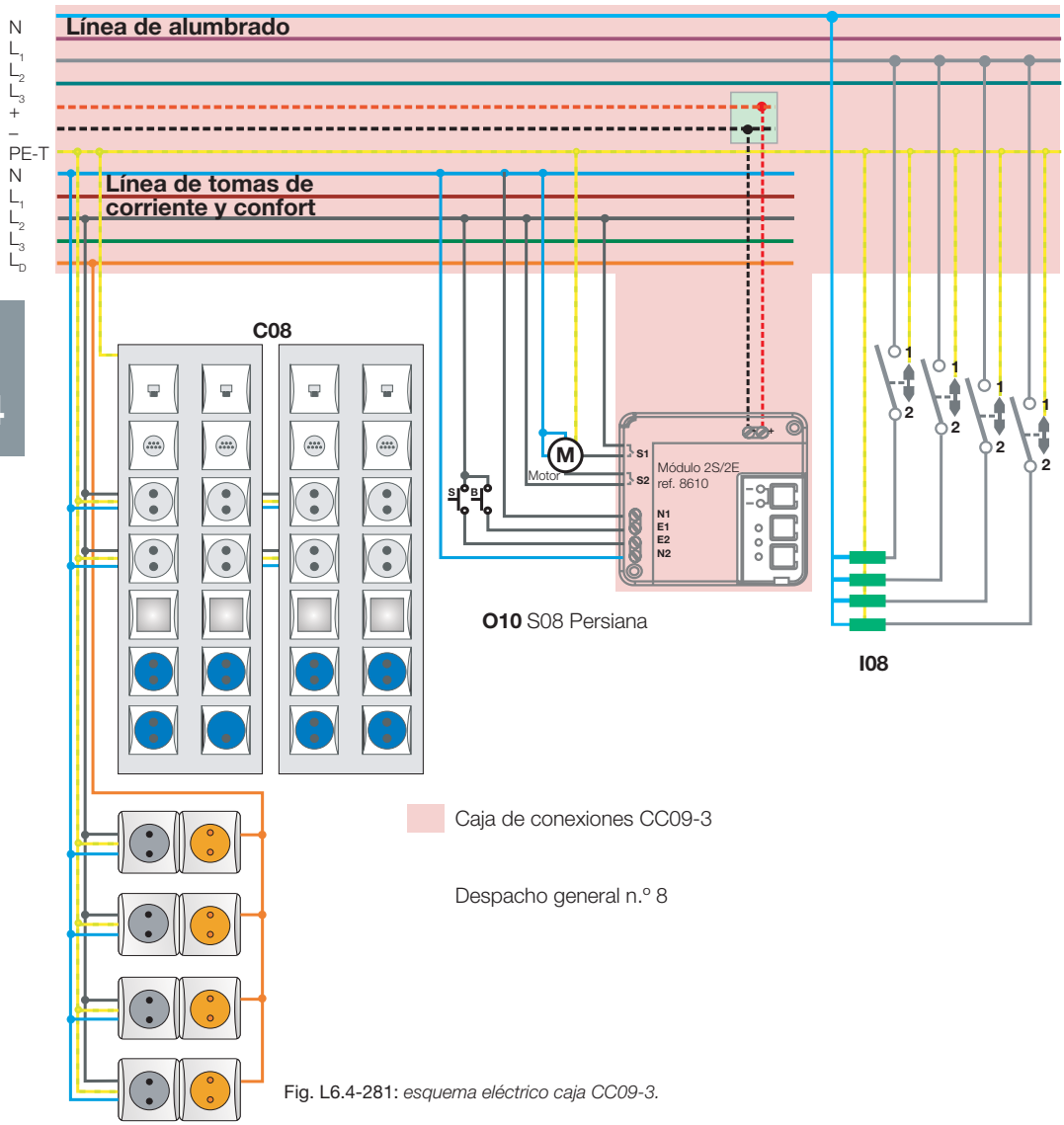


Fig. L6.4-281: *esquema eléctrico caja CC09-3.*

Dependencia n.º 8 despacho general 8

Caja de conexiones CC09-4.

Clasificación de las cargas de la caja CC09-4 despacho general n.º 8							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**0,96**
I08	S. Oficina S8	BB1	4 · 55	0,24			0,96
C00	**Conectores, enchufes**						**4**
C08	S. Oficina S8	BB1	8 · 5 A · 0,1	4			4
O00	**Confort**						**0,6**
O09	S08 Persiana	BB1	1 · 140	0,6			0,6

Tabla L6.4-282: *cargas de la caja CC09-4.*

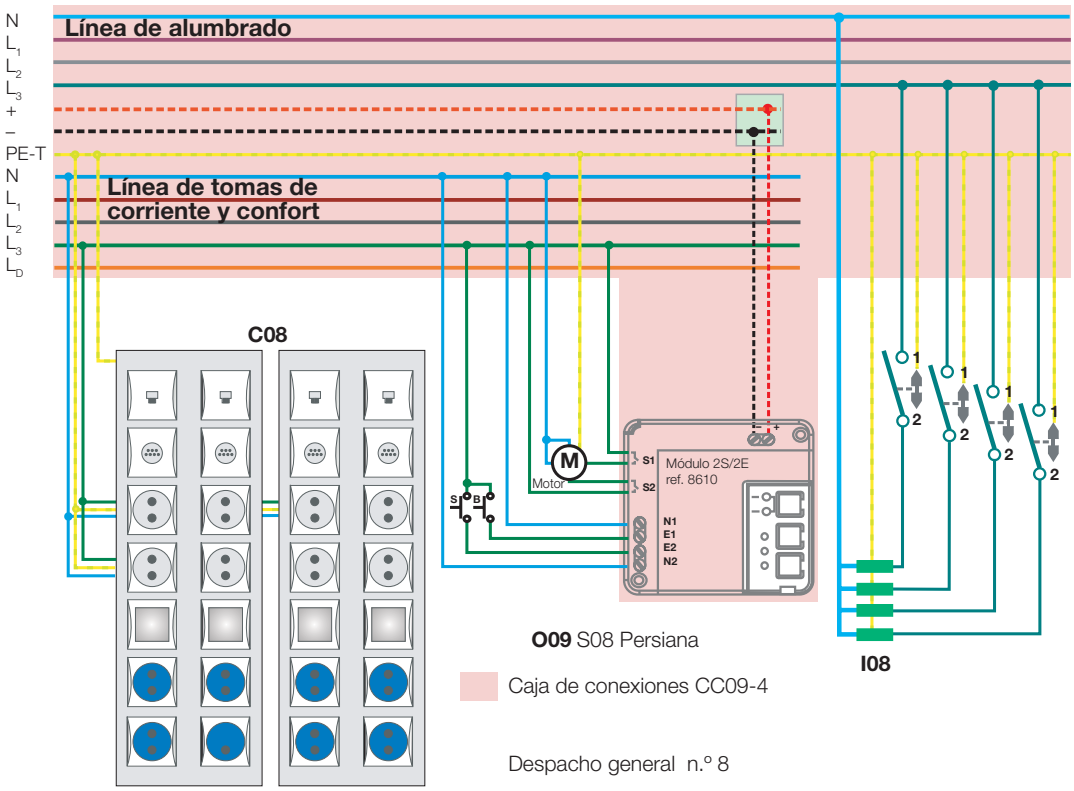


Fig. L6.4-283: *esquema eléctrico caja CC09-4.*

Dependencia n.º 8 despacho general 8

Caja de conexiones CC09-5.

Clasificación de las cargas de la caja CC09-5 despacho general n.º 8							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**					**0,96**	
I08	S. Oficina S8	BB1	4 · 55	0,24		0,96	
C00	**Conectores, enchufes**				**6**		
C08	S. Oficina S8	BB1	12 · 5 A · 0,1	6	6		
			4 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	**Confort**				**0,6**		
O05	S08 Persiana	BB1	1 · 140	0,6	0,6		

Tabla L6.4-284: *cargas de la caja CC09-5.*

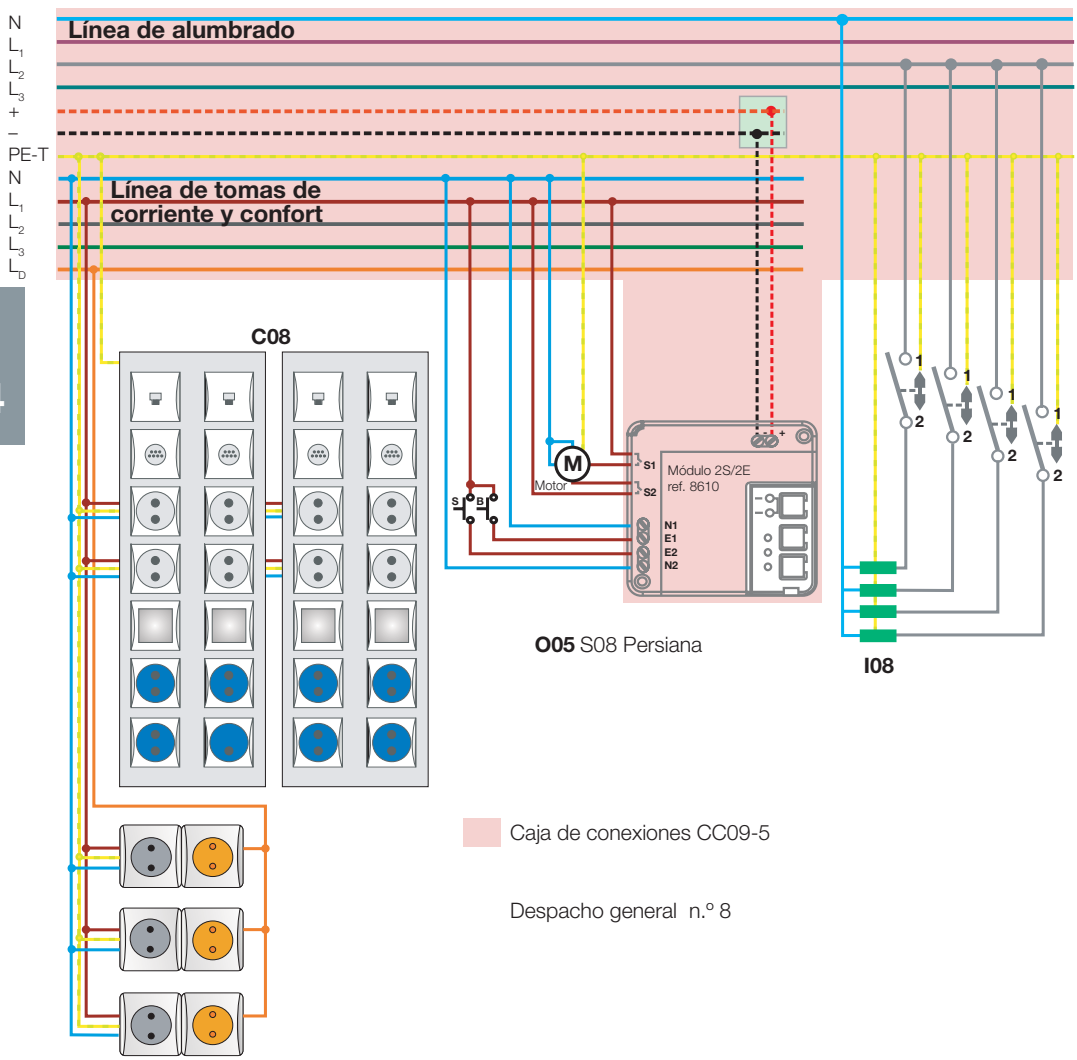


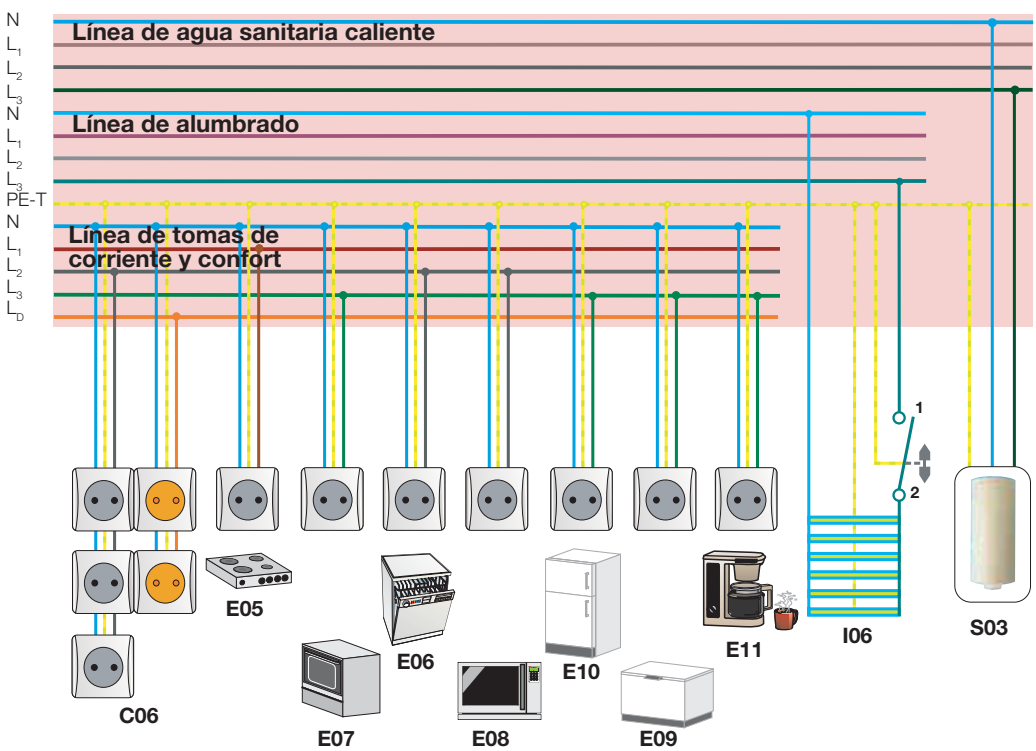
Fig. L6.4-285: *esquema eléctrico caja CC09-5.*

Dependencia n.º 11 comedor 6

Caja de conexiones CC11.

Clasificación de las cargas de la caja CC11 comedor n.º 6							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
I00	**Alumbrado**						**2,7**
I06	S. Comedor S7	BB1	6 · 54	0,45			2,7
C00	**Conectores, enchufes**					**3,5**	
C06	Comedor S6	BB2	7 · 5 A · 0,1	3,5		3,5	
			3 · 5 A · 0,05	0,75			
E00	**Electrodomésticos**				**8,7**	**15,3**	**15,6**
E05	Cocina	BB2	1 · 2.000	8,7	8,7		
E06	Lavaplatos	BB2	1 · 2.500	10,9		10,9	
E07	Horno	BB2	1 · 2.000	8,7			8,7
E08	Microondas	BB2	1 · 1.000	4,4		4,4	
E09	Congelador	BB2	1 · 400	1,7			1,7
E10	Nevera	BB2	1 · 400	1,7			1,7
E11	Cafetera	BB2	1 · 800	3,5			3,5
S00	**Agua sanitaria caliente**						**5,2**
S03	Comedor 80 L	BB2	1 · 1.200	5,2			5,2

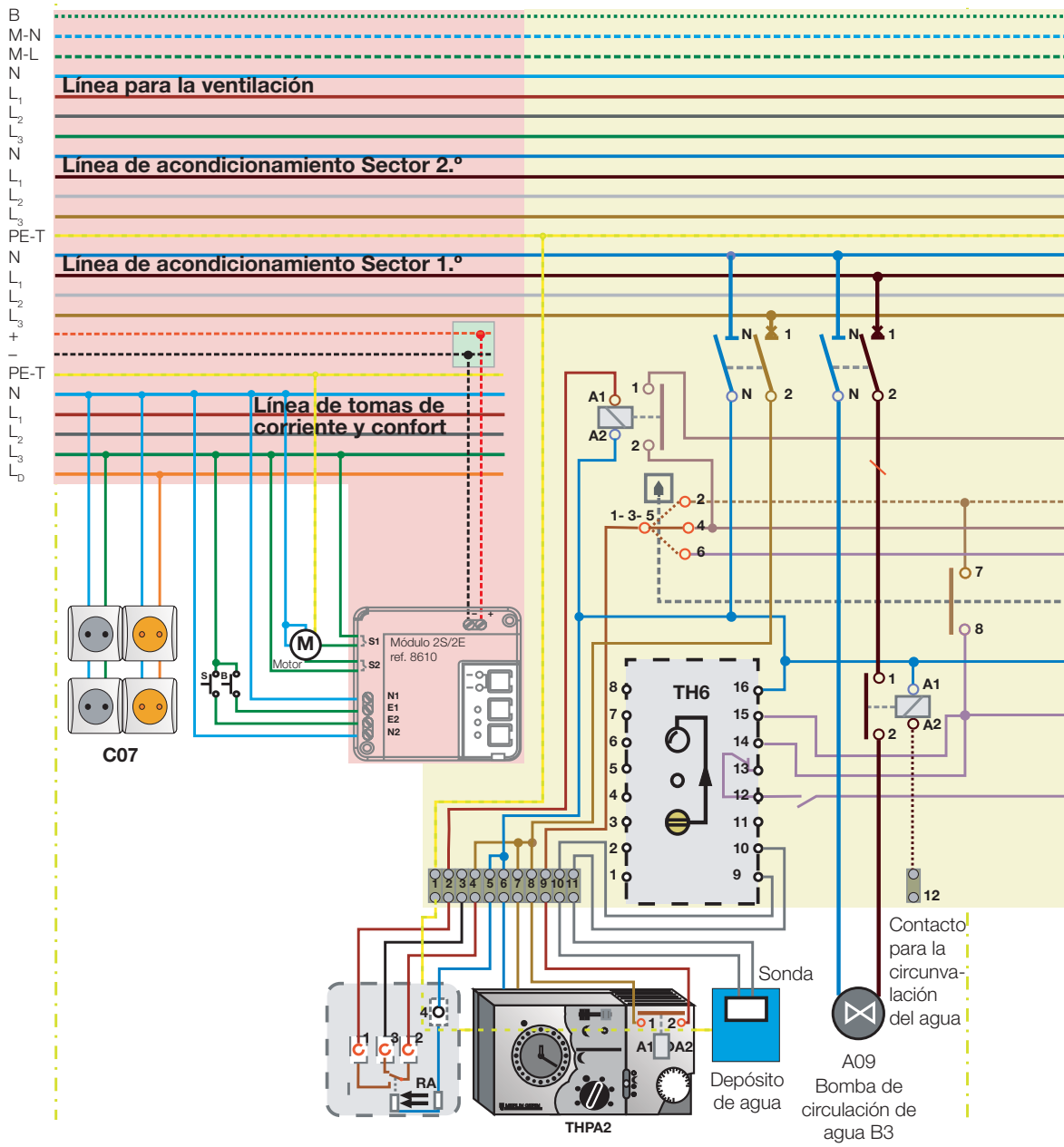
Tabla L6.4-286: *cargas de la caja CC11.*



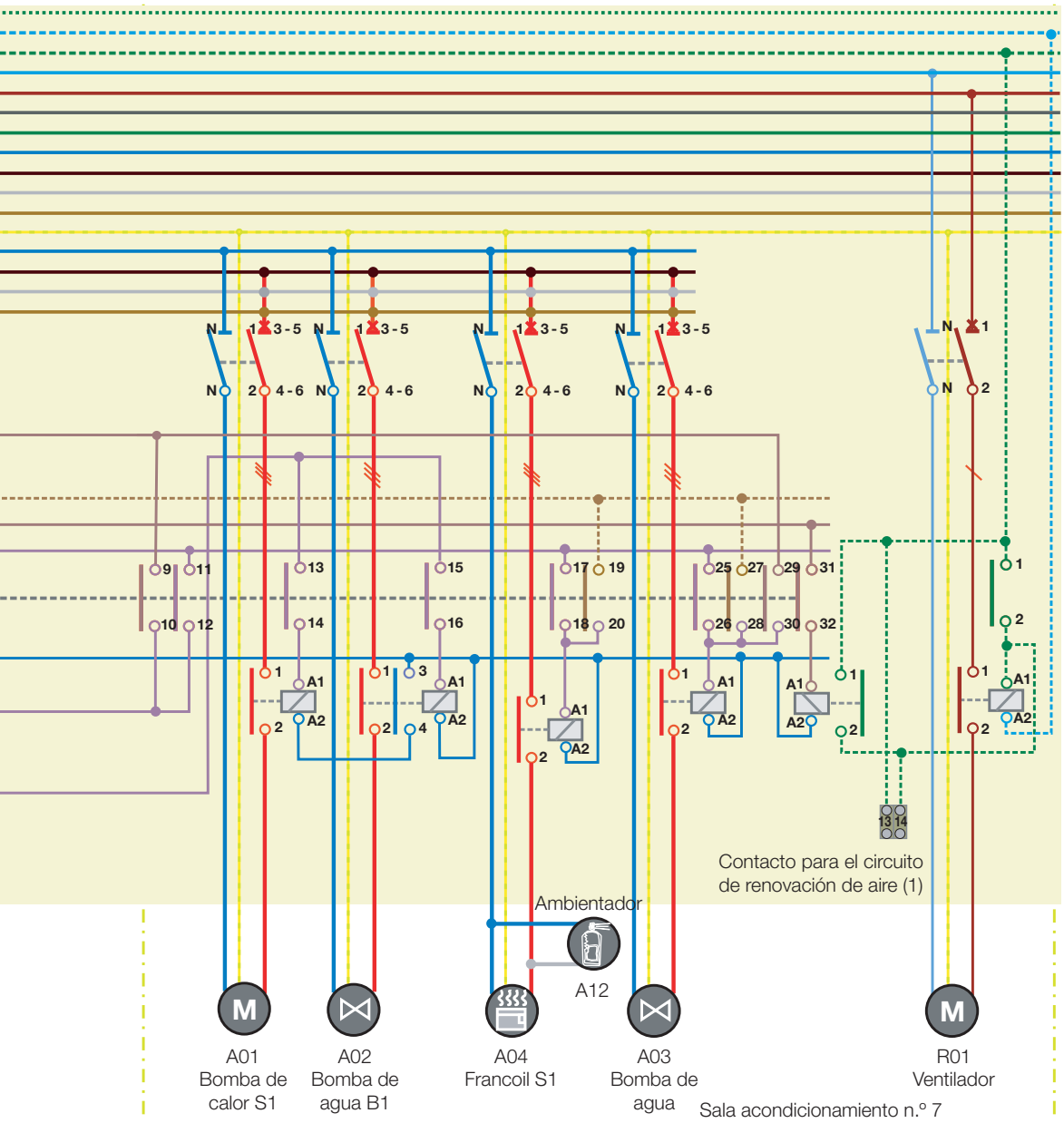
Sala comedor n.º 6

Fig. L6.4-287: *esquema eléctrico caja CC11.*

Dependencia n.º 10 acondicionamiento n.º 7
Caja de conexiones CC10. Cuadro secundario C10.



Clasificación de las cargas de la caja CC10 acondicionamiento n.º 7							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A00	**Aire acondicionado**				**125,8**	**123,8**	**123,8**
A01	Bomba calor S1	BB2	1 · 31.700	58	58	58	58
A02	B1 Circula. H_2O	BB2	1 · 570	1,3	1,3	1,3	1,3
A03	B2 Circula. H_2O	BB2	1 · 570	1,3	1,3	1,3	1,3
A04	Fancoil S1	BB2	1 · 570	1,3	1,3	1,3	1,3
A05	Bomba calor S2	BB2	1 . 31.700	58	58	58	58



Clasificación de las cargas de la caja CC10 acondicionamiento n.º 7							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
A06	B1 Circula. H_2O	BB2	1 · 570	1,3	1,3	1,3	1,3
A07	B2 Circula. H_2O	BB2	1 · 570	1,3	1,3	1,3	1,3
A08	Fancoil S2	BB2	1 · 570	1,3	1,3	1,3	1,3
A09	B3 Circula. H_2O	BB2	1 · 190	2	2		
A00	**Ambientador**					**0,5**	**0,5**
A12	Fancoil S 1	BB2	1 · 115	0,5			0,5
A13	Fancoil S 2	BB2	1 · 115	0,5		0,5	

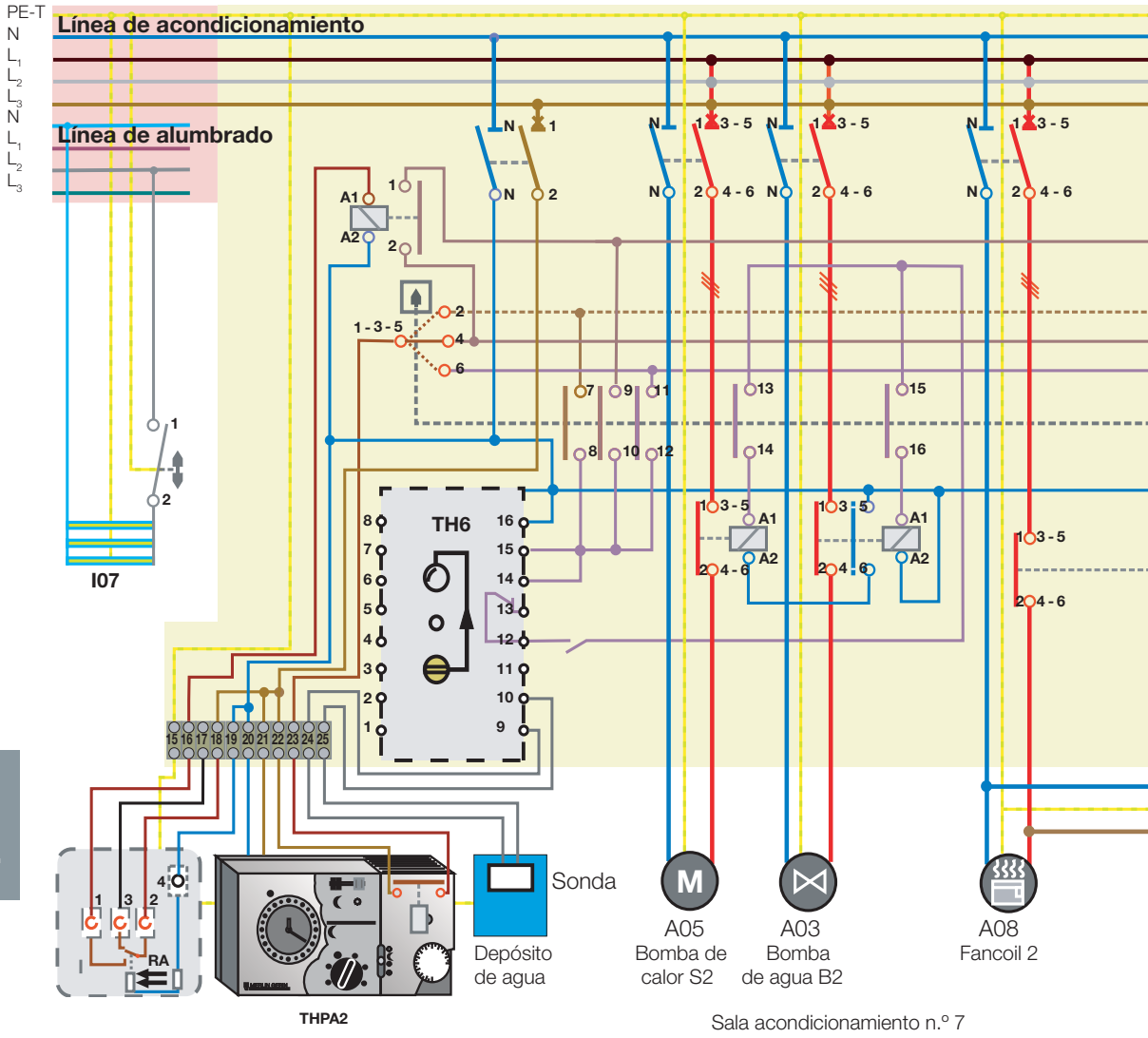
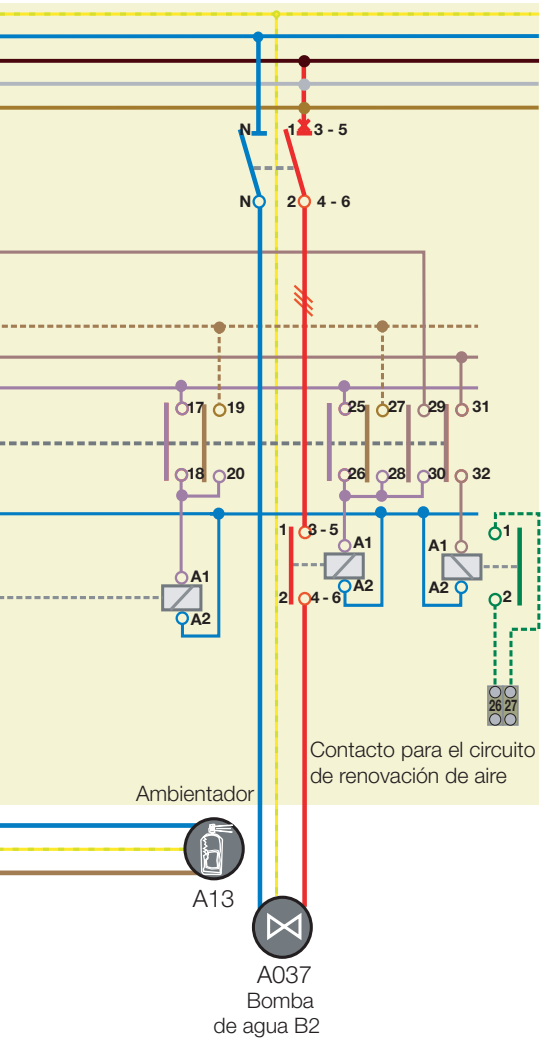
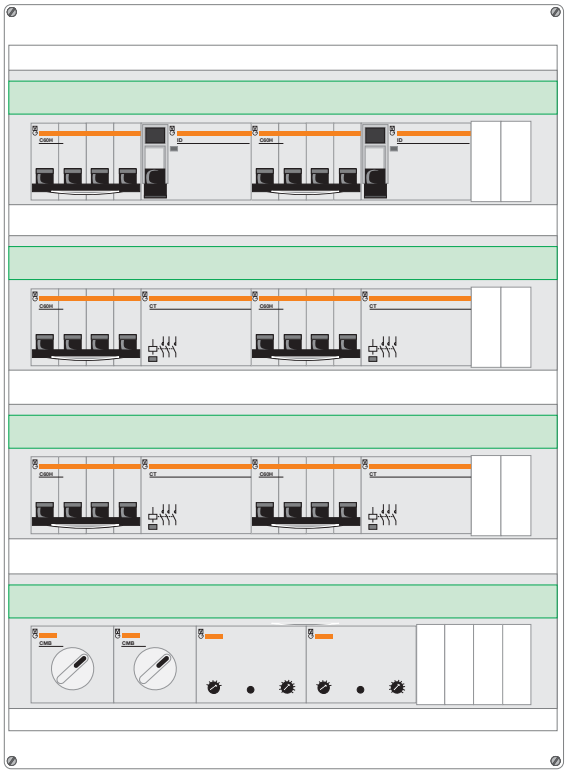


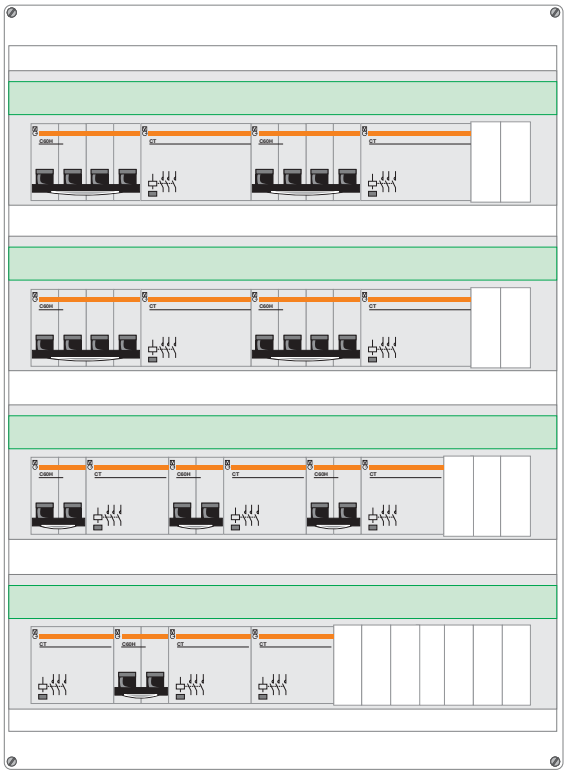
Fig. L6.4-288: *esquema eléctrico caja CC10 y cuadro secundario C10.*

Clasificación de las cargas de la caja CC10 acondicionamiento n.º 7							
N.º		**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
					L1	L2	L3
R00	**Renovación de aire**				**1,4**		
R01	Ex. 1.º planta 1.ª	BB1	1 · 190	1,4	1,4		
I00	**Alumbrado**					**1,35**	
I07	S. Acondi. S8	BB1	3 · 54	0,45		1,35	
C00	**Conectores, enchufes**						**1**
C07	S. Acondi. S7	BB2	2 · 5 A · 0,1	1			1
			2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	**Confort**				**0,5**		
O07	S03 Persiana	BB1	1 · 100	0,5	0,5		

Tabla L6.4-289: *cargas de la caja CC10.*







L
6.4

Fig. L6.4-290: *cuadro secundario C10.*

Red en esquema IT alimentación de las cargas informáticas

Desde la fuente de alimentación ininterrumpida SAI, distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, todas las dependencias de la primera planta.
Las cargas informáticas son generadoras de armónicos y trabajan con un cos φ del orden de 0,7.
Estas cargas son muy sensibles a los armónicos y ellas mismas son generadoras, produciendo un efecto multiplicador con valores de factor de cresta de 2,4 a 2,8 veces. Su tasa global de distorsión es del orden del 93%, THDI = 93%.
El circuito de distribución de las SAI, tanto en la alimentación en régimen TT y la distribución en régimen IT, lo describiremos en la parte correspondiente al cuadro general de las tres plantas.
En este apartado solamente describiremos desde la toma de tensión de cada una de las dos líneas de distribución y la propia distribución.

Control de asistencia

El equipo de control de asistencia y horarios lo consideraremos solamente como una carga. La cual derivaremos de la red de regimen IT.

Alarmas técnicas:

■ Detección de humos.
Con el sistema domótico podemos detectar la presencia de humos en cada dependencia, excitar una alarma acústica o luminosa y comunicar la situación a un centro particular de alarmas vía teléfono.
Distribuiremos la red en dos sectores, el de la derecha y el de la izquierda y su alimentación la realizaremos a través del SAI en la red de régimen IT.
Para la definición del tipo de detector de cada dependencia, ver capítulo J, apartado 19, página J/831 del 3.er Volumen.
■ Detección de presencia**.**
La detección de presencia para el control de intrusos en determinadas horas del día puede activar una alarma acústica o luminosa y una conexión vía telefónica a una central de alarmas particular. Durante todo el día puede estar activando un sistema de control por grabación con registro por vídeo.
■ Control de fugas de agua.
En las salas donde se dispone de suministro de agua en el momento que se detecte una fuga deberá cortarse el suministro de la dependencia actuando sobre la llave general de la dependencia.
Disponemos del sistema domótico para poder controlar las posibles fugas.

Alumbrado de sustitución

Se alimenta de la red de régimen IT y se enciende en el momento que el alumbrado de régimen TT defallece.

Línea de distribución n.º 1

La distribución se realiza partiendo de los bornes correspondientes del cuadro general de la planta 2.ª:
■ Línea equipotencial red de alimentación IT (color amarilo-verde a puntos).
■ Línea de alimentación ininterrumpida (SAI) de 400/230 V, 50 Hz (neutro color azul, fases color marrón-negro y gris).
■ Bus de comunicación control de aislamiento.

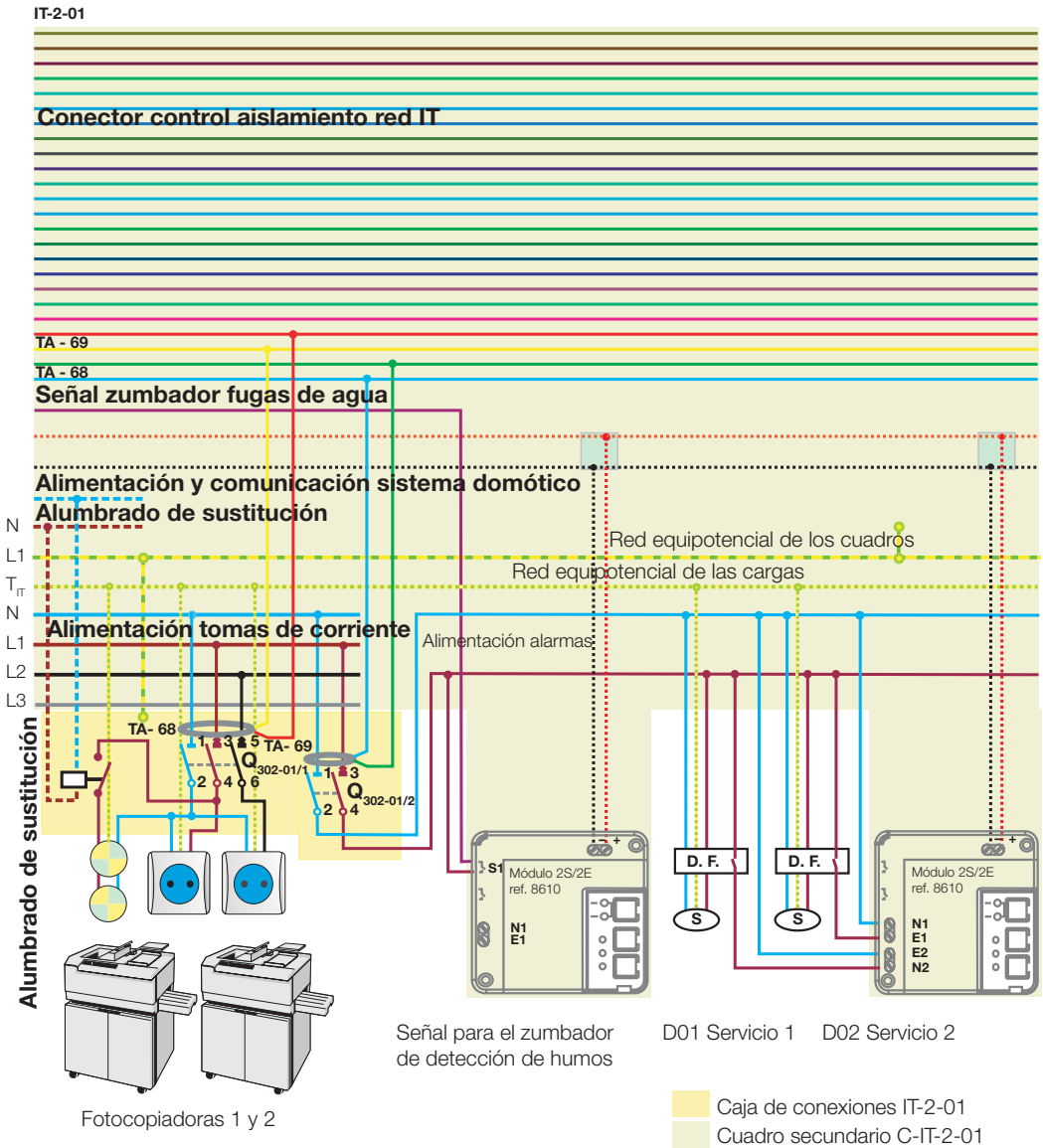
Dependencias n.os 1 y 2 servicios

Caja de conexiones IT-2-01.

Cuadro secundario C-IT-2-01.

Clasificación de las cargas dependencias 1.ª, 2.ª y 3.ª						
Caja N.º IT-2-01	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
Fotocopiadora 1	BB1	1 · 3.000	13	13		
Fotocopiadora 2	BB1	1 · 3.000	13		13	
Detección de humos	BB1	2	0,2	0,4		
D. Fugas de agua	BB1	2	0,3	0,6		
A. Reemplazamiento	BB1	2 · 115	0,5	1		
Total				15	13	

Tabla L6.4-291: *cargas de la caja IT-2-01.*



Dependencias n.os 1 y 2 servicios y sala general n.º 3

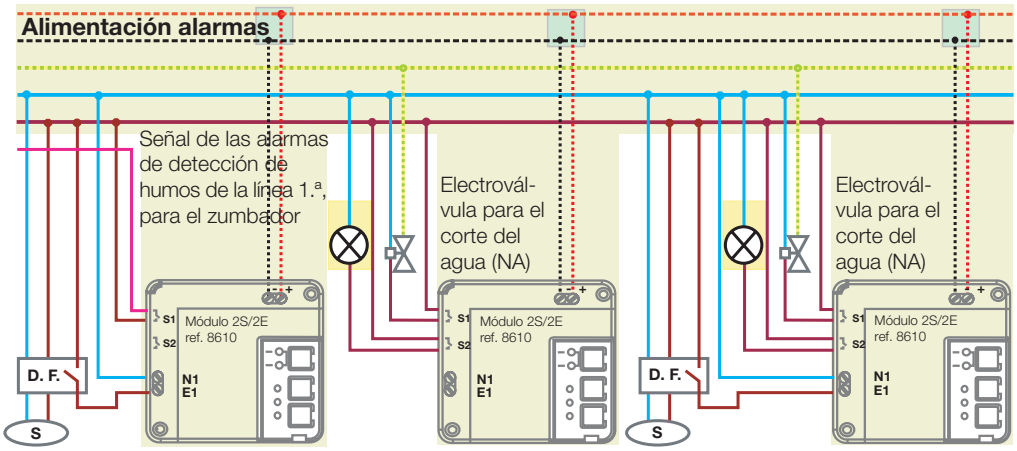


Fig. L6.4-292: *esquema eléctrico caja IT-2-01 y cuadro C-IT-2-01.*

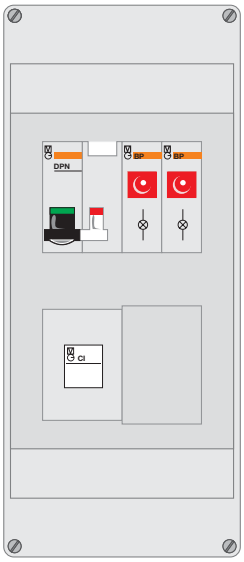


Fig. L6.4-293: *cuadro secundario C-IT-2-01.*

Dependencia n.º 3 despacho general

Caja de conexiones IT-2-02.

Cuadro secundario C-IT-2-02.

Clasificación de las cargas dependencias 3.ª despacho						
Caja N.º IT-2-02	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
CPU	BB1	4 · 300	1,3			5,2
Pantalla	BB1	4 · 220	1			4
Detección de humos	BB1	2	0,2	0,4		
A. Reemplazamiento	BB1	2 · 115	0,5	1		
Total				1,4		9,2

Tabla L6.4-294: *cargas de la caja IT-2-02.*

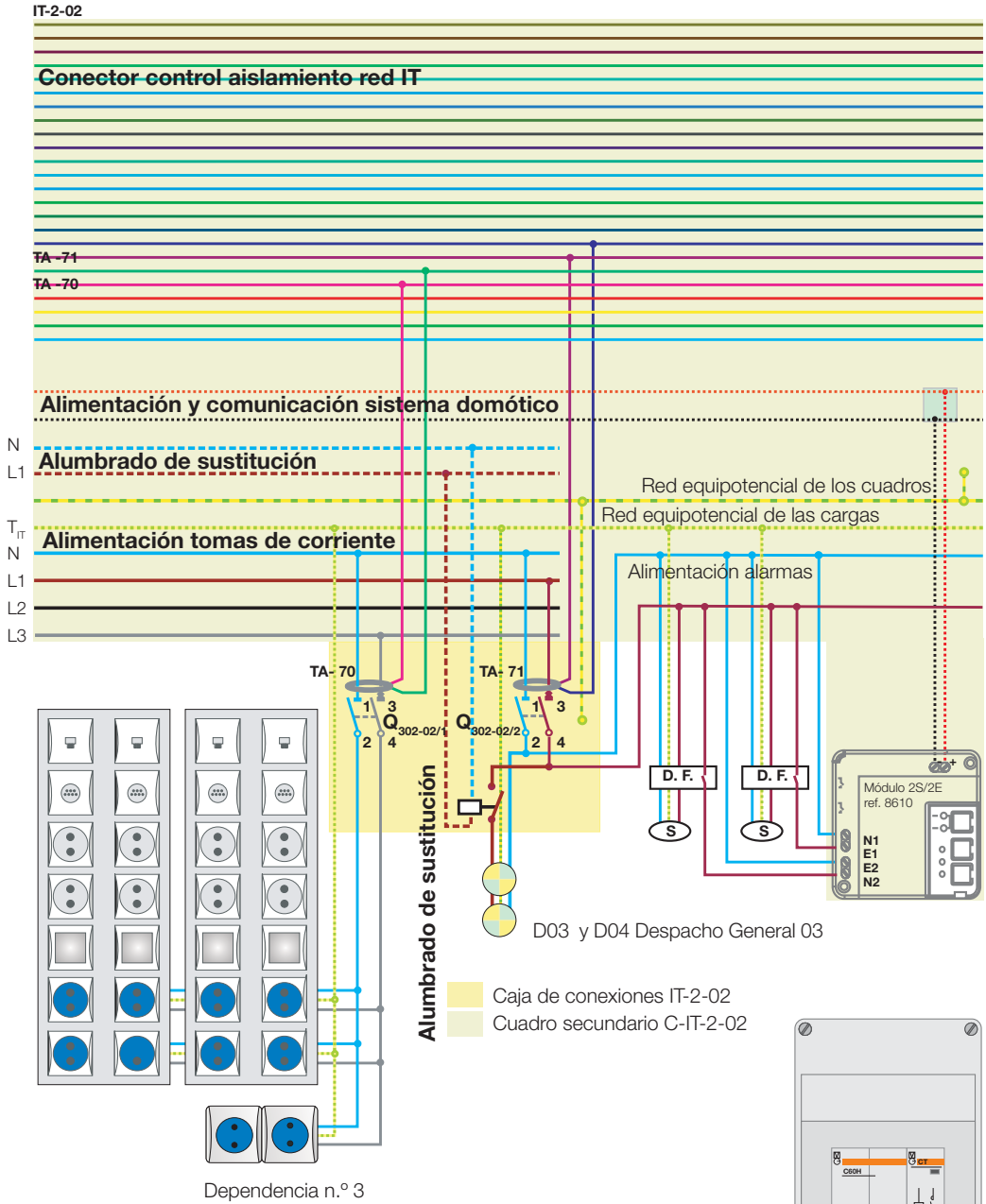


Fig. L6.4-295: *esquema eléctrico caja IT-2-02 y cuadro C-IT-2-02.*

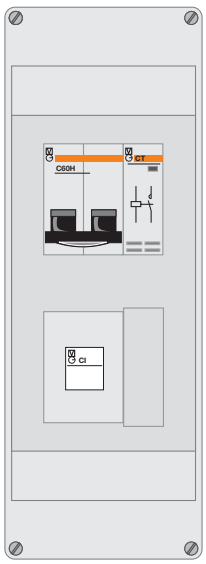


Fig. L6.4-296: *cuadro secundario C-IT-2-02.*

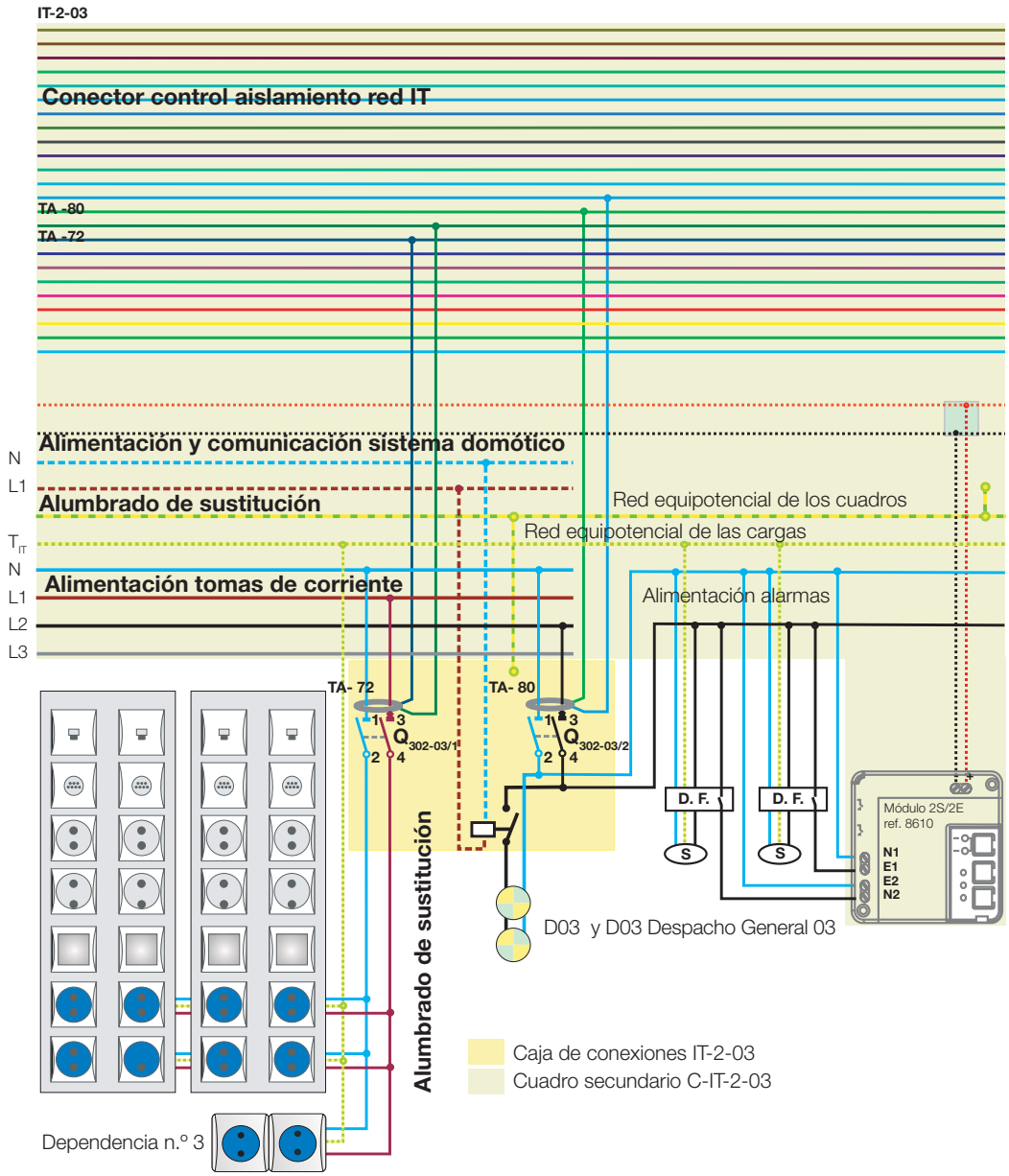
Dependencia n.º 3 despacho general

Caja de conexiones IT-2-03.

Cuadro secundario C-IT-2-03.

Clasificación de las cargas dependencias 3.ª despacho						
Caja N.º IT-2-03	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
CPU	BB1	4 · 300	1,3	5,2		
Pantalla	BB1	4 · 220	1	4		
Detección de humos	BB1	2	0,2		0,4	
Detección presencia	BB1	2	0,2		0,4	
A. Reemplazamiento	BB1	2 · 115	0,5		1	
Total				9,2	1,8	

Tabla L6.4-297: *cargas de la caja IT-2-03.*



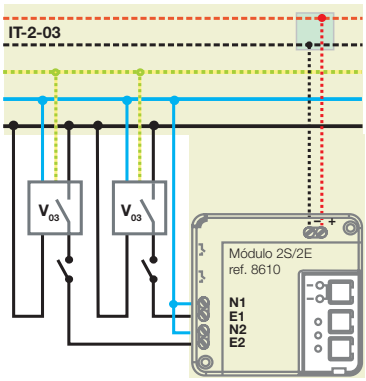


Fig. L6.4-298: *esquema eléctrico caja IT-2-03 y cuadro C-IT-2-03.*

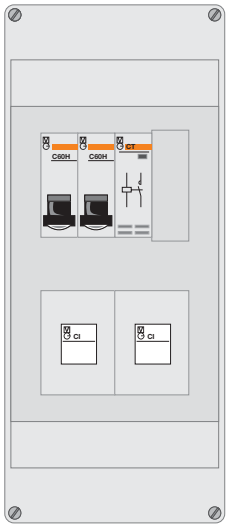


Fig. L6.4-299: *cuadro secundario C-IT-2-03.*

Dependencia n.º 3 despacho general

Caja de conexiones IT-2-04.

Cuadro secundario C-IT-2-04.

Clasificación de las cargas dependencias 3.ª despacho						
Caja N.º IT-2-04	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
CPU	BB1	4 · 300	1,3		5,2	
Pantalla	BB1	4 · 220	1		4	
Impresora G	BB1	2 · 1.100	5			10
Detección de humos	BB1	2	0,2	0,4		
Detección presencia	BB1	2	0,2	0,4		
A. Reemplazamiento	BB1	2 · 115	0,5	1		
Total				1,8	9,2	10

Tabla L6.4-300: *cargas de la caja IT-2-04.*

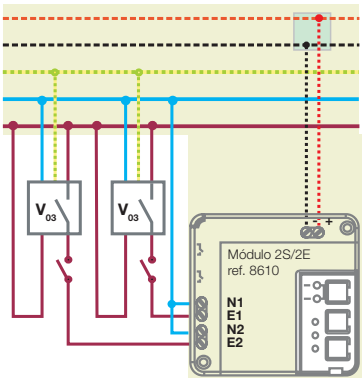
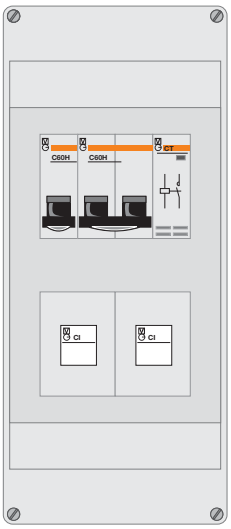


Fig. L6.4-301: *cuadro secundario C-IT-2-04.*



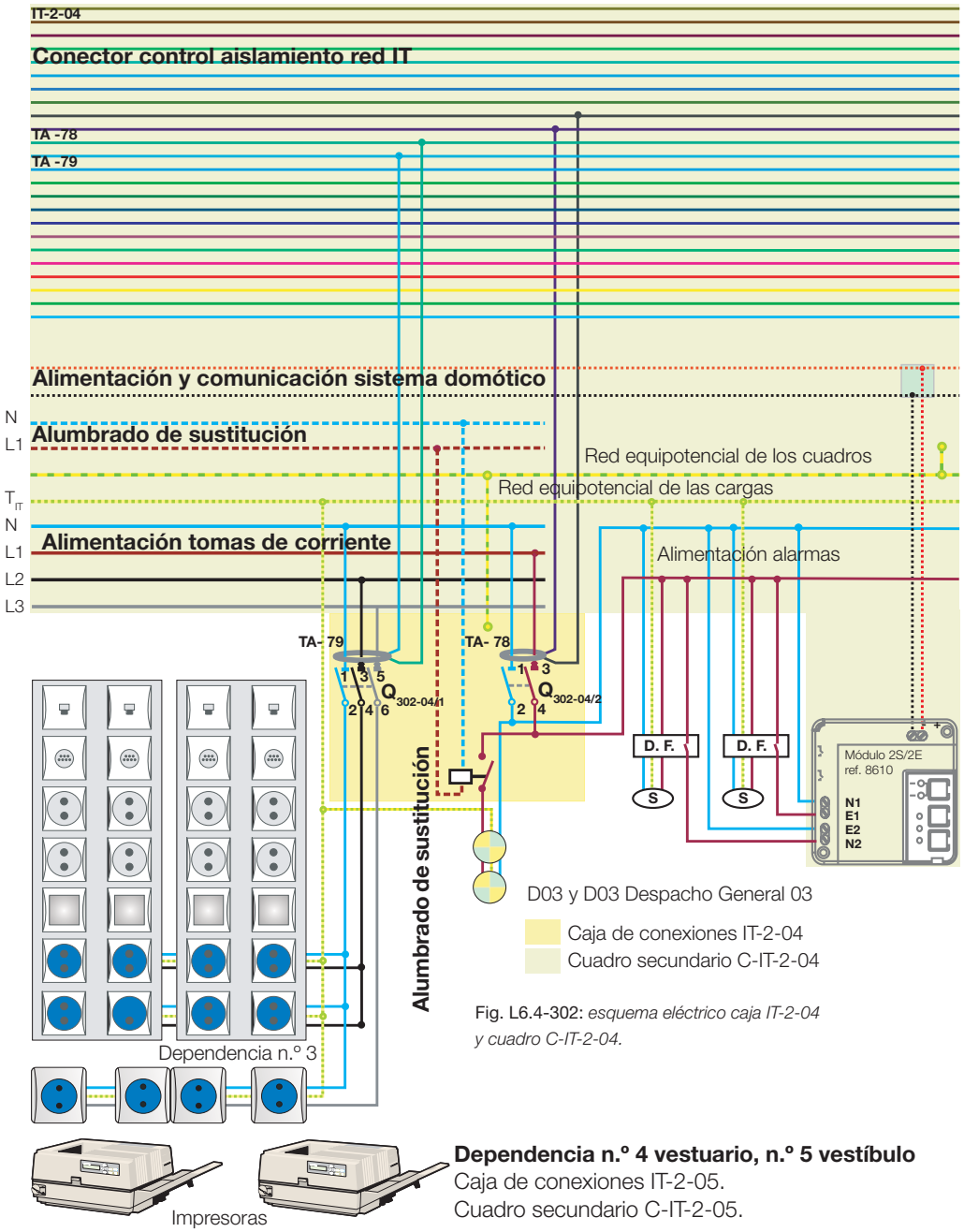


Fig. L6.4-302: *esquema eléctrico caja IT-2-04 y cuadro C-IT-2-04.*

Dependencia n.º 4 vestuario, n.º 5 vestíbulo
Caja de conexiones IT-2-05.
Cuadro secundario C-IT-2-05.

Clasificación de las cargas dependencias 4.ª vestuario y 5.ª vestíbulo						
Caja N.º IT-2-05	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
Control de asistencia	BB1	1	1,5	1,5		
Detección de humos	BB1	2	0,2	0,4		
Detección presencia	BB1	2	0,2	0,4		
A. Reemplazamiento	BB1	2 · 115	0,5	1		
Total				3,3		

Tabla L6.4-303: *cargas de la caja IT-2-05.*

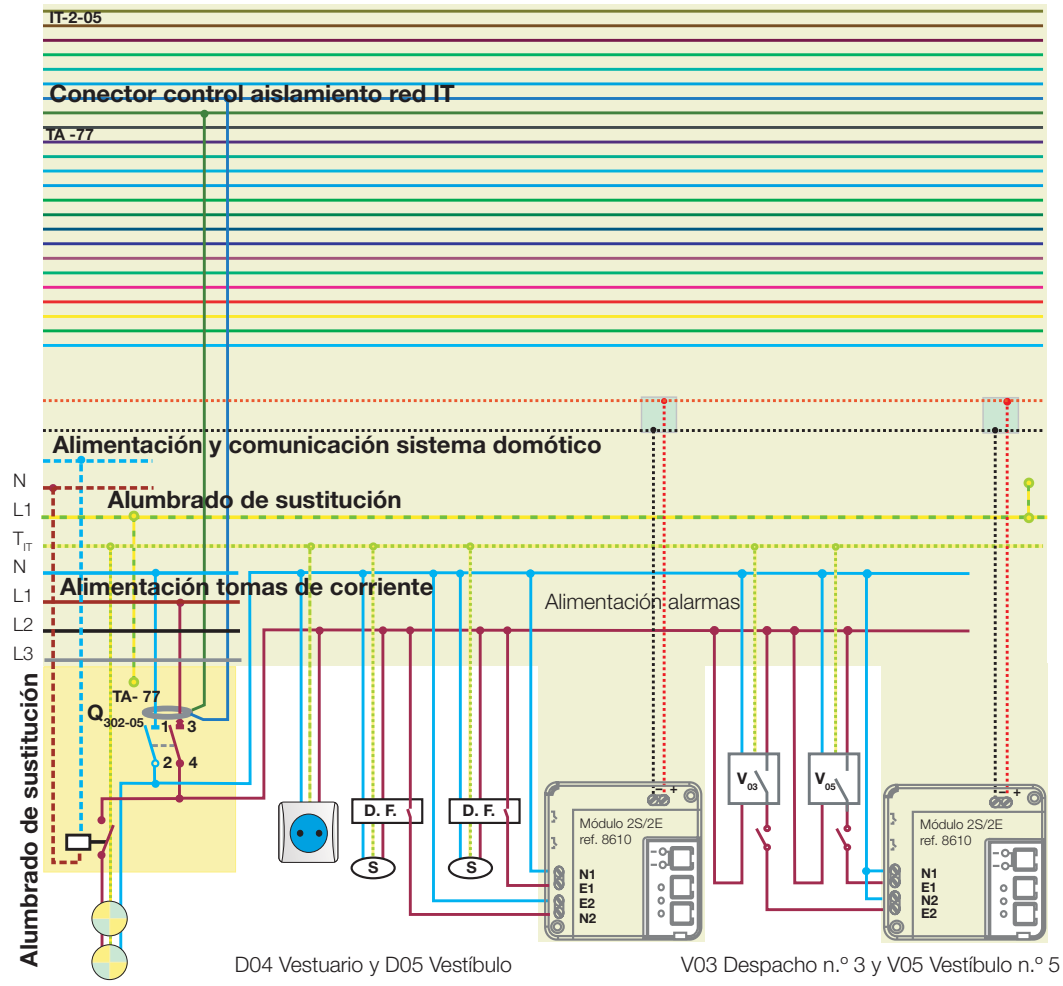


Fig. L6.4-304: *esquema eléctrico caja IT-2-05 y cuadro C-IT-2-05.*

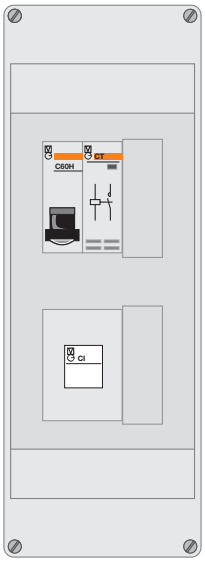


Fig. L6.4-305: *cuadro secundario C-IT-2-05.*

Dependencia n.º 3 despacho general
Caja de conexiones IT-2-06.
Cuadro secundario C-IT-2-06.

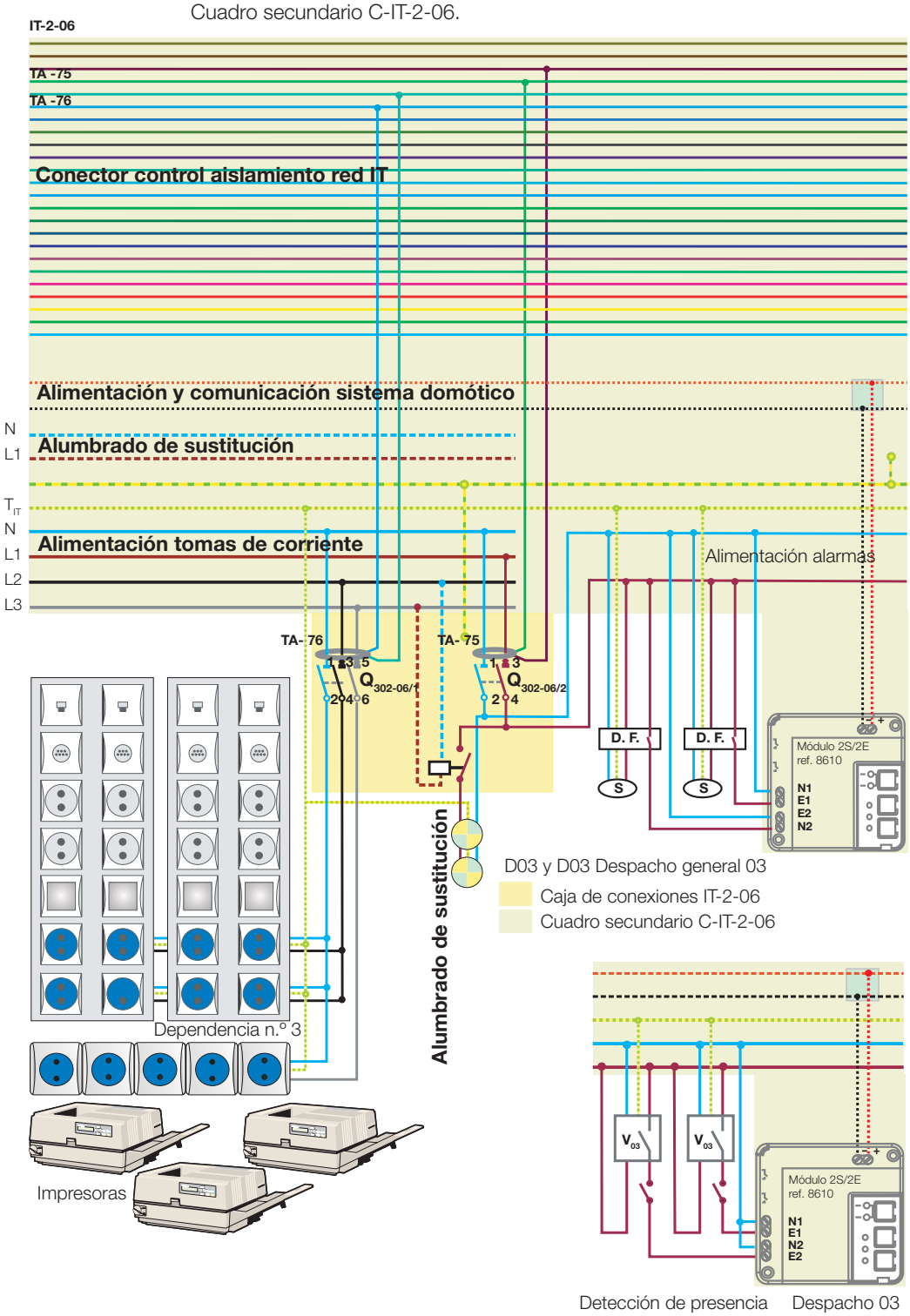


Fig. L6.4-306: *esquema eléctrico caja IT-2-06 y cuadro C-IT-2-06.*

Clasificación de las cargas dependencias 3.ª despacho						
Caja N.º IT-2-06	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
CPU	BB1	4 · 300	1,3		5,2	
Pantalla	BB1	4 · 220	1		4	
Impresora G	BB1	3 · 1100	5			15
Detección de humos	BB1	1	0,2	0,4		
Detección presencia	BB1	1	0,2	0,4		
A. Reemplazamiento	BB1	1 · 115	0,5	1		
Total				1,8	9,2	15

Tabla L6.4-307: *cargas de la caja IT-2-06.*

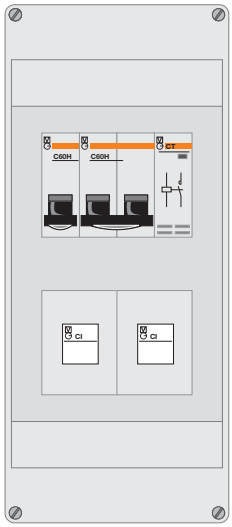


Fig. L6.4-308: *cuadro secundario C-IT-2-06.*

Línea de distribución n.º 2

Dependencia n.º 11 pasillo y n.º 5 vestíbulo

Caja de conexiones IT-2-07.

Cuadro secundario C-IT-2-07.

Clasificación de las cargas dependencias 11.ª pasillo y vestíbulo 5.ª						
Caja N.º IT-2-07	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
Detección de humos	BB1	2	0,2		0,4	
Detección presencia	BB1	2	0,2		0,4	
Total					0,8	

Tabla L6.4-309: *cargas de la caja IT-2-07.*

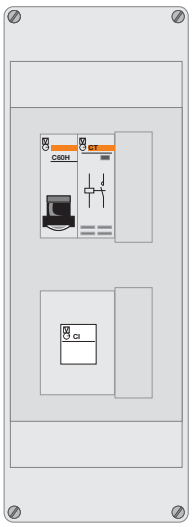


Fig. L6.4-310: *cuadro secundario C-IT-2-07.*

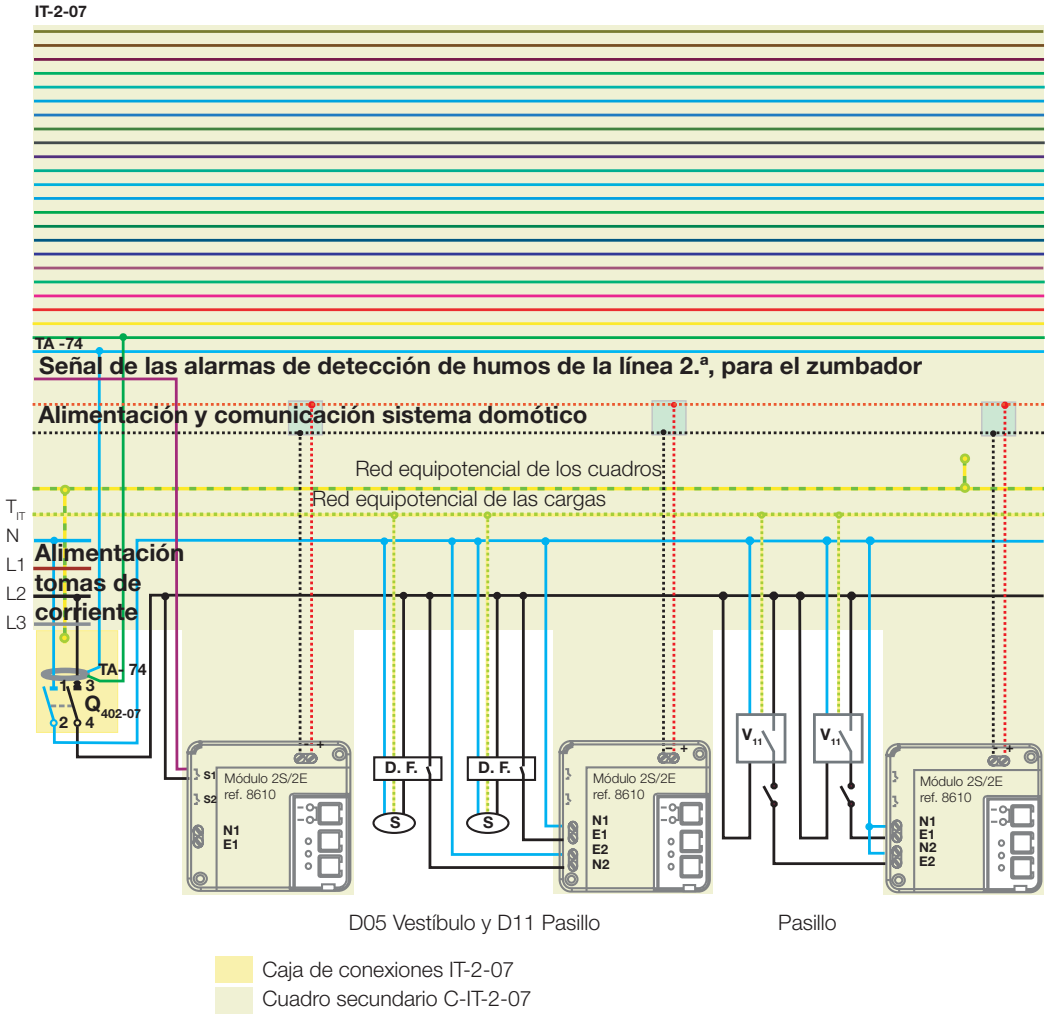


Fig. L6.4-311: *esquema eléctrico caja IT-2-07 y cuadro C-IT-2-07.*

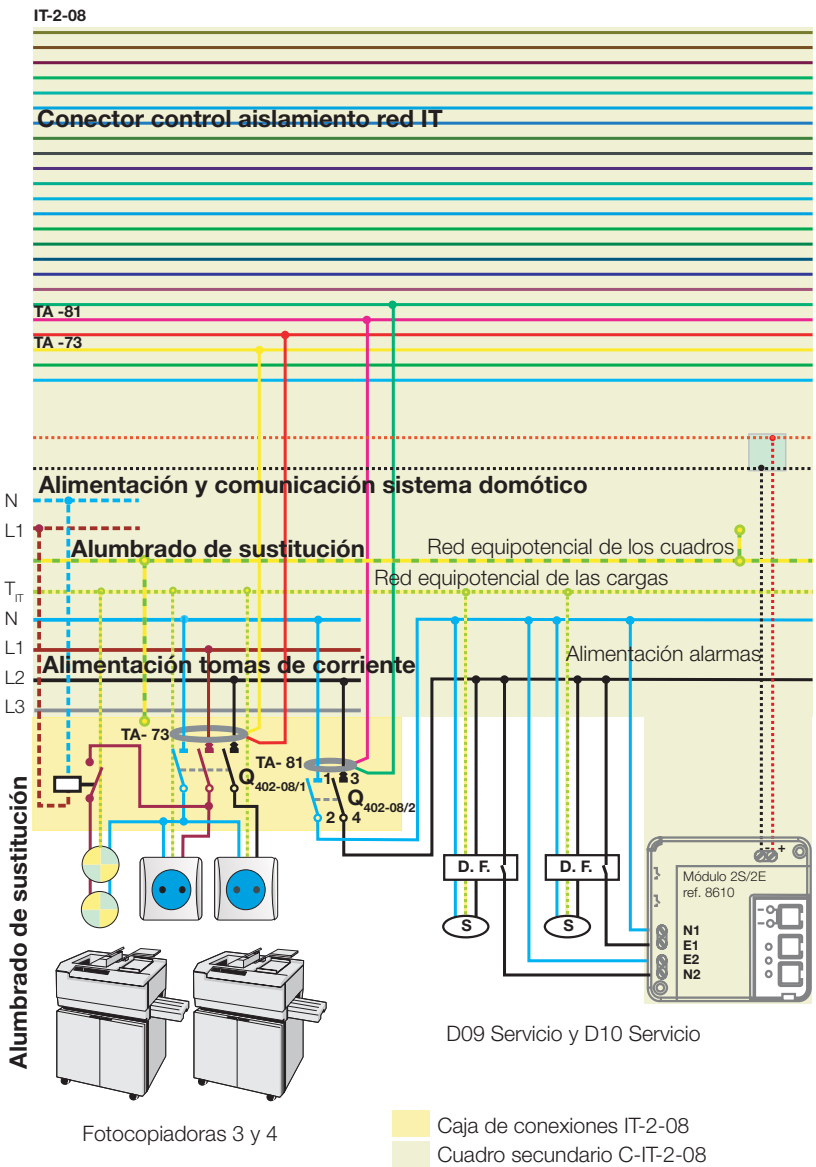
Dependencias n.os 9 y 10 servicios y n.º 8 despacho general

Caja de conexiones IT-2-08.

Cuadro secundario C-IT-2-08.

Clasificación de las cargas dependencias 9.ª, 10.ª y 8.ª						
Caja N.º IT-2-08	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
Fotocopiadora 1	BB1	1 · 3.000	13	13		
Fotocopiadora 2	BB1	1 · 3.000	13		13	
Detección de humos	BB1	2	0,2		0,4	
D. Fugas de agua	BB1	2	0,3		0,6	
A. Reemplazamiento	BB1	2 · 115	0,5		1	
Total				13	15	

Tabla L6.4-312: *cargas de la caja IT-2-08.*



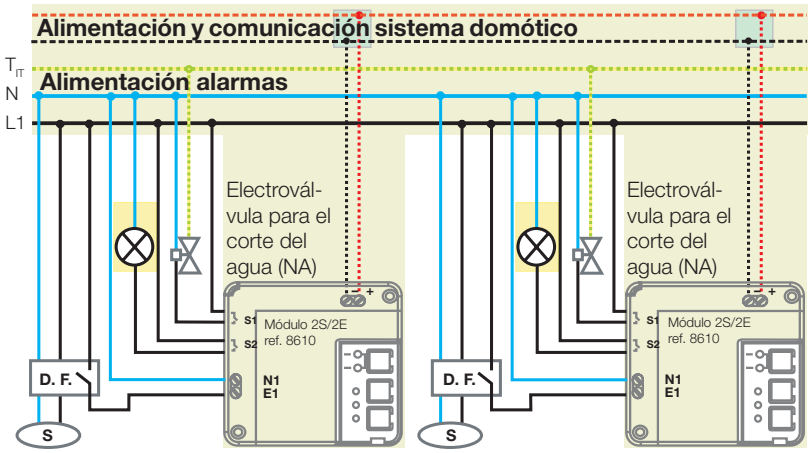


Fig. L6.4-313: *esquema eléctrico caja IT-2-08 y cuadro C-IT-2-08.*

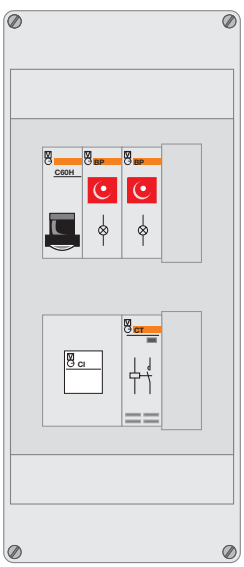


Fig. L6.4-314: *cuadro secundario C-IT-2-08.*

Dependencia n.º 8 despacho general

Caja de conexiones IT-2-09.

Cuadro secundario C-IT-2-09.

Clasificación de las cargas dependencias 8.ª despacho						
Caja N.º IT-2-09	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
CPU	BB1	4 · 300	1,3			5,2
Pantalla	BB1	4 · 220	1			4
Detección de humos	BB1	2	0,2		0,4	
A. Reemplazamiento	BB1	4 · 115	0,5		2	
Total					2,4	9,2

Tabla L6.4-315: *cargas de la caja IT-2-09.*

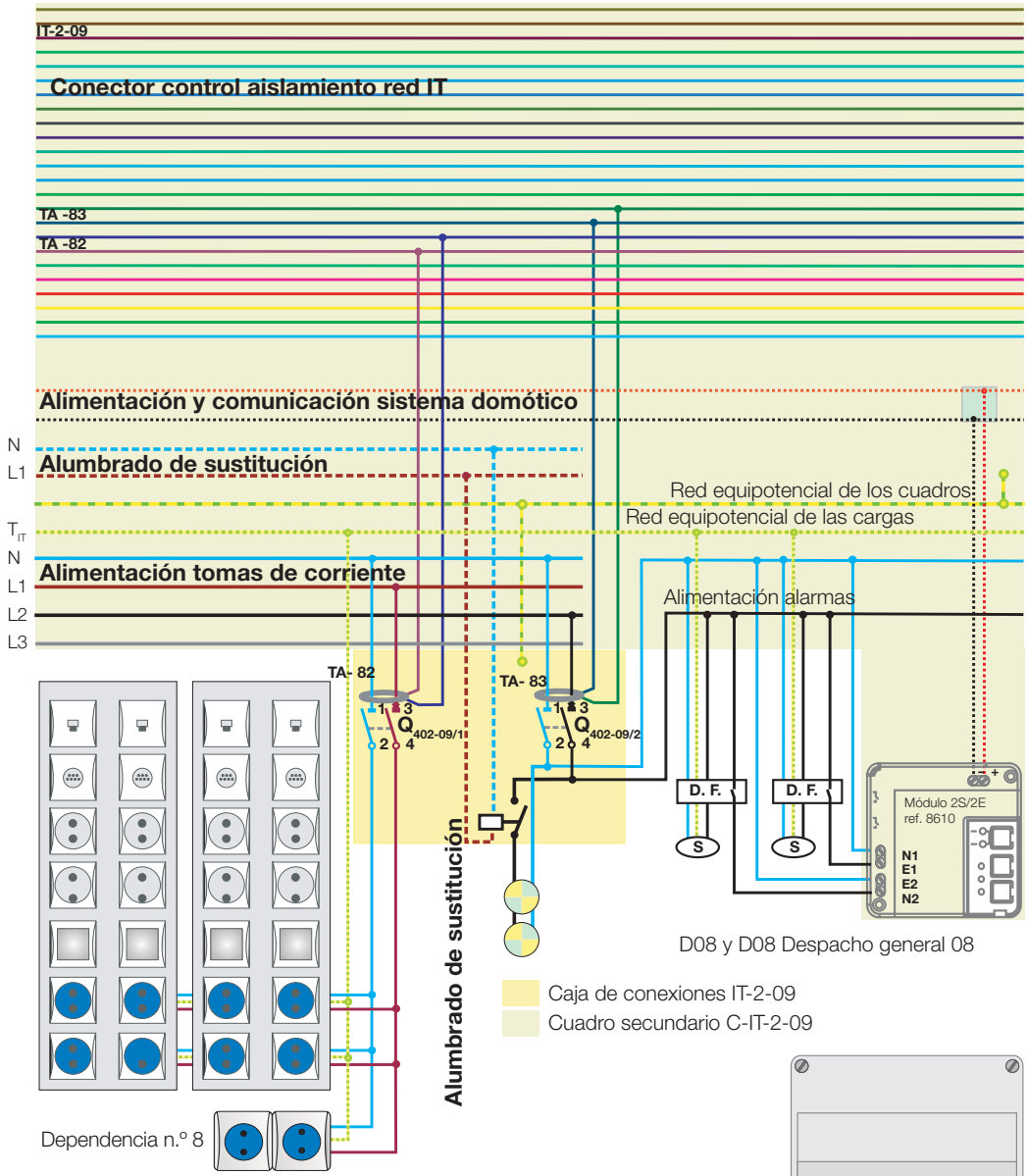


Fig. L6.4-316: *esquema eléctrico caja IT-2-09 y cuadro C-IT-2-09.*

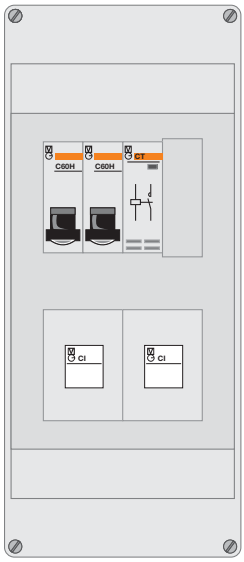


Fig. L6.4-317: *cuadro secundario C-IT-2-09.*

Dependencia n.º 8 despacho general
Caja de conexiones IT-2-10.
Cuadro secundario C-IT-2-10.

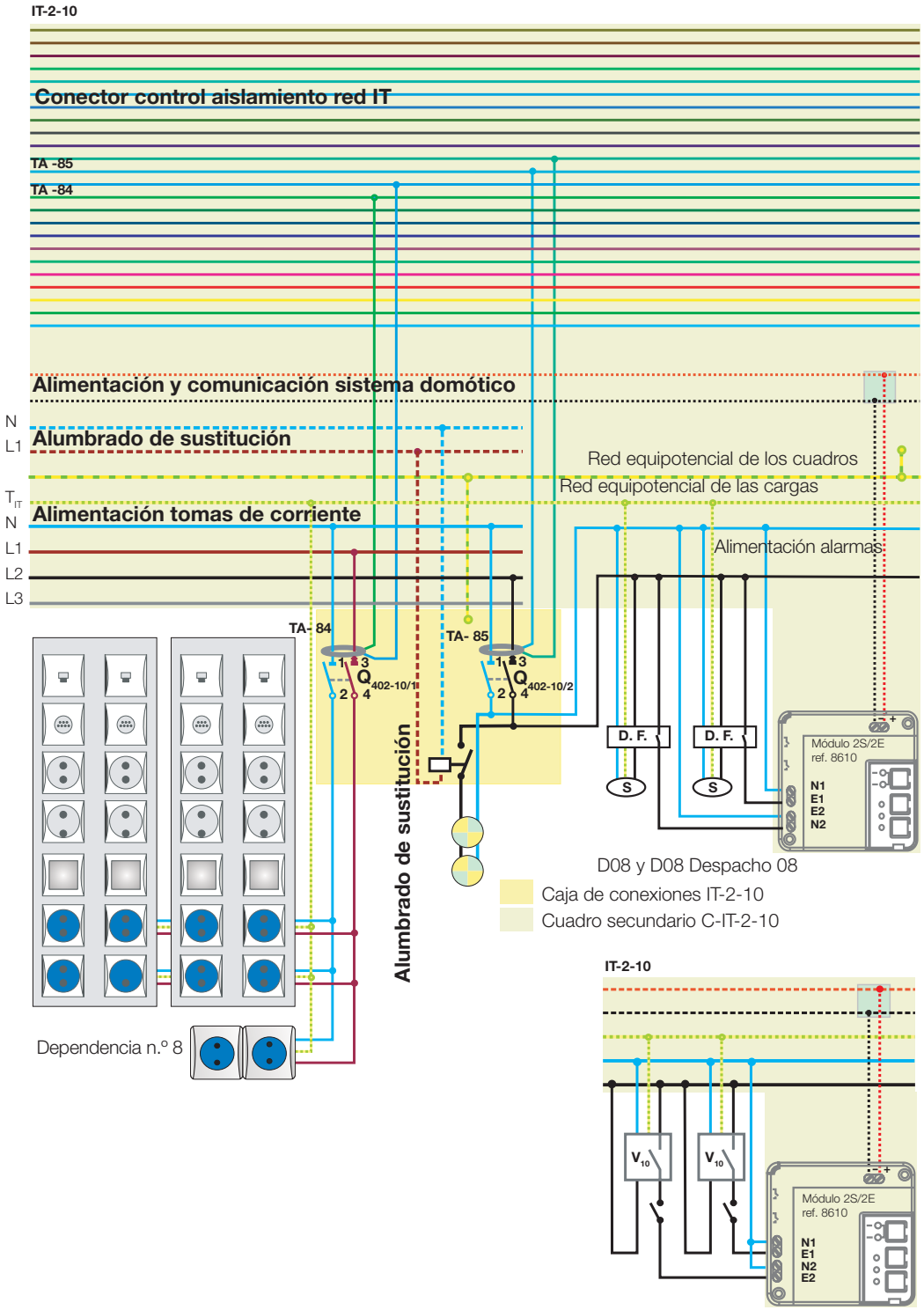


Fig. L6.4-318: *esquema eléctrico caja IT-2-10 y cuadro C-IT-2-10.*

Clasificación de las cargas dependencias 8.ª despacho						
Caja N.º IT-2-10	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
CPU	BB1	4 · 300	1,3	5,2		
Pantalla	BB1	4 · 220	1	4		
Detección de humos	BB1	2	0,2		0,4	
Detección presencia	BB1	2	0,2		0,4	
A. Reemplazamiento	BB1	4 · 115	0,5		2	
Total				9,2	2,8	

Tabla L6.4-319: *cargas de la caja IT-2-010.*

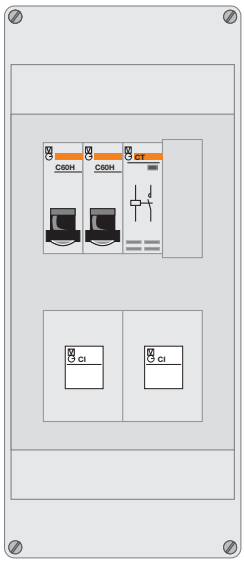


Fig. L6.4-320: *cuadro secundario C-IT-2-10.*

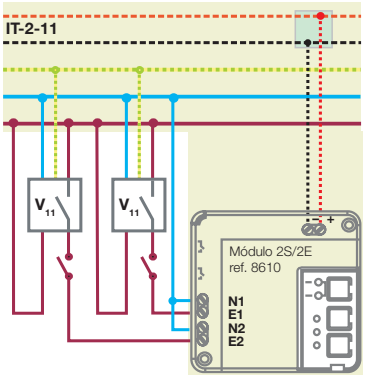
Dependencia n.º 8 despacho general

Caja de conexiones IT-2-11.

Cuadro secundario C-IT-2-11.

Clasificación de las cargas dependencias 8.ª despacho						
Caja N.º IT-2-11	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
CPU	BB1	4 · 300	1,3		5,2	
Pantalla	BB1	4 · 220	1		4	
Impresora G	BB1	2 · 1.100	5			10
Detección de humos	BB1	2	0,2		0,4	
D. Fugas de agua	BB1	2	0,3		0,6	
A. Reemplazamiento	BB1	4 · 115	0,5		2	
Total					12,2	10

Tabla L6.4-321: *cargas de la caja IT-2-11.*



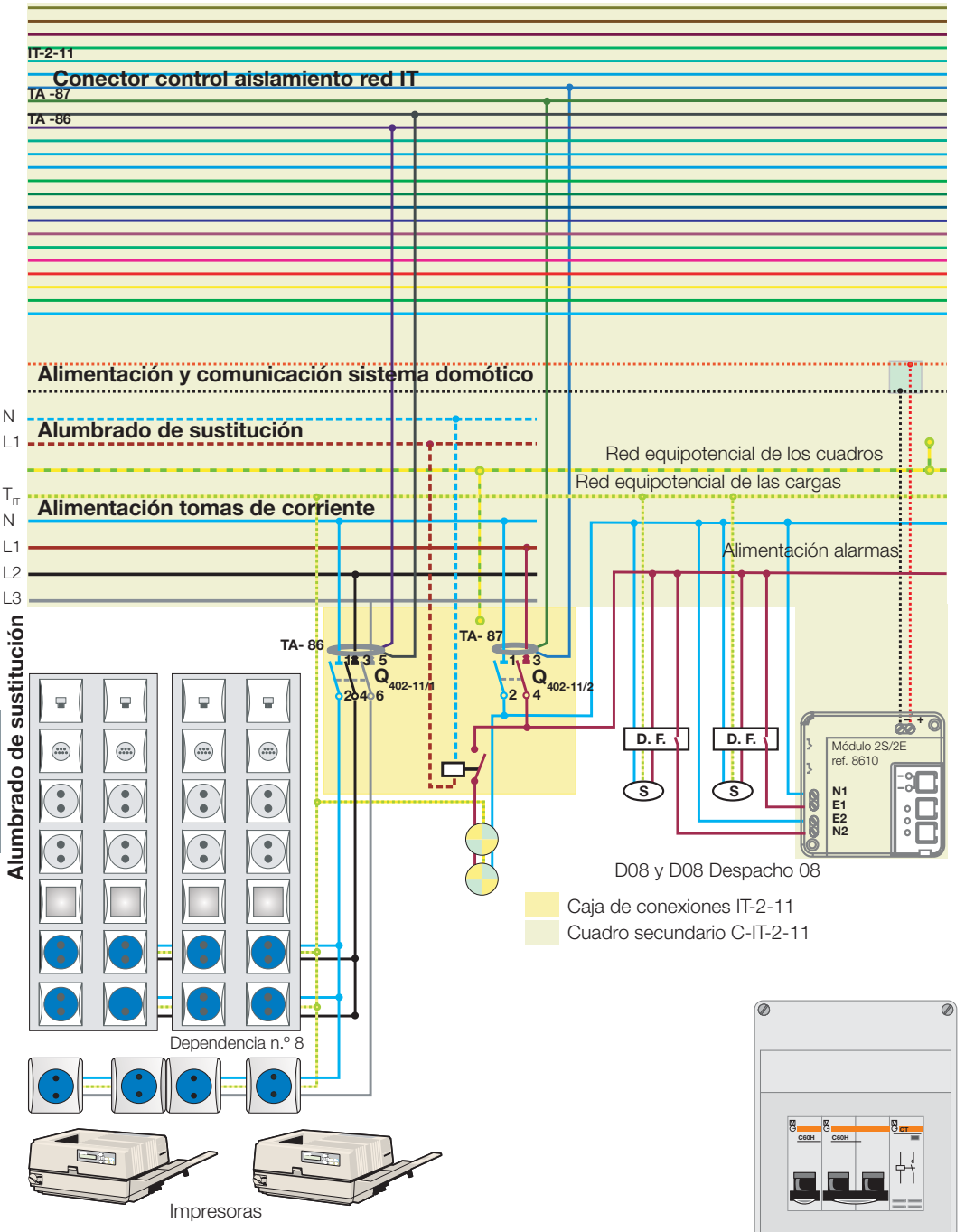


Fig. L6.4-322: *esquema eléctrico caja IT-2-10 y cuadro C-IT-2-10.*

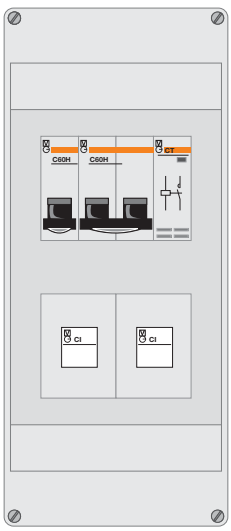


Fig. L6.4-323: *cuadro secundario C-IT-2-11.*

Dependencias n.º 6 comedor y n.º 7 acondicionamiento
Caja de conexiones IT-2-12.
Cuadro secundario C-IT-2-12.

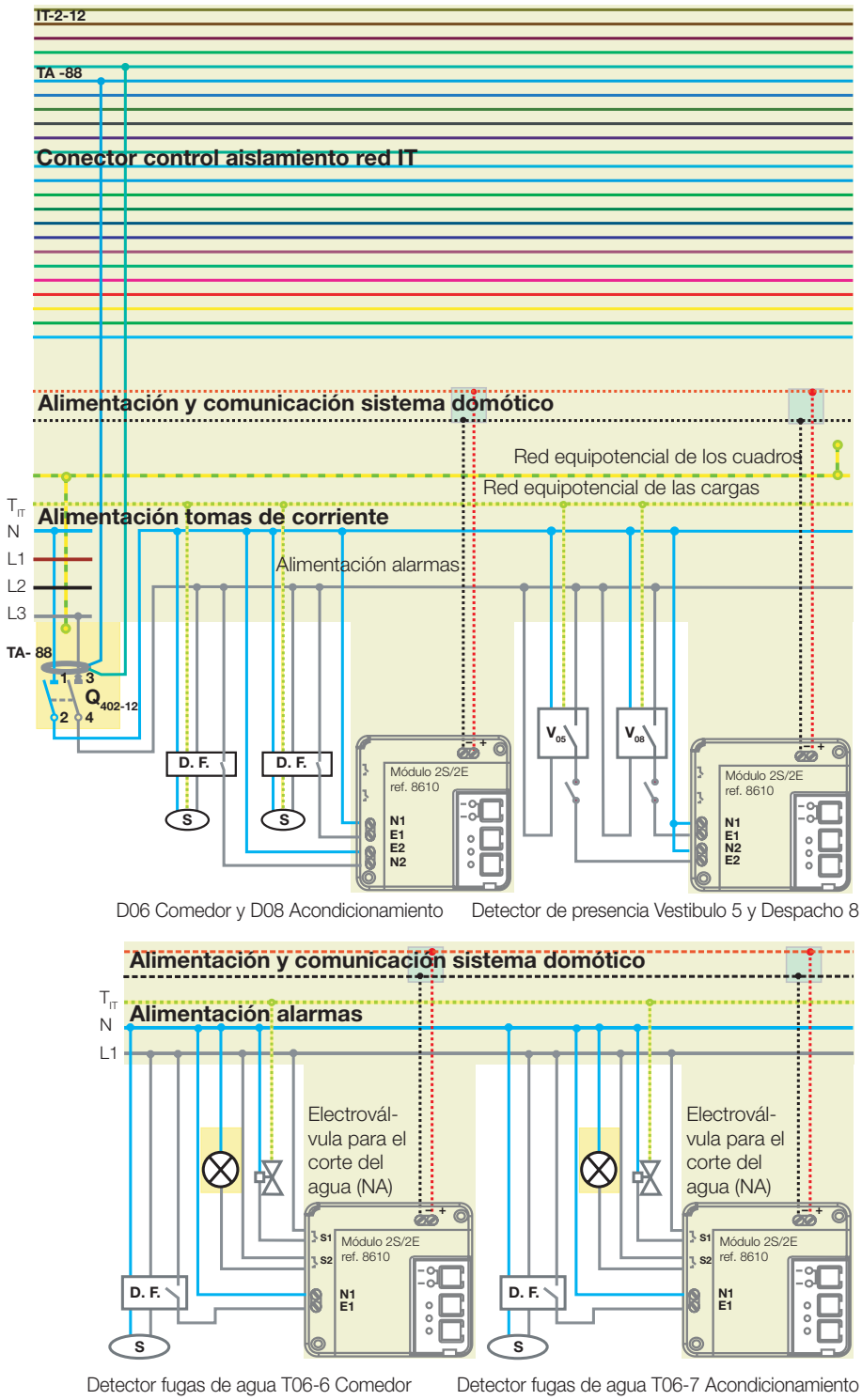


Fig. L6.4-324: *esquema eléctrico caja IT-2-12 y cuadro C-IT-2-12.*

Clasificación de las cargas dependencias 6.ª comedor y 7.ª acondicionamiento						
Caja N.º IT-2-12	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
Detección de humos	BB1	2	0,2			0,4
D. Fugas de agua	BB2	2	0,3			0,6
Detección presencia	BB1	2	0,2			0,4
Total						1,4

Tabla L6.4-325: *cargas de la caja IT-2-12.*

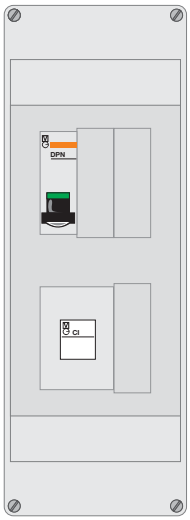


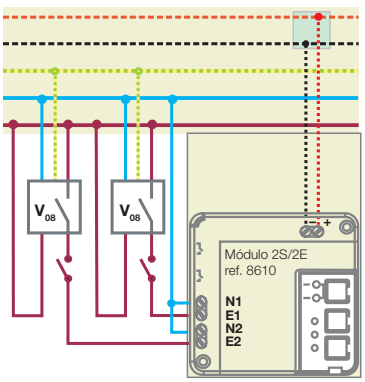
Fig. L6.4-326: *cuadro secundario C-IT-2-12.*

Dependencia n.º 8 despacho

Caja de conexiones IT-2-13.
Cuadro secundario C-IT-2-13.

Clasificación de las cargas dependencias 8.ª despacho						
Caja N.º IT-2-13	**Clase**	**P (W)**	**I (A)**	**Fase**		
				L1	L2	L3
CPU	BB1	4 · 300	1,3			5,2
Pantalla	BB1	4 · 220	1			4
Impresora G	BB1	3 · 1.100	5	10		5
Detección de humos	BB1	2	0,2	0,4		
Detección presencia	BB1	2	0,2	0,4		
A. Reemplazamiento	BB1	3 · 115	0,5	1,5		
Total				12,3		14,2

Tabla L6.4-327: *cargas de la caja IT-2-13.*



Detección de presencia Despacho 08

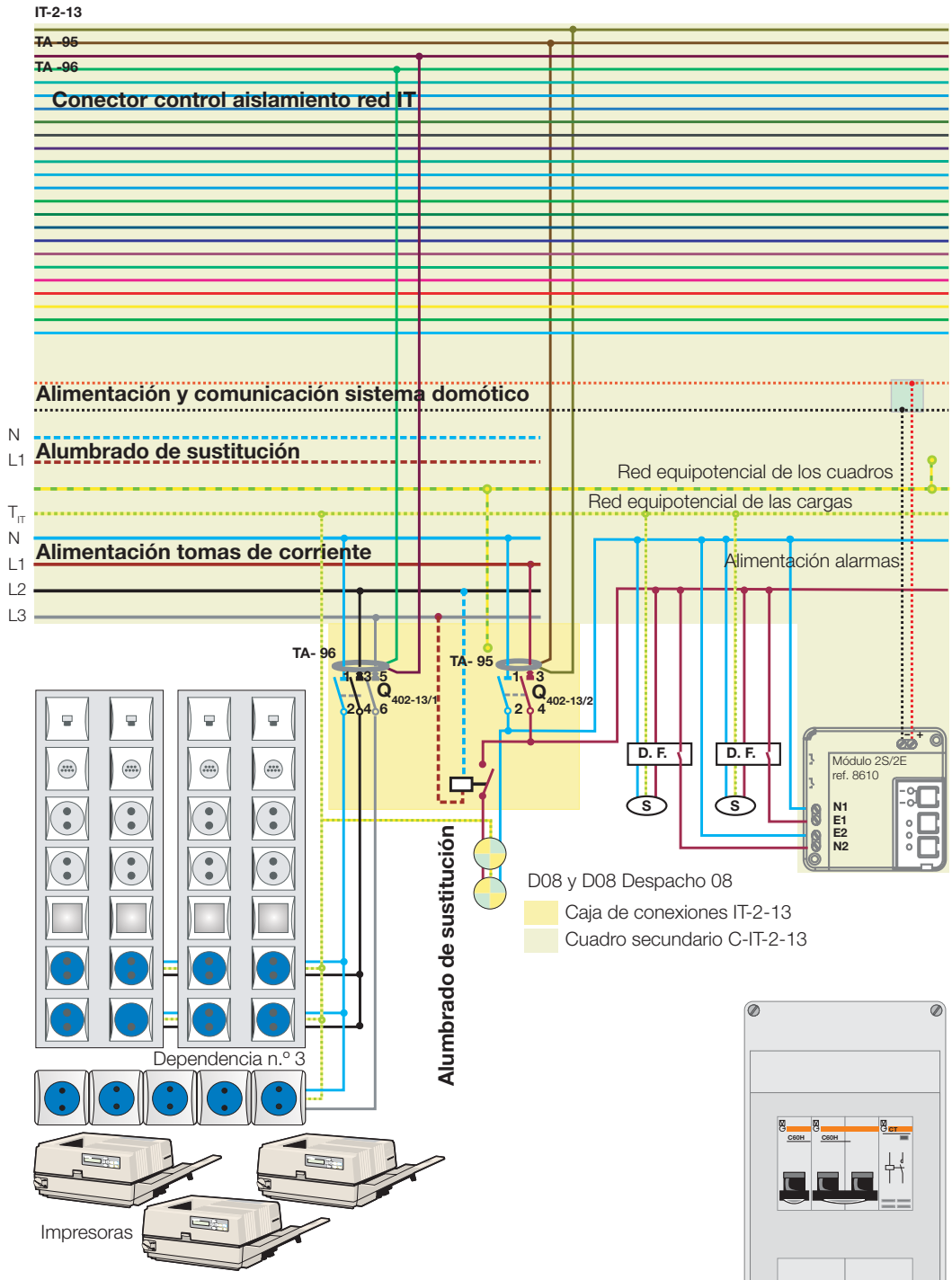


Fig. L6.4-328: *esquema eléctrico caja IT-2-13 y cuadro C-IT-2-13.*

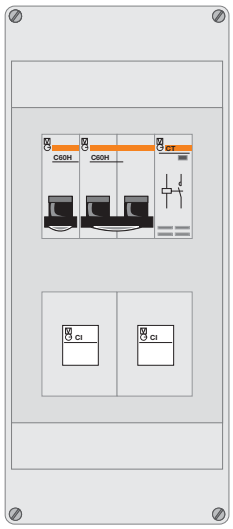


Fig. L6.4-329: *cuadro secundario C-IT-2-13.*

Líneas de la segunda planta

Red esquema TT

Línea de conectores ramal izquierdo 1.º

Cargas

Clasificación de las cargas de la línea de conectores, ramal 1.º						
		P (W)	I (A)	Fase		
				L1	L2	L3
Caja	**CC01**					
E00	Electrodomésticos				1,3	
C00	Conectores, enchufes					1
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
Caja	**CC02**					
E00	Electrodomésticos				1,3	
C00	Conectores, enchufes					1
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
Caja	**CC03-1**					
C00	Conectores, enchufes					2,5
		5 · 5 A · 0,05	1,25			
O00	Confort					0,8
Caja	**CC03-2**					
C00	Conectores, enchufes			6,5		
		5 · 5 A · 0,05	1,25			
O00	Confort			0,6		
Caja	**CC03-3**					
C00	Conectores, enchufes				6	
		4 · 5 A · 0,05	1			
O00	Confort				0,6	
Caja	**CC03-4**					
C00	Conectores, enchufes					4
O00	Confort					0,6
Caja	**CC03-5**					
C00	Conectores, enchufes			5,5		
		3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	Confort			0,6		
Caja	**CC04**					
C00	Conectores, enchufes				1,5	
		3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	Confort				0,5	
Caja	**CC05**					
C00	Conectores, enchufes					2,5
		5 · 5 A · 0,05	1,25			
Totales				**12,2**	**12,2**	**12,4**

Tabla L6.4-330: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de conectores ramal izquierdo 1.º.*

Línea discriminada

Para evitar posibles utilizaciones incorrectas, por personas no cualificadas, las tomas de corriente para la limpieza de las oficinas están discriminadas por un horario de utilización e identificables por su color, permitiendo en este período la desconexión de las tomas de corriente de utilización normal en el trabajo cotidiano. La previsión de un consumo de 7,5 A circulando por una derivación de la fase y el

neutro. Este valor es inferior al de la intensidad de utilización normal por la que deberemos dimensionar su sección.

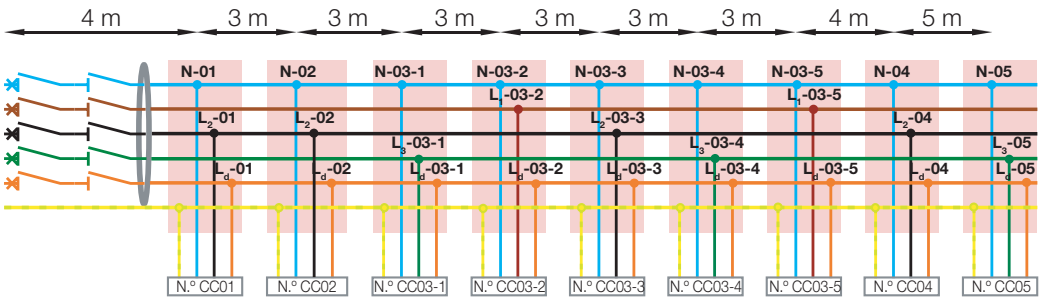


Fig. L6.4-331: *esquema línea de conectores ramal izquierdo 1.º.*

Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución, para conocer la intensidad de circulación por el neutro, con la finalidad de conocer si la sección del neutro debe ser igual a las fases o mitad.

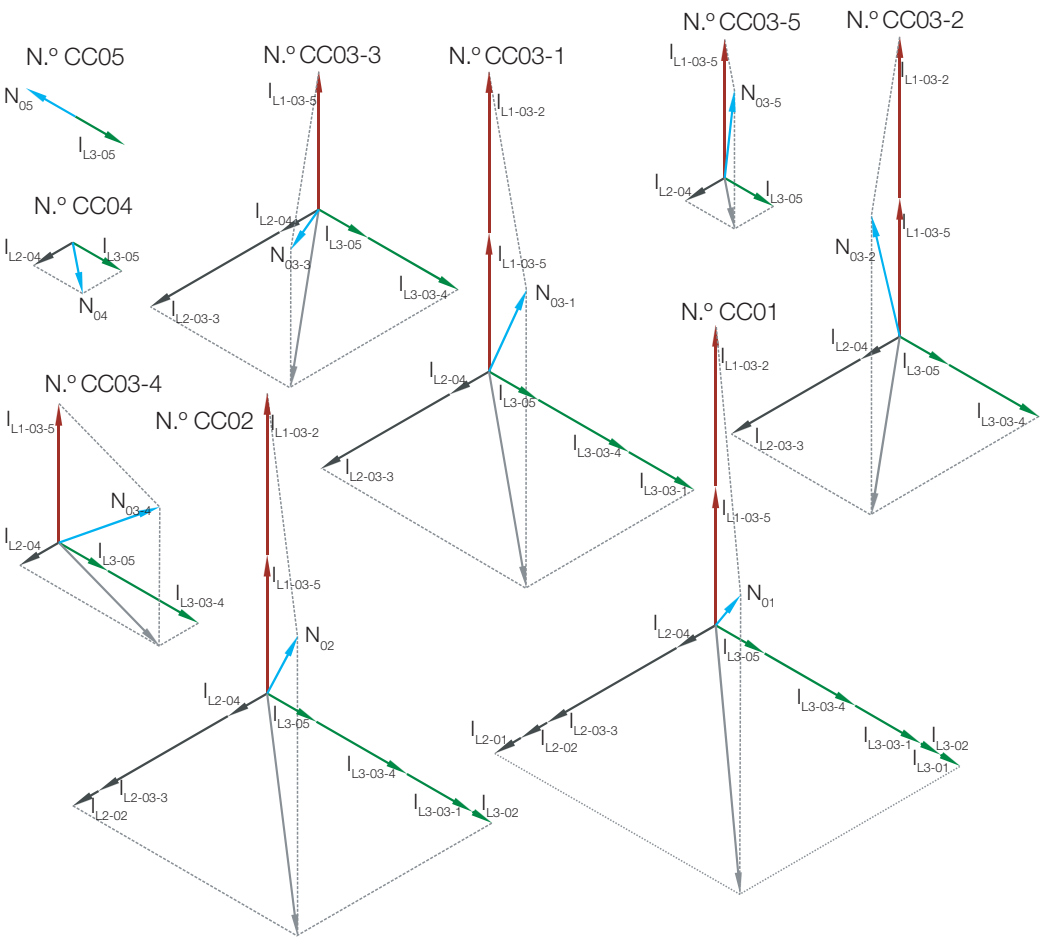


Fig. L6.4-332: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de tomas de corriente n.º 1.*

Consideraciones de los diagramas de sumas vectoriales de las intensidades

Podemos observar que la intensidad a circular por el neutro incrementa progresivamente desde la CC05 hasta la CC03-2 y a partir de ésta va disminuyendo. Nunca supera las intensidades de las fases, pero su valor, en algunos tramos, es superior a la mitad de las mismas.

Línea de conectores ramal derecho 2.º

Cargas

Clasificación de las cargas de la línea de conectores, ramal 2.º						
		P (W)	I (A)	Fase		
				L1	L2	L3
Caja	**CC06**					
C00	Conectores, enchufes					1,5
		3 · 5 A · 0,05	0,75			
Caja	**CC07**					
E00	Electrodomésticos			1,3		
C00	Conectores, enchufes			1		
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
Caja	**CC08**					
E00	Electrodomésticos				1,3	
C00	Conectores, enchufes					1
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
Caja	**CC09-1**					
C00	Conectores, enchufes					1,5
		3 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	Confort					0,8
Caja	**CC09-2**					
C00	Conectores, enchufes			6		
		4 · 5 A · 0,05	1			
O00	Confort			0,6		
Caja	**CC09-3**					
C00	Conectores, enchufes				6	
		4 · 5 A · 0,05	1			
O00	Confort				0,6	
Caja	**CC09-4**					
C00	Conectores, enchufes					4
O00	Confort					0,6
Caja	**CC09-5**					
C00	Conectores, enchufes			6		
		4 · 5 A · 0,05	0,75			
O00	Confort			0,6		
Caja	**CC10**					
C00	Conectores, enchufes					1
		2 · 5 A · 0,05	0,5			
O00	Confort					0,5
Caja	**CC11**					
C00	Conectores, enchufes				3,5	
		3 · 5 A · 0,05	0,75			
00	Electrodomésticos			8,7	15,3	15,6
Totales				**25,7**	**26,7**	**25,0**

Tabla L6.4-333: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de conectores ramal izquierdo 2.º.*

Línea discriminada

La previsión de un consumo de 6,5 A circulando por una derivación de la fase y el neutro. Este valor es inferior al de la intensidad de utilización normal por la que deberemos dimensionar su sección.

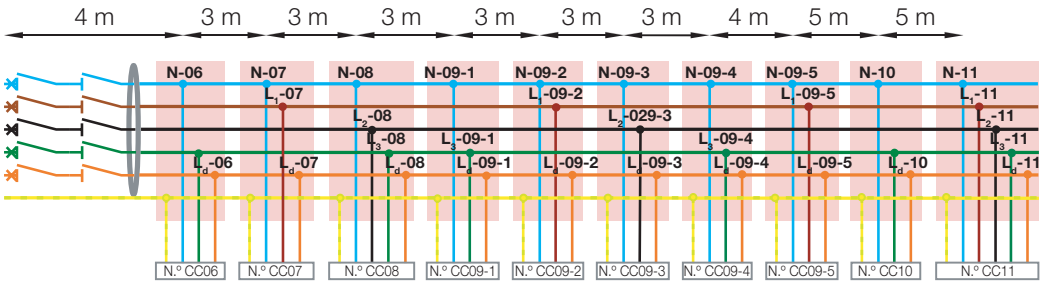
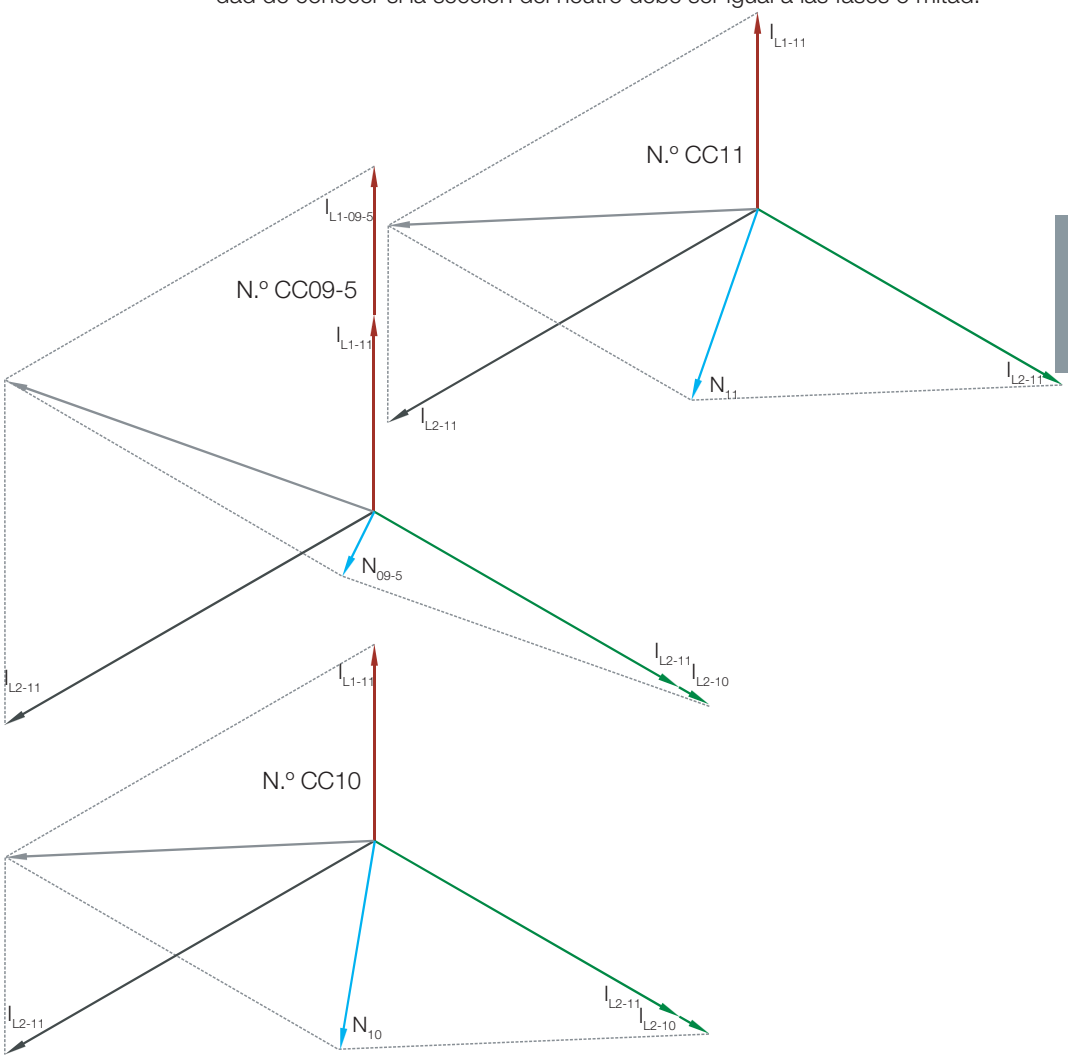
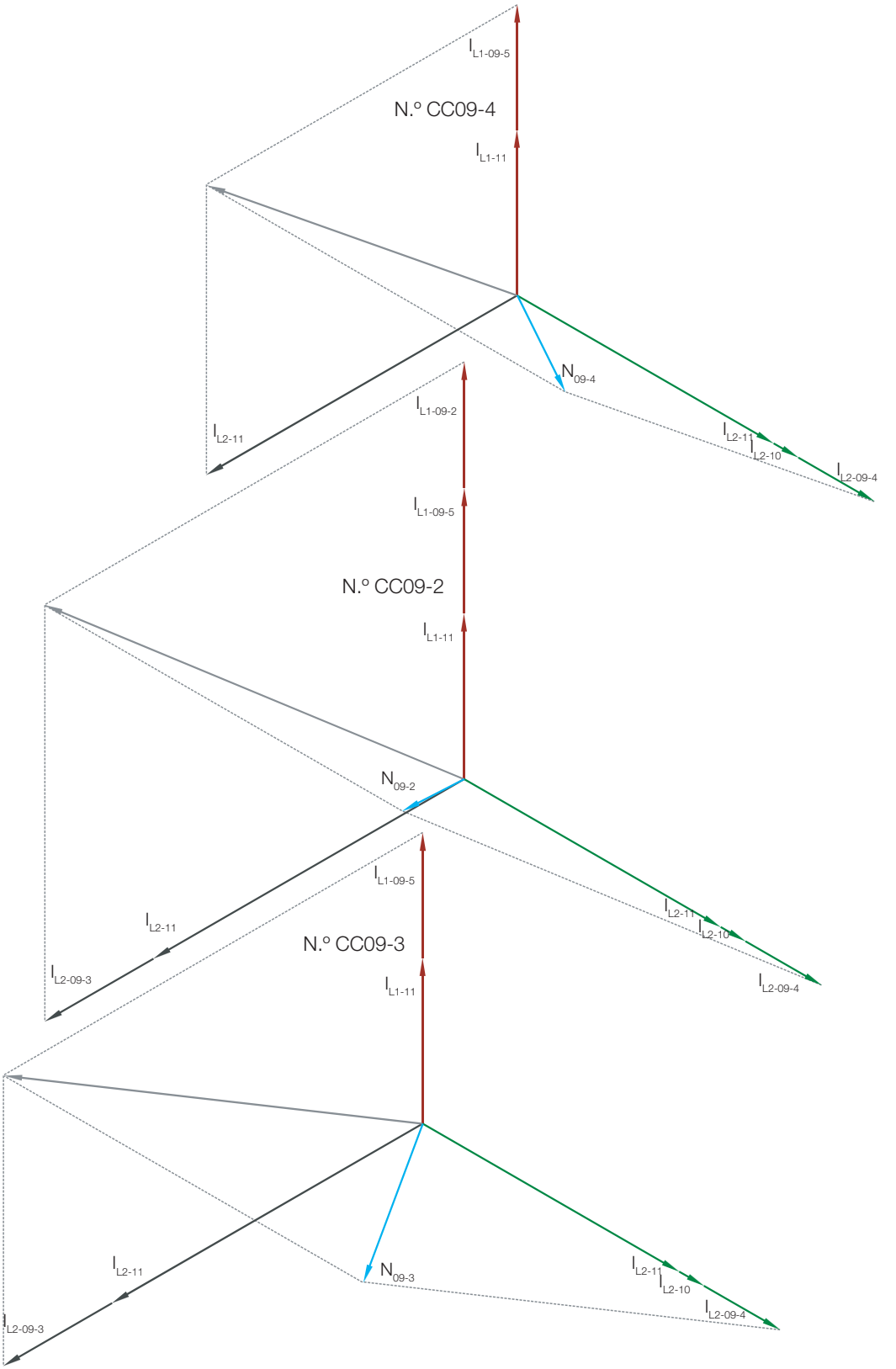


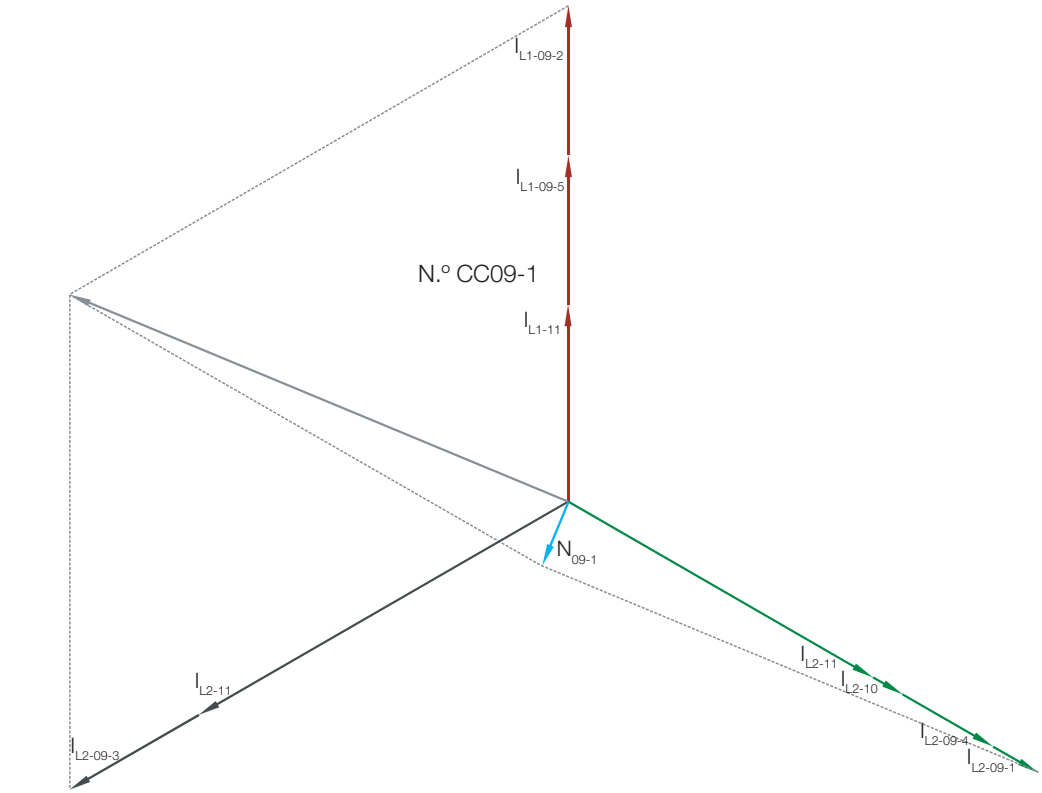
Fig. L6.4-334: *esquema línea de conectores ramal izquierdo 2.º.*

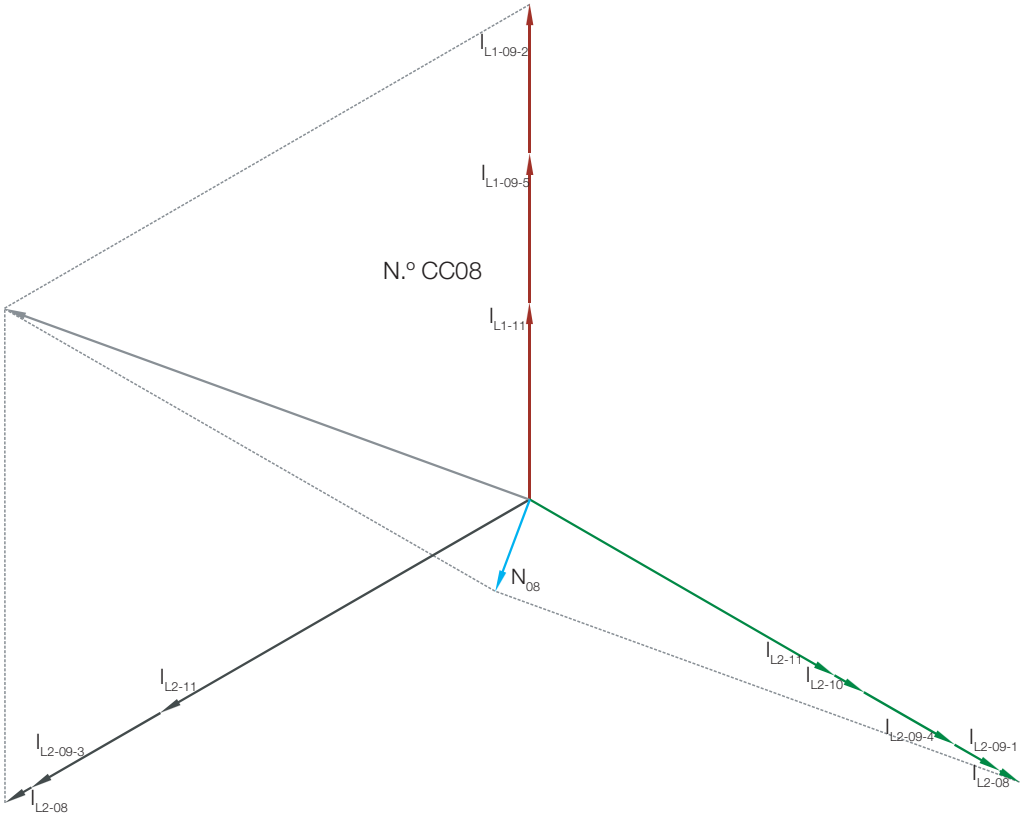
Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución, para conocer la intensidad de circulación por el neutro, con la finalidad de conocer si la sección del neutro debe ser igual a las fases o mitad.




I L1-09-5
N.º CC09-4
I L1-11
N 09-4
I L2-11
I L1-09-2
I L2-11
I L2-10
I L2-09-4
I L1-09-5
N.º CC09-2
I L1-11
N 09-2
I L1-09-5
I L2-11
I L2-11
I L2-10
I L2-09-3
N.º CC09-3
I L2-09-4
I L1-11
I L2-11
I L2-11
N 09-3
I L2-10
I L2-09-4
I L2-09-3


I L1-09-2
I L1-09-5
N.º CC09-1
I L1-11
N 09-1
I L2-11
I L2-09-3
I L2-11
I L2-10
I L2-09-4
I L2-09-1


I L1-09-2
I L1-09-5
N.º CC08
I L1-11
N 08
I L2-11
I L2-09-3
I L2-08
I L2-11
I L2-10
I L2-09-4
I L2-09-1
I L2-08

L
6.4

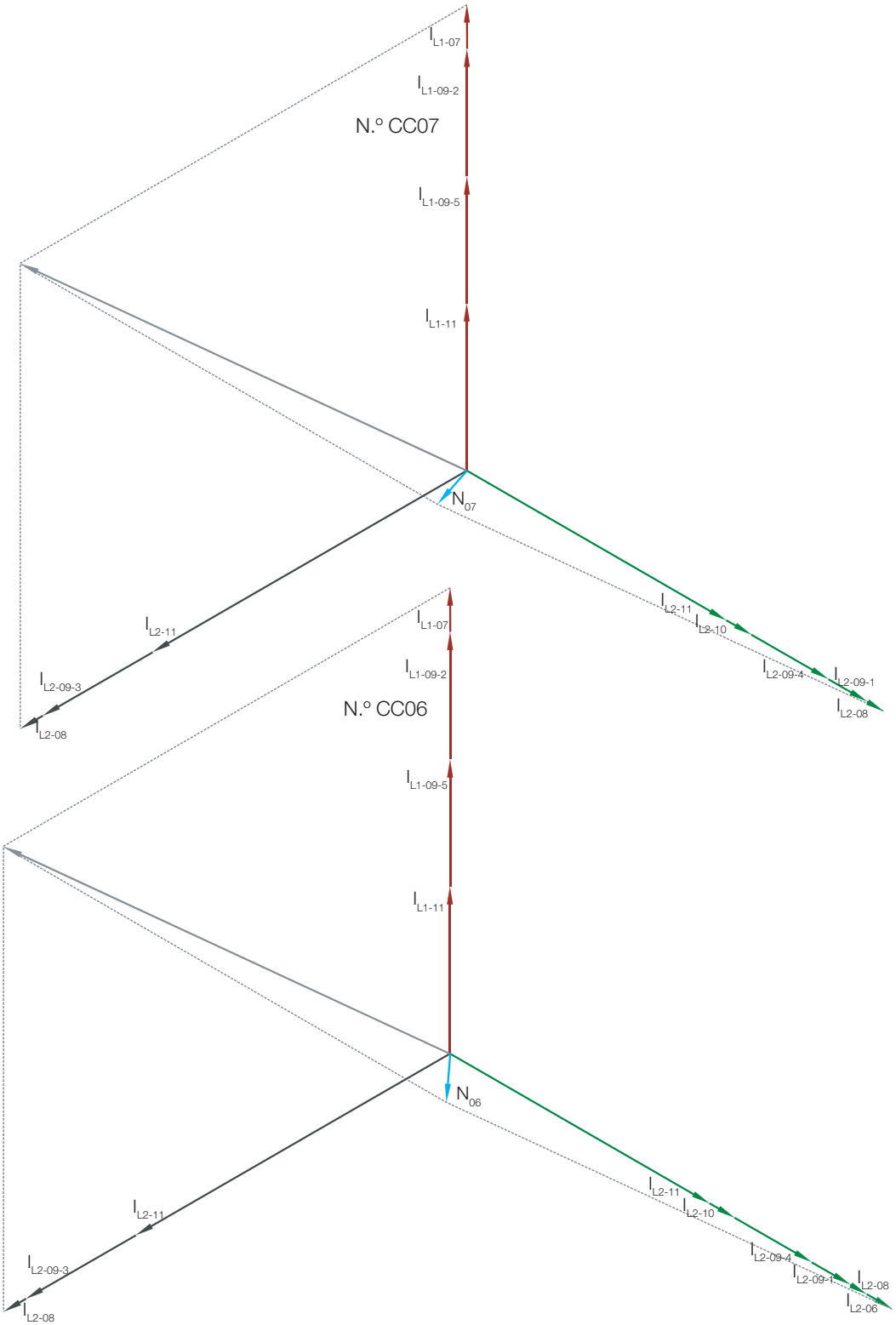


Fig. L6.4-335: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de tomas de corriente n.º 2.*

Consideraciones de los diagramas de las sumas vectoriales de las intensidades

Podemos observar que la intensidad a circular por el neutro tiene tendencia a disminuir progresivamente desde la CC11 hasta la CC07. Nunca supera las intensidades de las fases y su valor, no es superior a la mitad de las mismas.

Suma vectorial de los dos ramales de las líneas para conectores

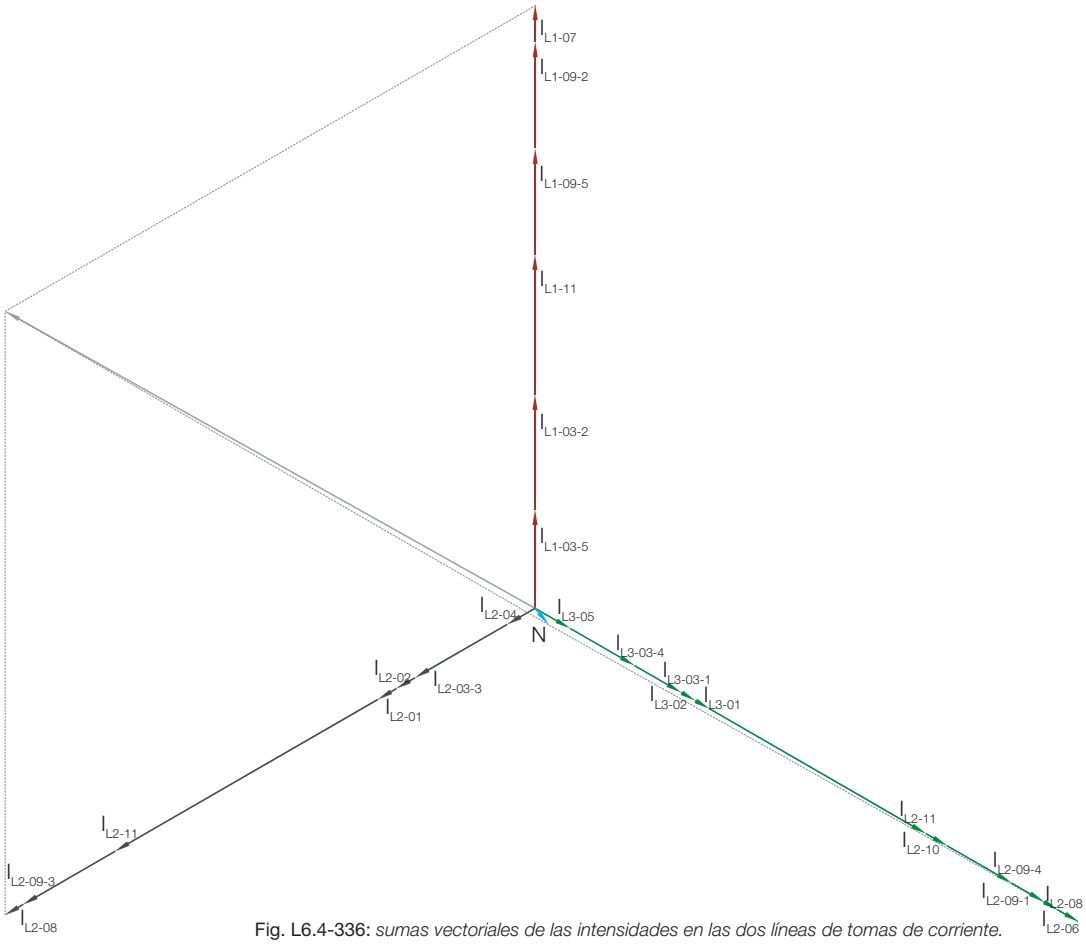


Fig. L6.4-336: *sumas vectoriales de las intensidades en las dos líneas de tomas de corriente.*

Línea de alumbrado

Repartiremos la alimentación del alumbrado de la planta en dos líneas, el ramal izquierdo y el derecho.

Línea de alumbrado ramal izquierdo n.º 1

En el capítulo K, apartado 5 “El control de la energía en los ejemplos ilustrados en este manual”, subapartado “Esquemas eléctricos planta 2.ª - Alumbrado” del 4.º Volumen (Tablas K5-100 y K5-101, páginas K/490 y K/491), analizamos los desplazamientos de la tensión y la intensidad y a continuación la tasa de armónicos THDI de la línea de alumbrado.

Los valores medios entre los dos tipos de fuentes luminosas nos permite considerar un factor de potencia medio de 0,61, que corresponde a un ángulo φ de 52º 36’ y una tasa media THDI del orden del 16%. Valores que aplicaremos a esta red.

Clasificación de las cargas de la línea de alumbrado, ramal 1.º				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**CC01**			
I00	Alumbrado	1,1		
Caja	**CC02**			
I00	Alumbrado	1,1		
Caja	**CC03-1**			
I00	Alumbrado	9,37	9,37	9,37
Caja	**CC03-2**			
I00	Alumbrado	0,96		
Caja	**CC03-3**			
I00	Alumbrado		0,96	
Caja	**CC03-4**			
I00	Alumbrado			0,96
Caja	**CC03-5**			
I00	Alumbrado	0,96		
Caja	**CC04**			
I00	Alumbrado		4,5	
Caja	**CC05**			
I00	Alumbrado			3,6
Total		**13,49**	**14,83**	**13,93**

Tabla L6.4-337: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º.*

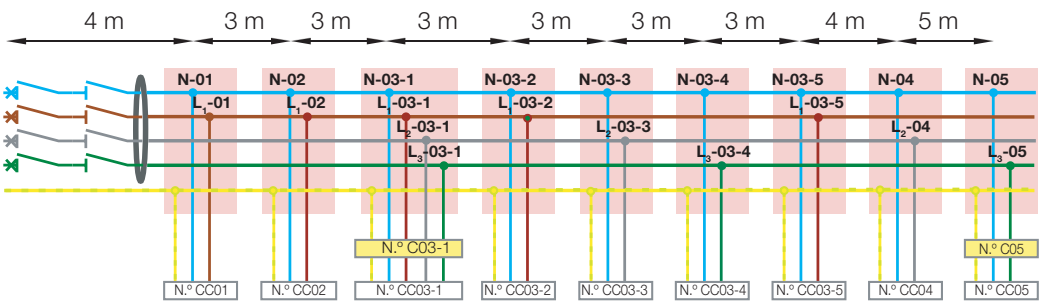
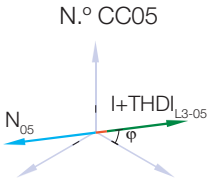
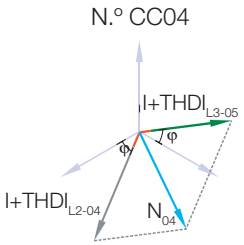


Fig. L6.4-338: *esquema línea de alumbrado ramal izquierdo 1.º.*

Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución, para conocer la intensidad correspondiente de circulación por el neutro, con la finalidad de conocer si la sección del neutro debe ser igual a las fases o mitad.





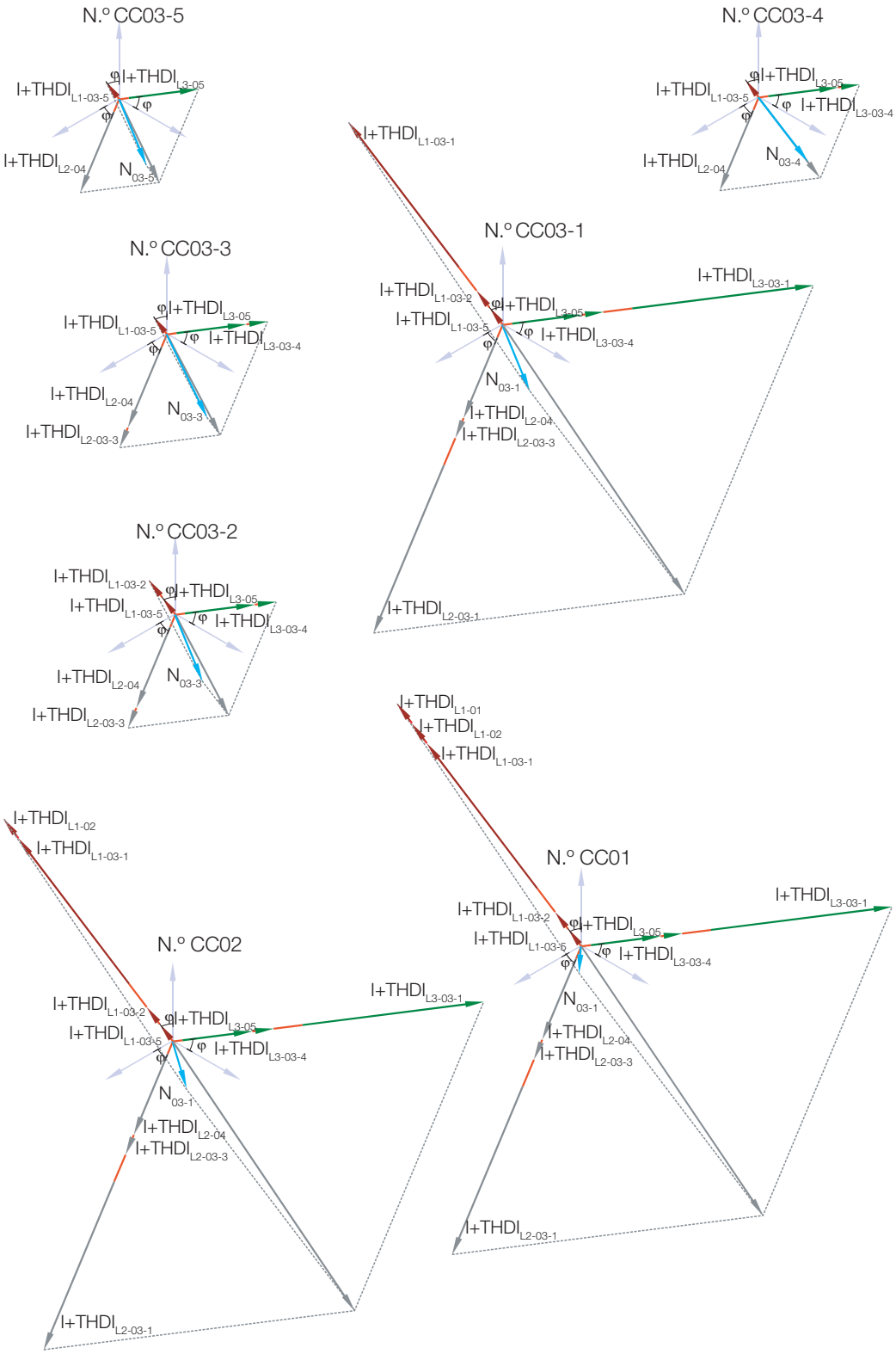


Fig. L6.4-339: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de alumbrado n.º 1.*

Línea de alumbrado derecha n.º 2

En el capítulo K, apartado 5 “El control de la energía en los ejemplos ilustrados en este manual”, subapartado “Esquemas eléctricos planta 2.ª - Alumbrado”, del 4.º Volumen (Tablas K5-100 y K5-101, páginas K/490 y K/491), analizamos los desplazamientos de la tensión y la intensidad y a continuación la tasa de armónicos THDI de la línea de alumbrado. Los valores medios entre los dos tipos de fuentes luminosas nos permite considerar un factor de potencia medio de 0,61, que corresponde a un ángulo φ de 52º 36’ y una tasa media THDI del orden del 16%. Valores que aplicaremos a esta red.

Clasificación de las cargas de la línea de alumbrado, ramal 2.º				
		Fase		
		L1	L2	L3
Caja	**CC06**			
I00	Alumbrado	1,35		
Caja	**CC07**			
I00	Alumbrado	1,1		
Caja	**CC08**			
A00	Aire acondicionado			0,5
Caja	**CC09-1**			
I00	Alumbrado	9,37	9,37	9,37
Caja	**CC09-2**			
I00	Alumbrado	0,96		
Caja	**CC09-3**			
I00	Alumbrado		0,96	
Caja	**CC09-4**			
I00	Alumbrado			0,96
Caja	**CC09-5**			
I00	Alumbrado		0,96	
Caja	**CC10**			
I00	Alumbrado		1,35	
Caja	**CC11**			
I00	Alumbrado			2,7
Total		**12,78**	**12,64**	**13,53**

Tabla L6.4-340: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de alumbrado ramal derecho 2.º.*

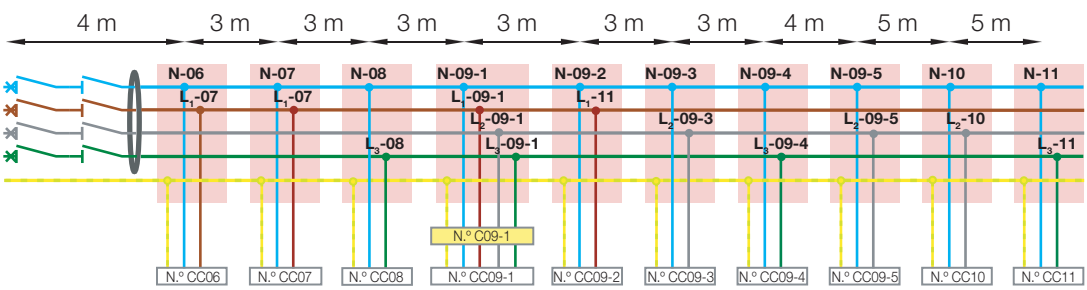


Fig. L6.4-341: *esquema línea de alumbrado ramal derecho 2.º.*

Intensidades de circulación por el neutro

Efectuaremos la suma vectorial de las intensidades de las cargas en cada caja de distribución, para conocer la intensidad correspondiente de circulación por el neutro, con la finalidad de conocer si la sección del neutro debe ser igual a las fases o mitad.

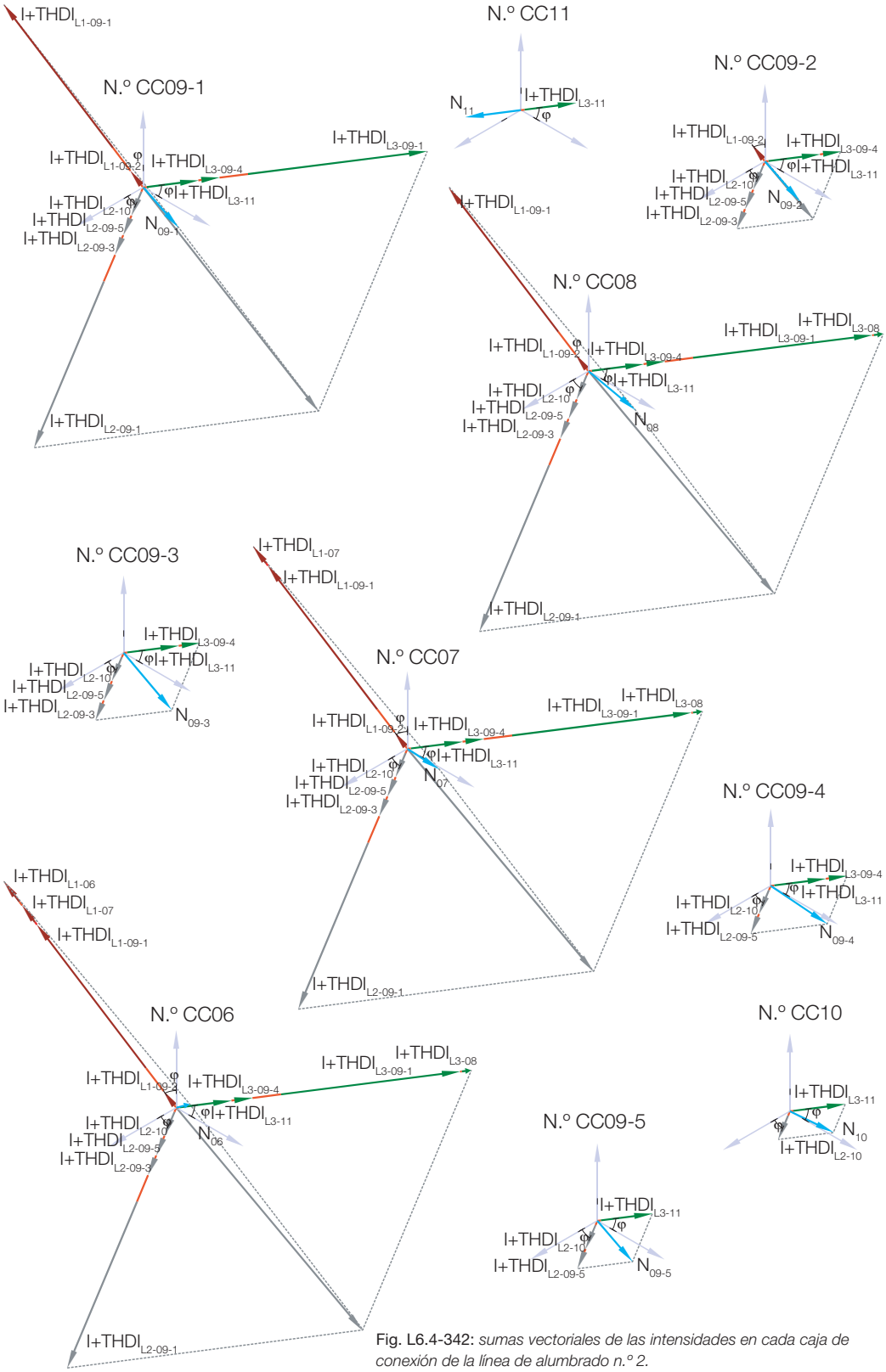


Fig. L6.4-342: *sumas vectoriales de las intensidades en cada caja de conexión de la línea de alumbrado n.º 2.*

Esquema en el cuadro de distribución de la parte de alumbrado de la 2.ª planta

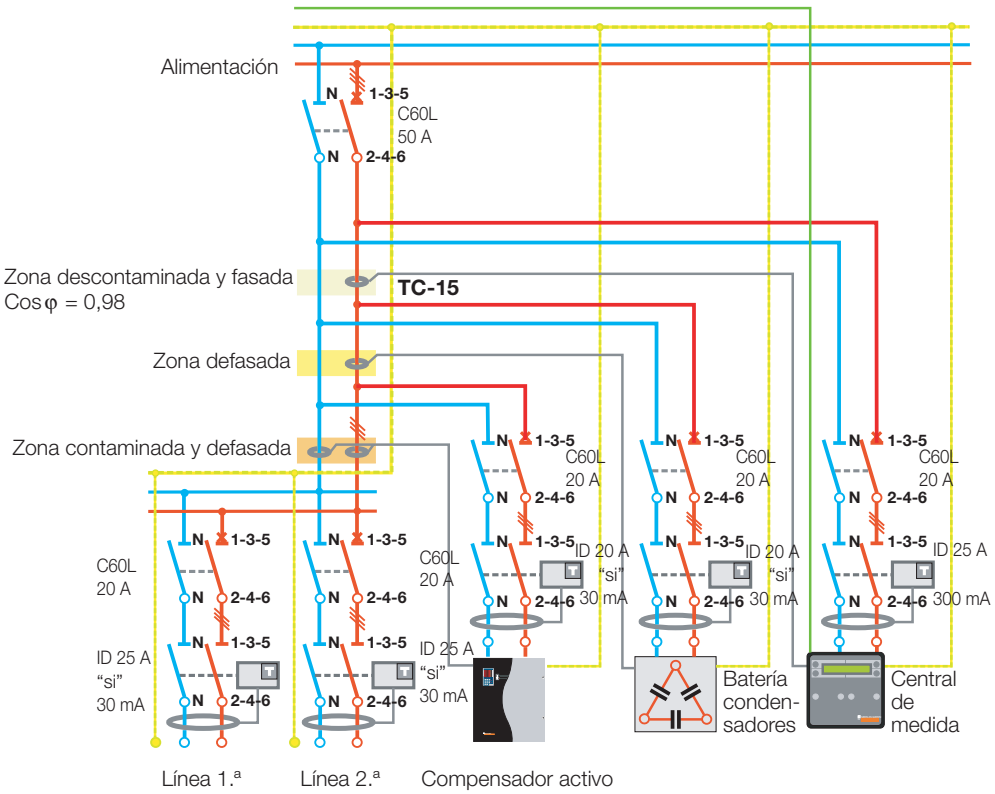


Fig. L6.4-343: *esquema de la maniobra del alumbrado de la 2.ª planta en el cuadro general.*

El esquema no representa el esquema real realizado pero sirve para dar a entender la necesidad de acorralamiento de las perturbaciones.

Composición y calidad de la energía

En la zona contaminada y defasada

En la zona contaminada y defasada tendremos la suma vectorial de los dos ramales.

La actuación del compensador activo nos permite eliminar los armónicos en su totalidad, por debajo del 8% permitido en la norma.

El concepto de compensador activo de armónicos, también llamado filtro activo, es relativamente antiguo, pero la ausencia de una tecnología adecuada y de altas prestaciones a un precio competitivo, ha retardado su desarrollo unos años.

El compensador activo de armónicos, esquematizado en la figura, analiza cada una de las fases permanentemente, teniendo en cuenta la forma de la corriente de las cargas (Ich). De este análisis se extrae el espectro armónico, que está constituido por la suma de la intensidad fundamental y la de todos y cada uno de los armónicos. El compensador genera una corriente que es igual a la diferencia de la corriente de carga y la intensidad fundamental. Esta diferencia que es la suma de las corrientes armónicas, defasadas 180º, se inyecta a la carga de tal forma que la resultante será una corriente senoidal igual a la intensidad fundamental de la fuente.

El compensador se intercala en paralelo entre la fuente y la carga, teniendo que dimensionarse exclusivamente para la tasa de las corrientes armónicas (TDHI). Para disponer de una exposición más concisa ver el apartado correspondiente a la primera planta de este ejemplo “Composición y calidad de la energía”.

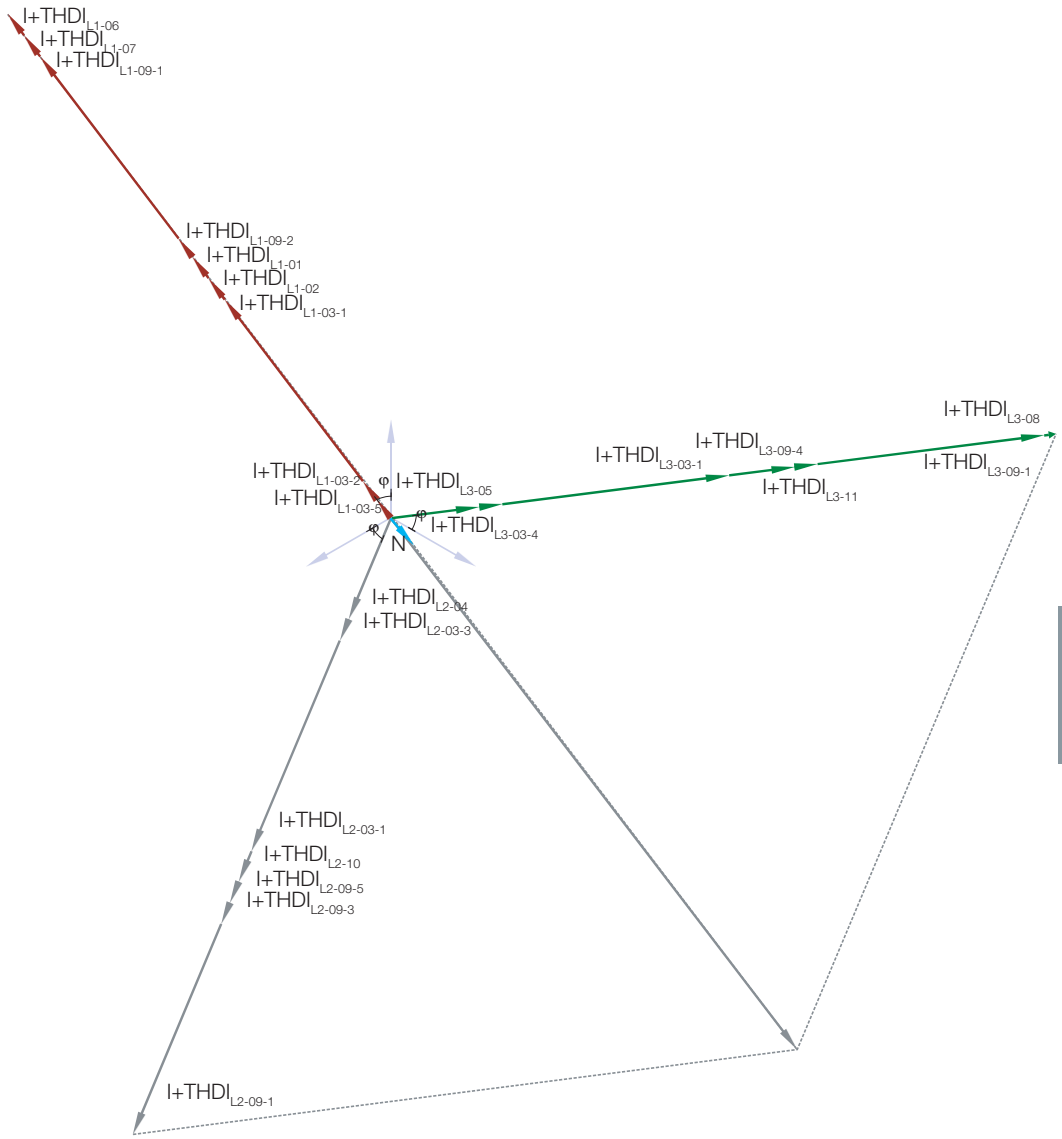


Fig. L6.4-344: *sumas vectoriales de las intensidades de las líneas de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la 2.ª planta.*

En la zona descontaminada

Tendremos la suma vectorial de los dos ramales pero con la tensión e intensidad prácticamente en fase (cos φ = 0,98).

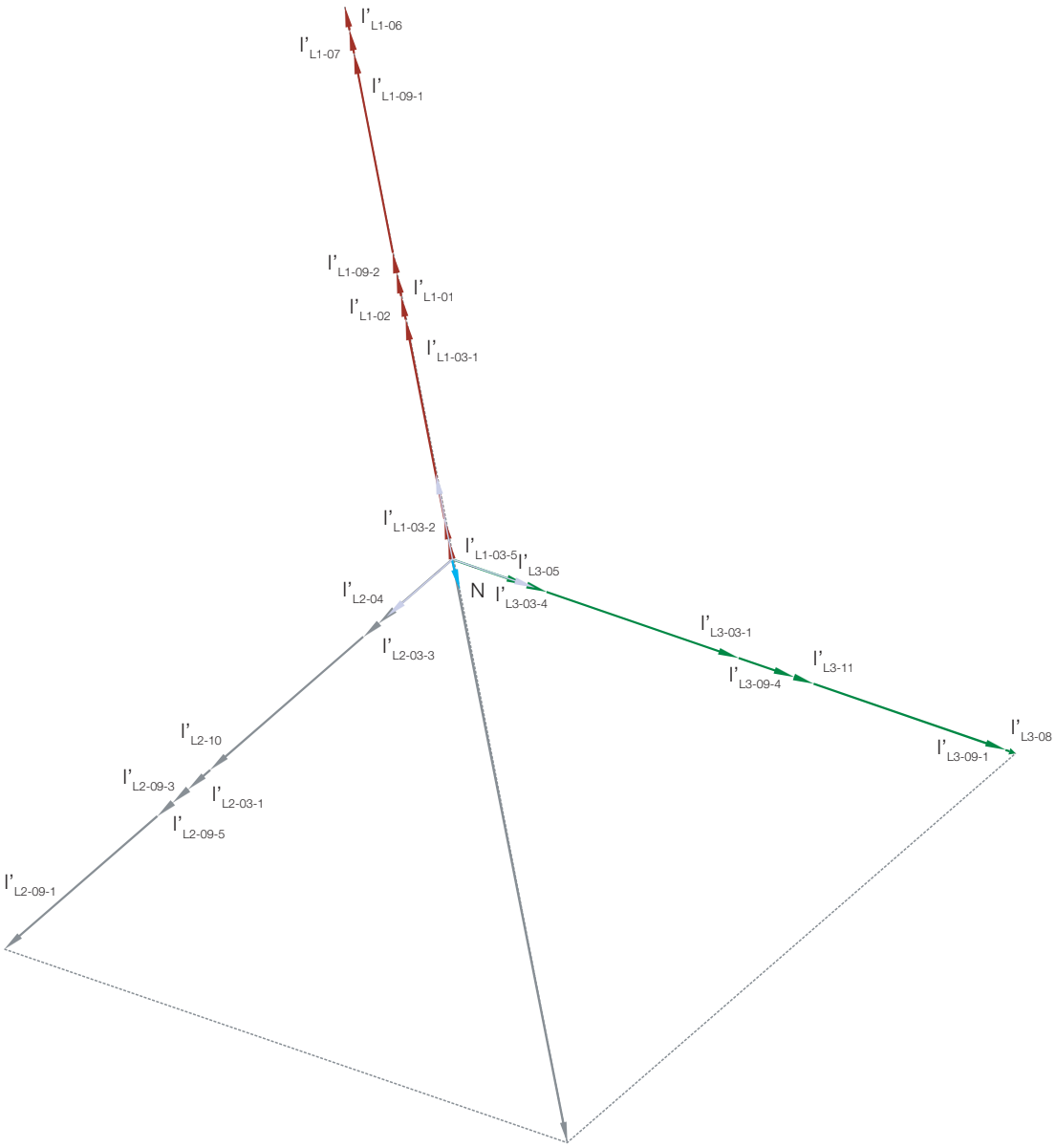


Fig. L6.4-345: *sumas vectoriales de las intensidades de las líneas de alumbrado n.º 1 y n.º 2 de la 1.ª planta después de compensar los armónicos.*

Línea de acondicionamiento del cuadro de distribución al cuadro secundario de acondicionamiento

Desde el cuadro general alimentaremos el cuadro de acondicionamiento y desde él distribuiremos en dos ramales los dos cuadros secundarios.

Cargas

Clasificación de las cargas de la línea de acondicionamiento			
	Fase		
	L1	L2	L3
Cuadro secundario de acondicionamiento C10			
Caja CC10			
A00 Aire acondicionado	125,8	123,8	123,8
A00 Ambientador		0,5	0,5
Caja CC02			
A00 Aire acondicionado		0,5	
A00 Ambientador		0,5	
Caja CC07			
A00 Aire acondicionado			0,5
A00 Ambientador			0,5
Total	**125,8**	**125,3**	**125,3**

Tabla L6.4-346: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de acondicionamiento y ramales izquierdo y derecho.*

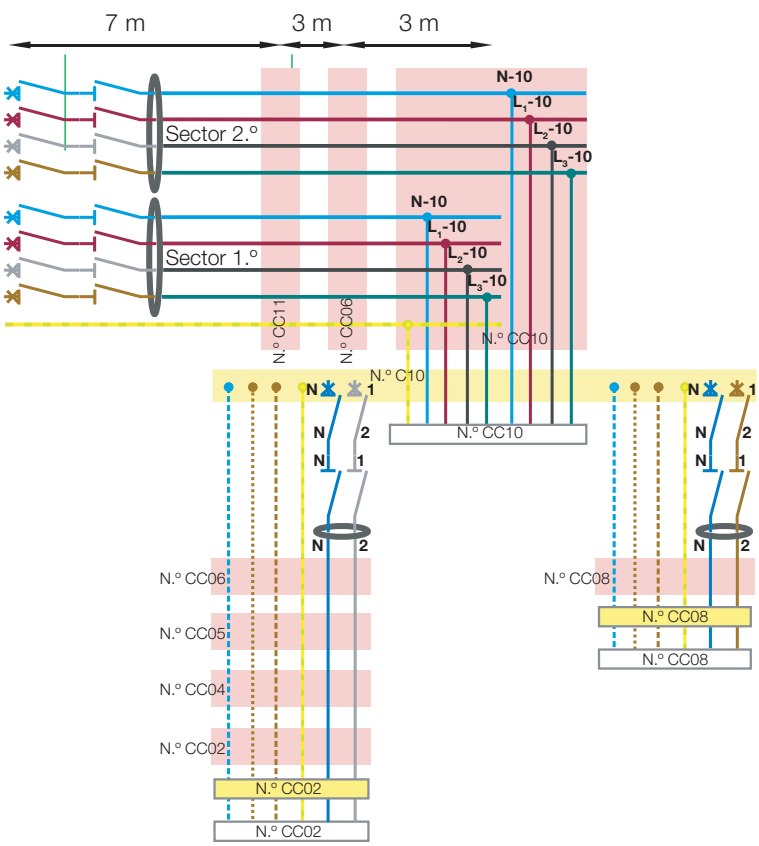


Fig. L6.4-347: *esquema línea acondicionamiento planta 2.ª.*

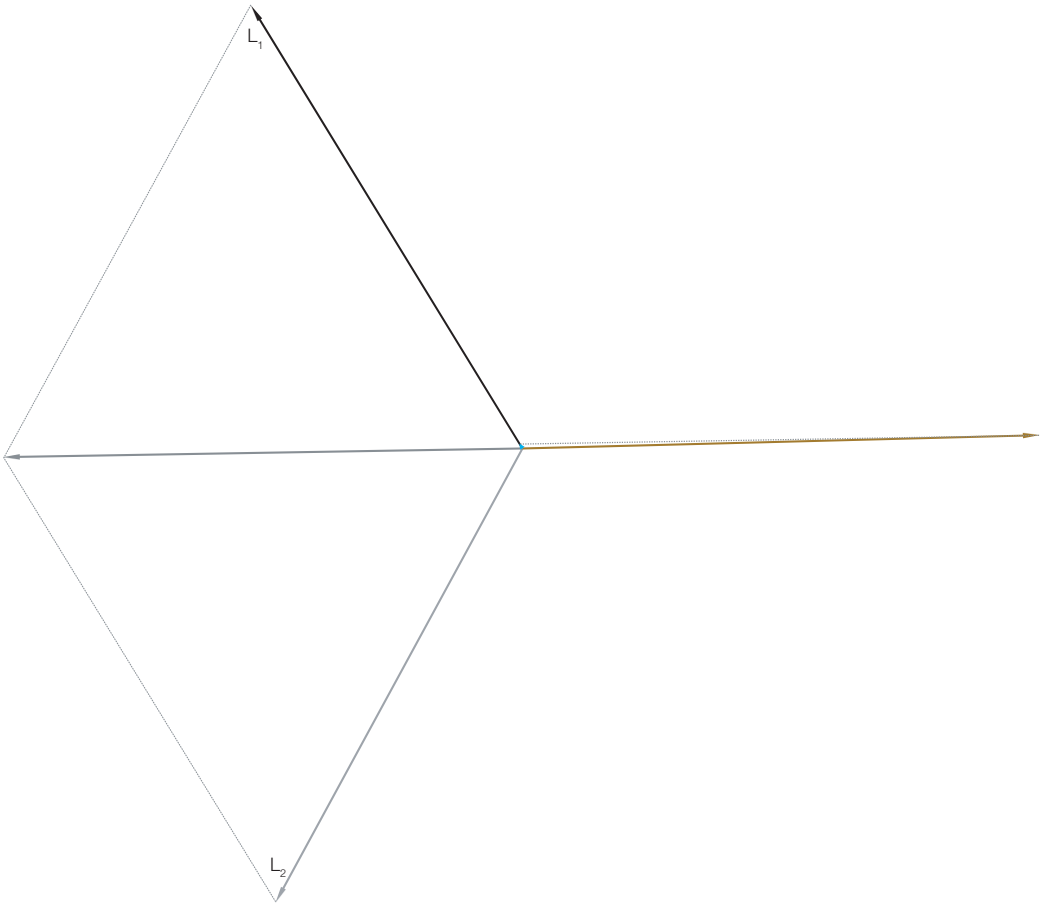


Fig. L6.4-348: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de acondicionamiento.*

Línea de ventilación

Desde el cuadro general de la 2.ª planta al cuadro secundario de acondicionamiento de la misma y desde éste con un ramal para las dos cargas de los servicios.

Cargas

Clasificación de las cargas de la línea de ventilación			
	Fase		
	L1	L2	L3
Cuadro secundario de acondicionamiento C10			
Caja CC10			
R00 Renovación de aire	1,4		
Caja CC02			
R00 Renovación de aire		1,6	
Caja CC08			
R00 Renovación de aire			1,6
Total	**1,4**	**1,6**	**1,6**

Tabla L6.4-349: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de ventilación.*

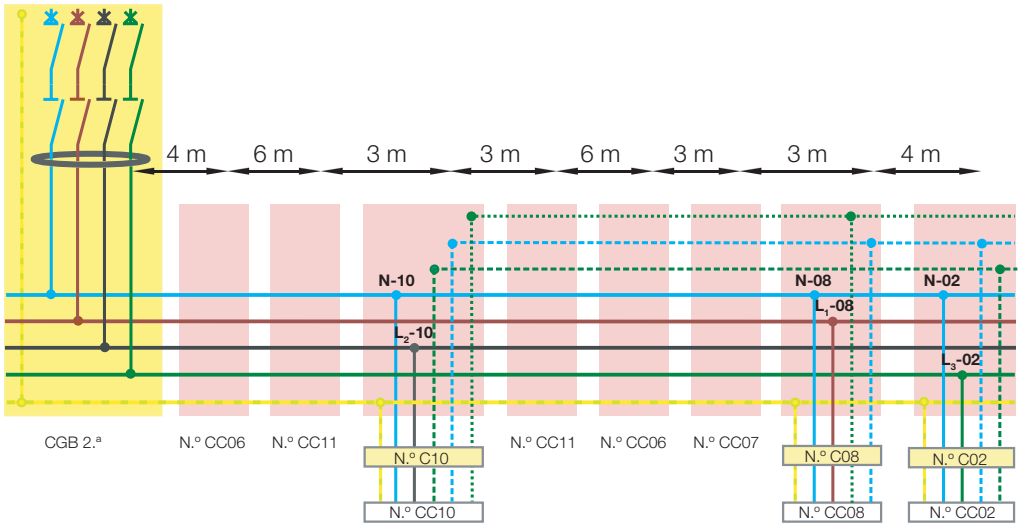


Fig. L6.4-350: *esquema línea ventilación planta 2.ª.*

Analizamos los desplazamientos de la tensión y la intensidad. Los valores medios entre los tipos de fuentes nos permite considerar un factor de potencia medio de 0,73, que corresponde a un ángulo φ de 43º 6'.

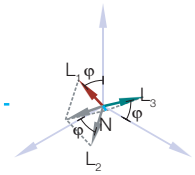


Fig. L6.4-351: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de ventilación.*

Línea para el agua sanitaria caliente

Desde el cuadro general de la 2.ª planta con una línea para las dos cargas de los servicios y la del comedor.

Cargas

Clasificación de las cargas de la línea de agua sanitaria caliente			
	Fase		
	L1	L2	L3
Caja CC01			
S00 Agua sanitaria caliente	5,2		
Caja CC07			
S00 Agua sanitaria caliente		5,2	
Caja CC11			
S00 Agua sanitaria caliente			5,2
Total	**5,2**	**5,2**	**5,2**

Tabla L6.4-352: *valores de las intensidades de las cargas de la línea de agua sanitaria.*

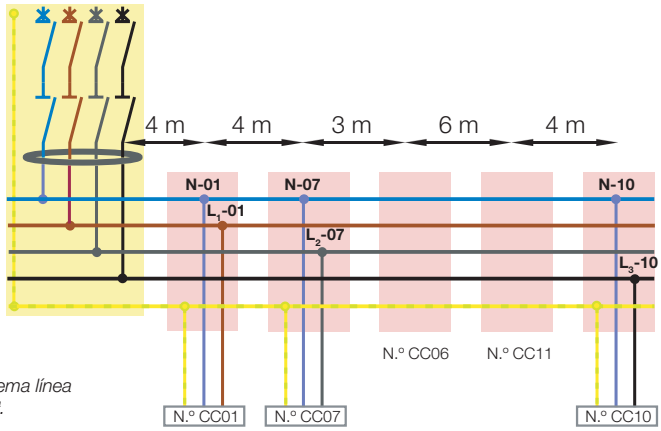


Fig. L6.4-353: *esquema línea ventilación planta 2.ª.*

Analizamos los desplazamientos de la tensión y la intensidad. Las cargas son resistivas y consecuentemente la intensidad y la tensión están en fase.
Al ser la tres cargas iguales en el punto de suministro no se presenta desequilibrio, pero en los tramos tenemos que considerar como líneas bifásicas de igual valor.

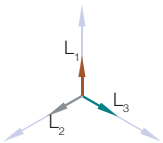


Fig. L6.4-354: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de agua sanitaria caliente.*

Línea alimentación cargas informáticas

Desde la fuente de alimentación ininterrumpida SAI, distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, a todas las dependencias de la segunda planta.
Las cargas informáticas son generadoras de armónicos y trabajan con un cos φ del orden de 0,7, a φ le corresponde un valor de 45,56º.
Estas cargas son muy sensibles a los armónicos y ellas mismas son generadoras, produciendo un efecto multiplicador con valores de factor de cresta de 2,4 a 2,8 veces. Su tasa global de distorsión es del orden del 93%, THDI = 93%.

Línea para cargas informáticas ramal izquierdo 1.º

Relacionaremos las cargas en función de las cajas de derivación.

Clasificación de las cargas dependencia línea de la derecha ramal 1.º			
	Fase		
	L1	L2	L3
Caja N.º IT-2-01			
Dependencias 1.ª, 2.ª y 3.ª	15	13	
Caja N.º IT-2-02			
Dependencia 3.ª	1,4		9,2
Caja N.º IT-2-03			
Dependencia 3.ª	9,2	1,8	
Caja N.º IT-2-04			
Dependencia 3.ª	1,8	9,2	10
Caja N.º IT-2-05			
Dependencias 4.ª y 5.ª	3,3		
Caja N.º IT-2-06			
Dependencia 3.ª	1,8	9,2	15
Total ramal derecho 1.º	**32,5**	**33,2**	**34,2**

Tabla L6.4-355: *valores de las intensidades de las cargas de la línea informática 1.ª.*

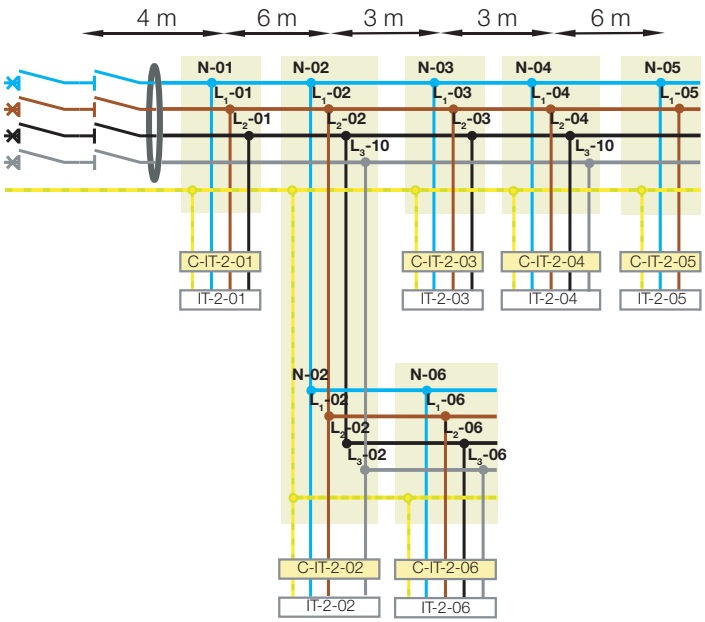
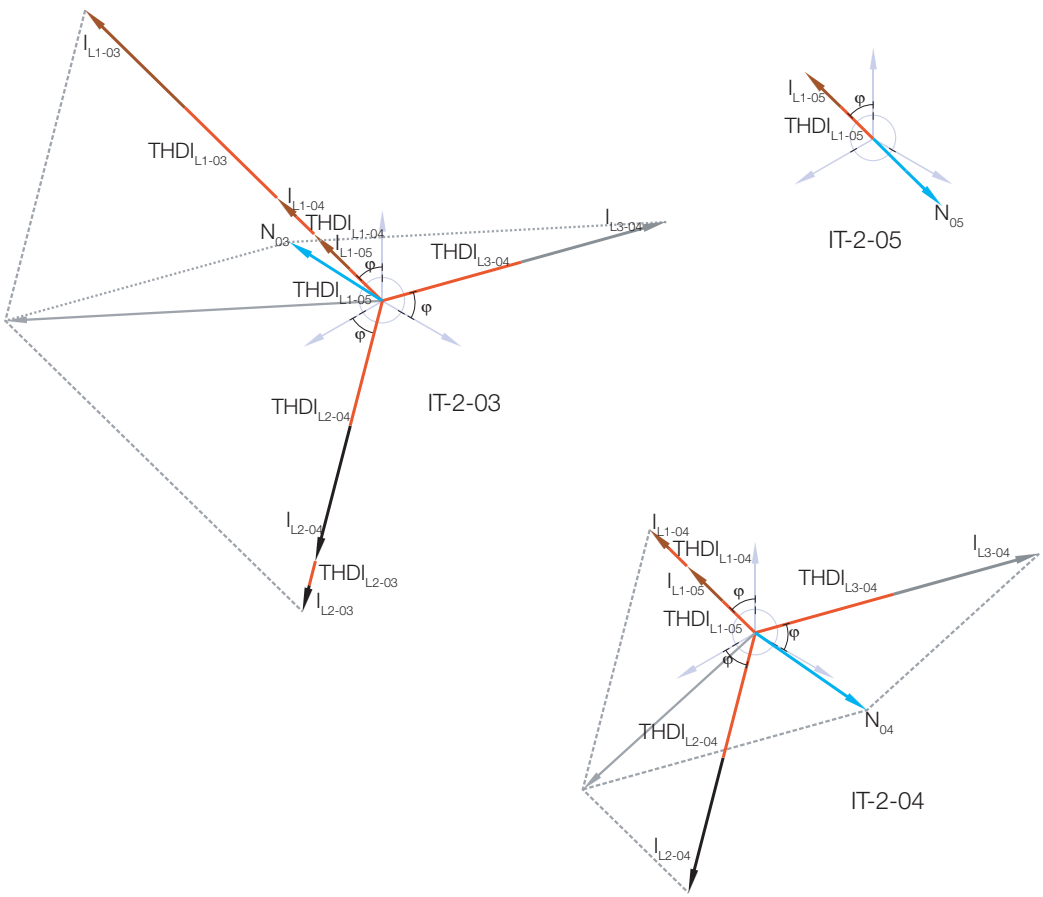


Fig. L6.4-356: *esquema línea informática ramal izquierdo 1.º.*

Intensidades de circulación por el neutro



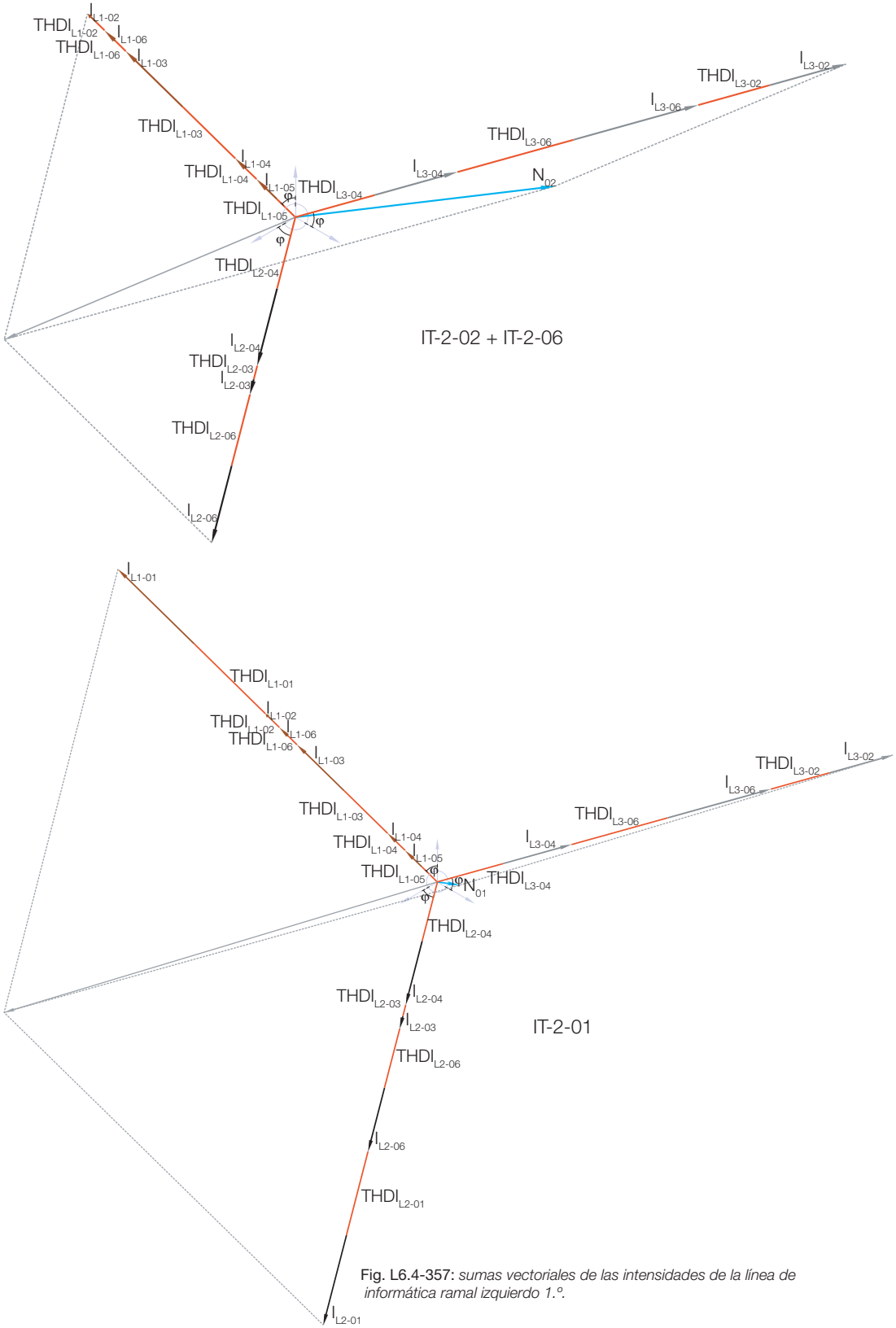


Fig. L6.4-357: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º.*

Línea para cargas informáticas ramal derecho 2.º

Relacionaremos las cargas en función de las cajas de derivación.

Clasificación de las cargas dependencia línea de la derecha ramal 2.º			
	Fase		
	L1	L2	L3
Caja N.º IT-2-07			
Pasillo n.º 11, vestíbulo n.º 5		0,8	
Caja N.º IT-2-08			
Dependencias 9.ª, 10.ª y 8.ª	13	15	
Caja N.º IT-2-09			
Dependencia n.º 8		2,4	9,2
Caja N.º IT-2-10			
Dependencias 8.ª	9,2	2,8	
Caja N.º IT-2-11			
Dependencias 8.ª		12,2	10
Caja N.º IT-2-12			
D. 6.ª comedor y 7.ª acondicionamiento			1,4
Caja N.º IT-2-13			
Dependencias 8.ª	12,3		14,2
Total	**34,5**	**33,2**	**34,8**

Tabla L6.4-358: *valores de las intensidades de las cargas del ramal derecho 2.º de la línea informática.*

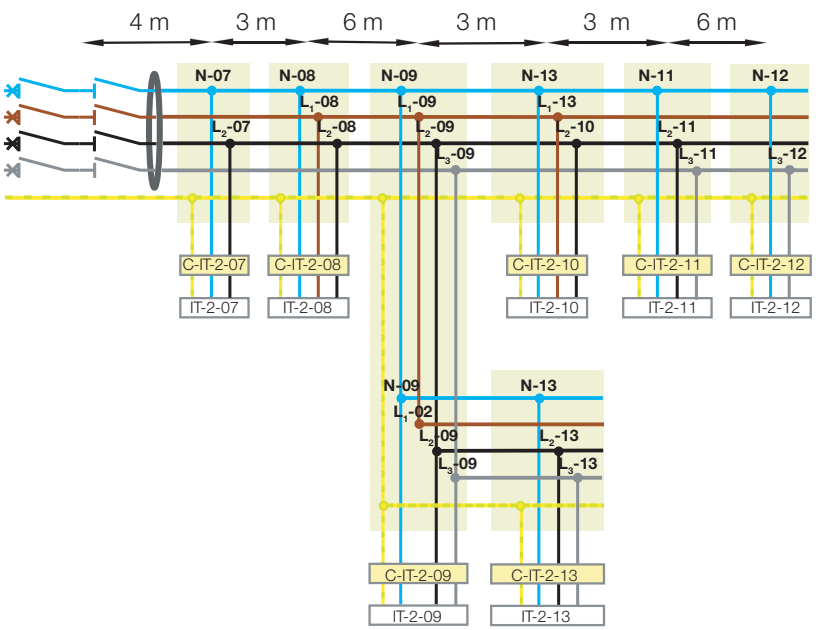
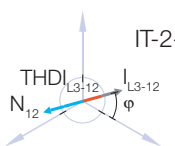
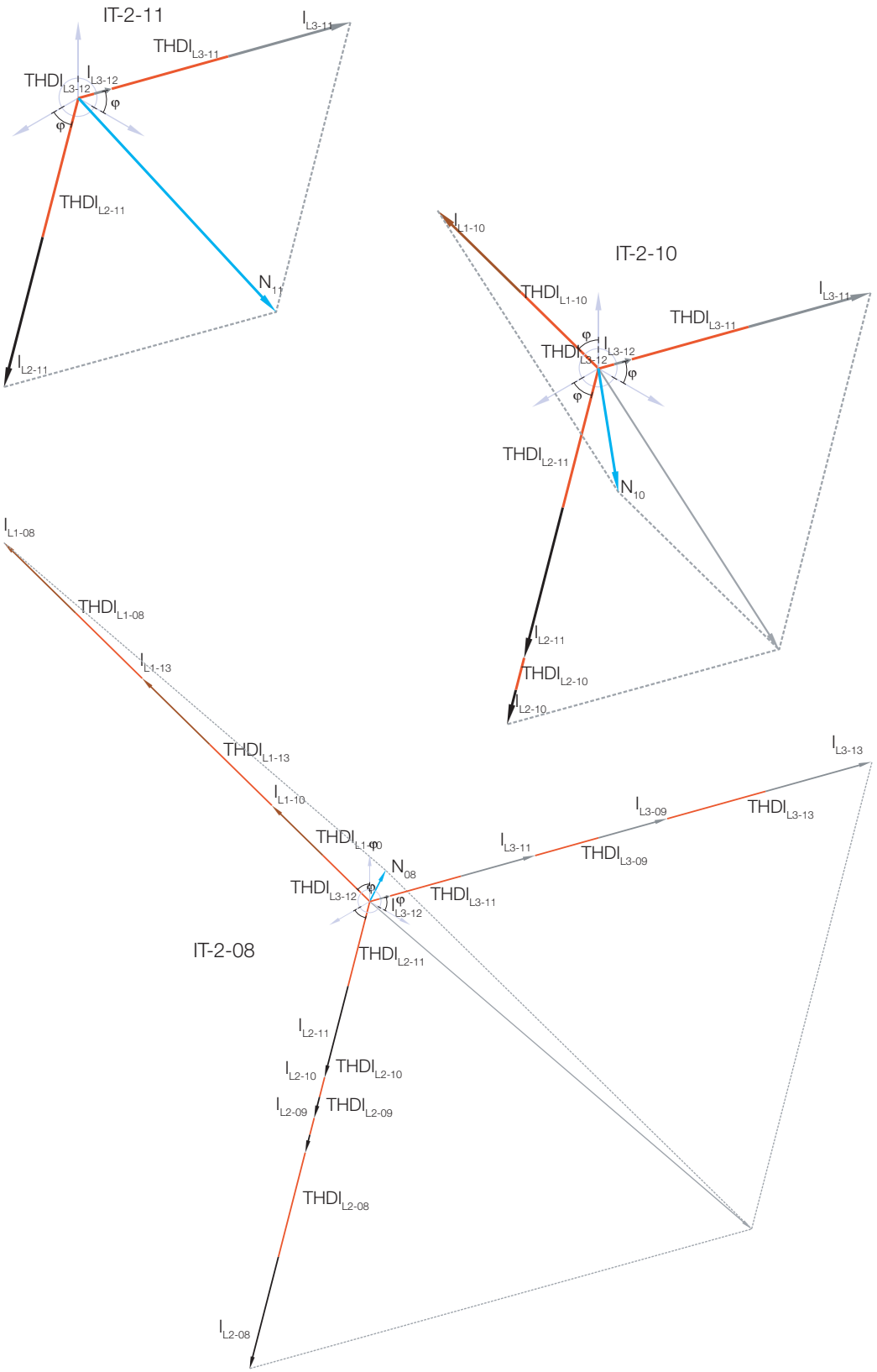


Fig. L6.4-359: *esquema línea informática ramal derecho 2.º.*

Intensidades de circulación por el neutro




IT-2-11
I L3-11
THDI L3-11
THDI L3-12
I L3-12
φ
φ
THDI L2-11
N 11
I L2-11
I L1-10
IT-2-10
THDI L1-10
I L3-11
THDI L3-11
THDI L3-12
I L3-12
φ
φ
φ
THDI L2-11
N 10
I L2-11
THDI L2-10
I L2-10
I L1-08
THDI L1-08
I L1-13
THDI L1-13
I L1-10
THDI L1-10
φ
N 08
THDI L3-12
φ
I L3-12
THDI L3-11
I L3-13
I L3-09
THDI L3-13
I L3-11
THDI L3-09
IT-2-08
THDI L2-11
I L2-11
I L2-10
THDI L2-10
I L2-09
THDI L2-09
THDI L2-08
I L2-08

L
6.4

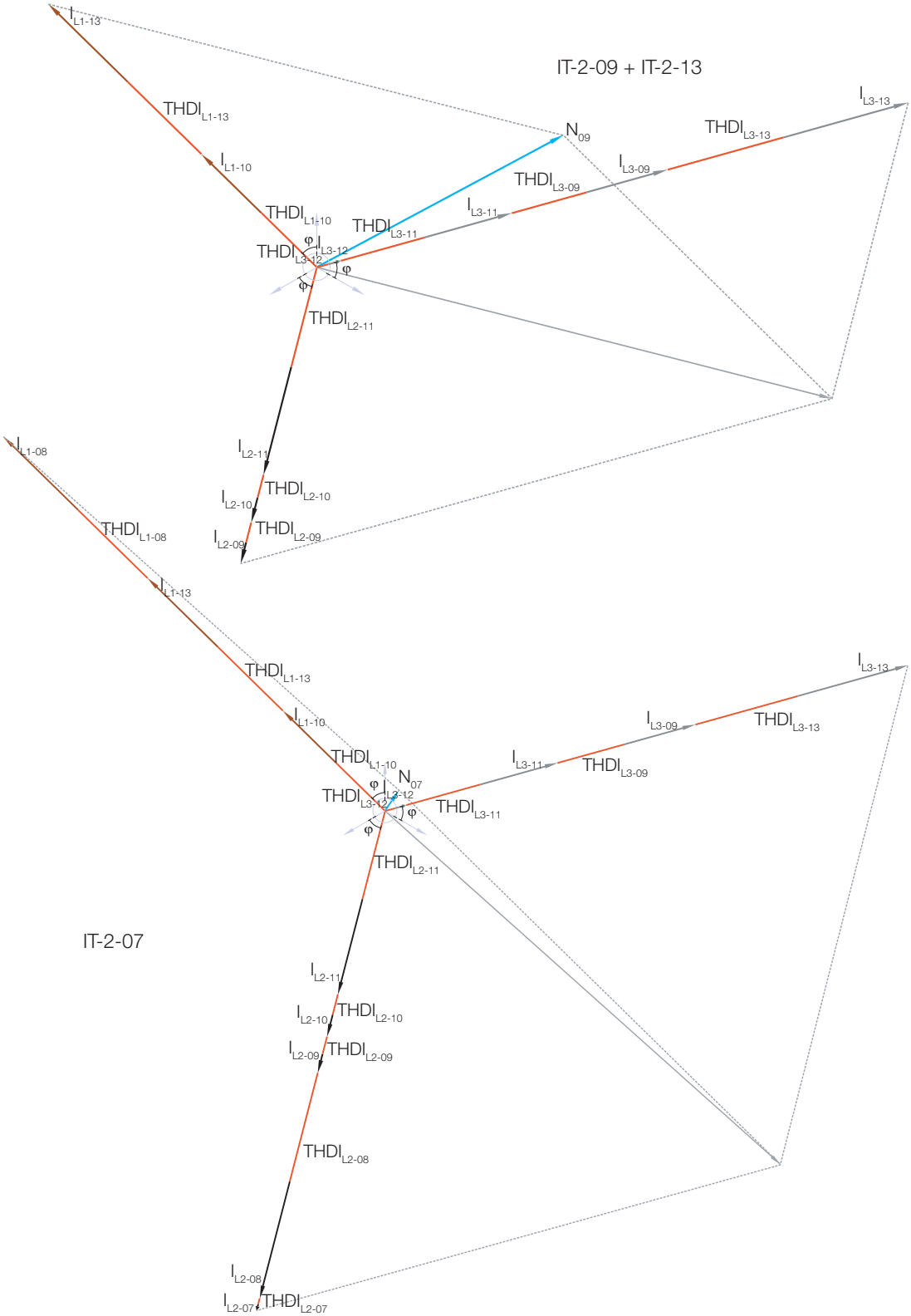


Fig. L6.4-360: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º.*

En la zona contaminada y defasada

El tratamiento de los armónicos y la compensación del factor de potencia se realiza individualmente para cada ramal, obteniendo un mejor acorralamiento de las perturbaciones.

Aguas arriba de la conexión del compensador activo habremos compensado los armónicos (Figuras L6.4-361 y L6.4-362).

En la zona fasada

Aguas arriba de la conexión de la batería de compensación del factor de potencia tendremos la potencia aparente casi en fase con la activa (cos φ = 0,98) (φ = 11° 27'), (Figuras L6.4-363 y L6.4-364).

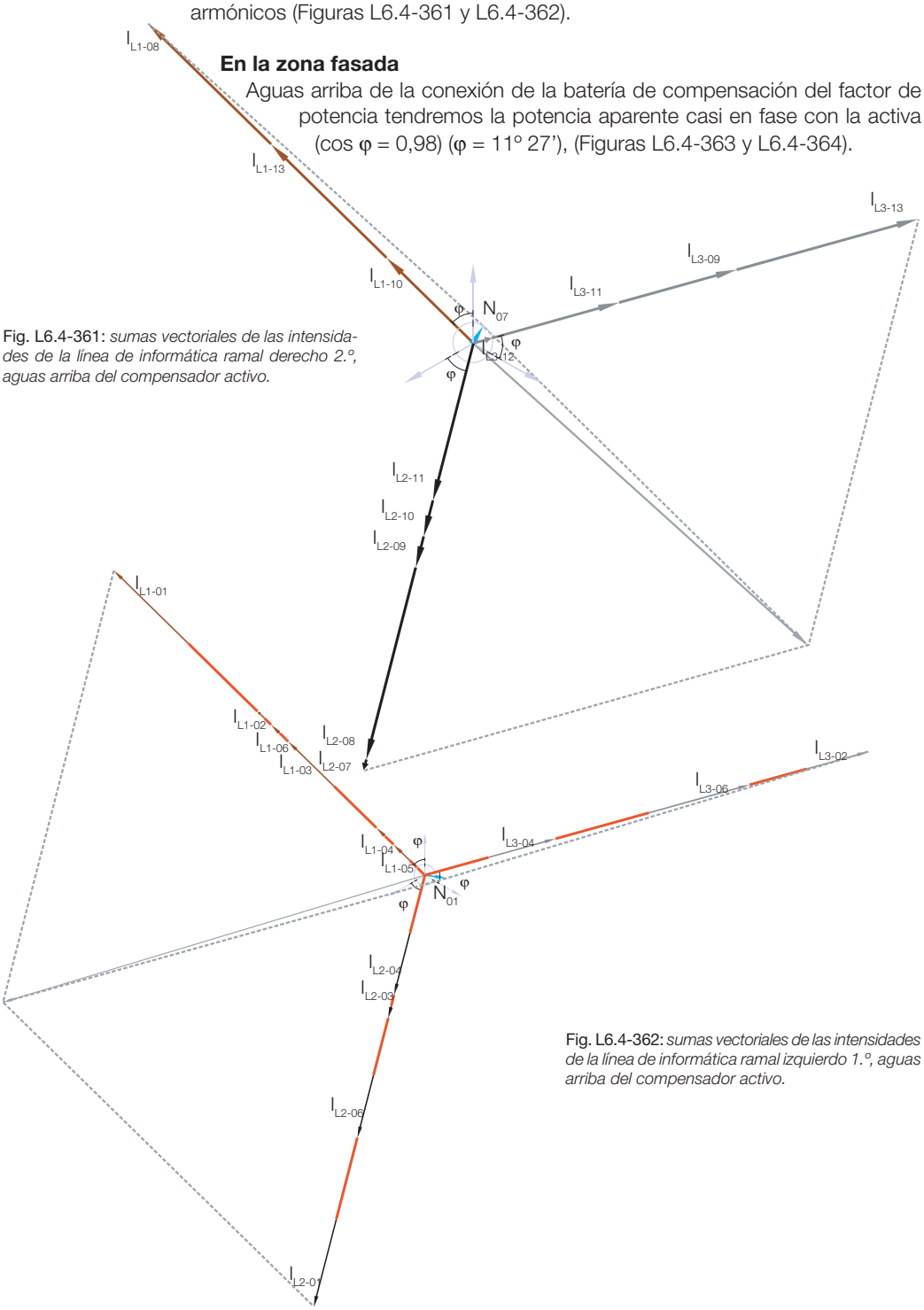


Fig. L6.4-361: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º, aguas arriba del compensador activo.*

Fig. L6.4-362: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º, aguas arriba del compensador activo.*

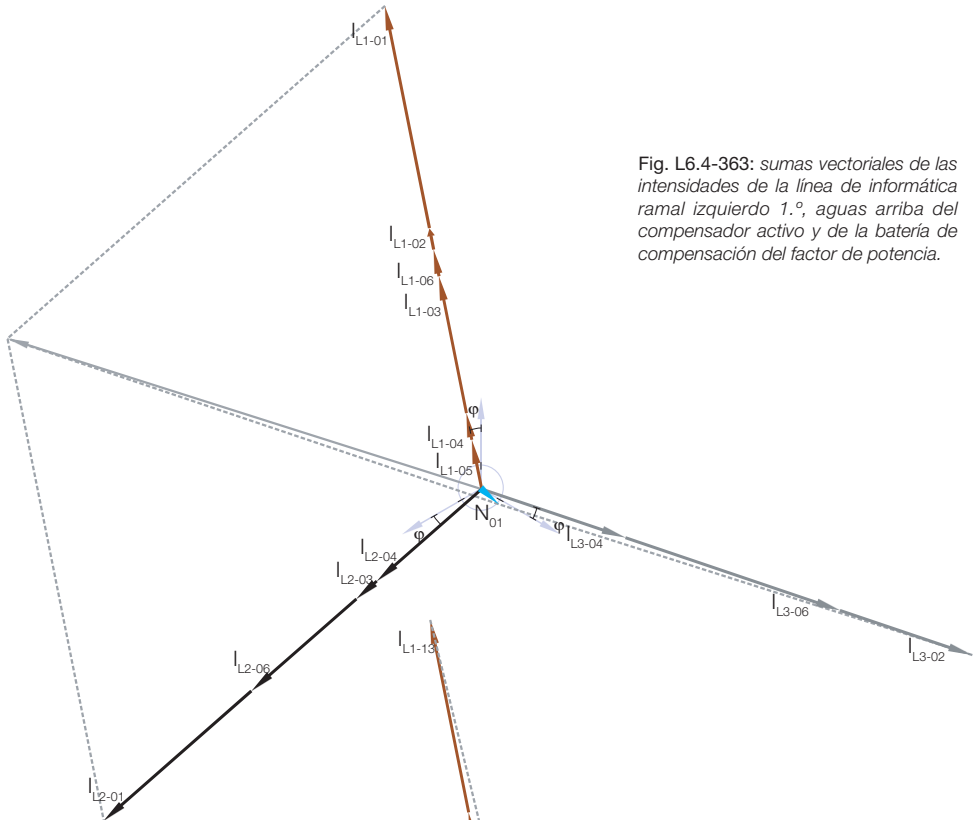


Fig. L6.4-363: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal izquierdo 1.º, aguas arriba del compensador activo y de la batería de compensación del factor de potencia.*

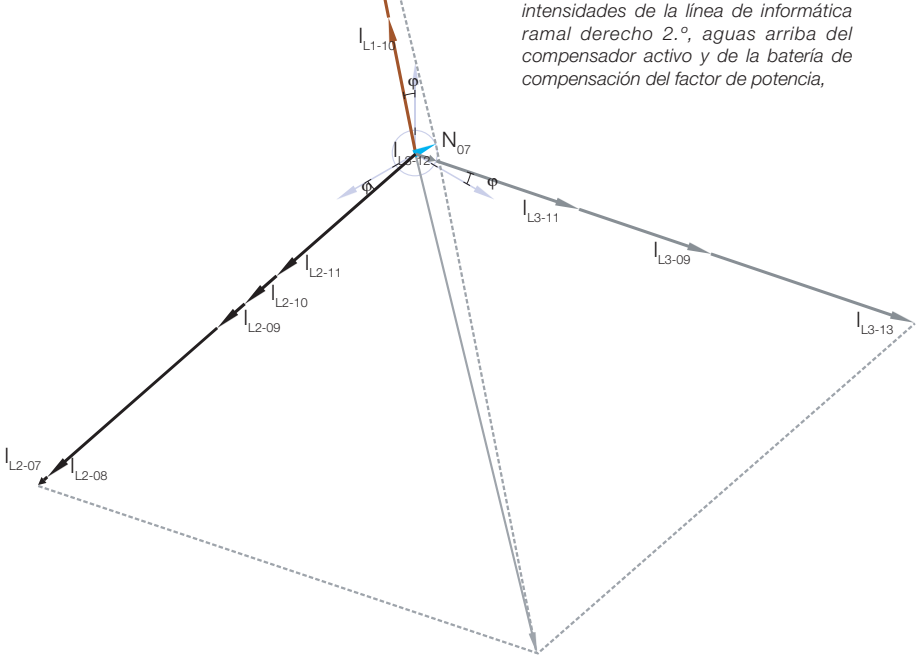
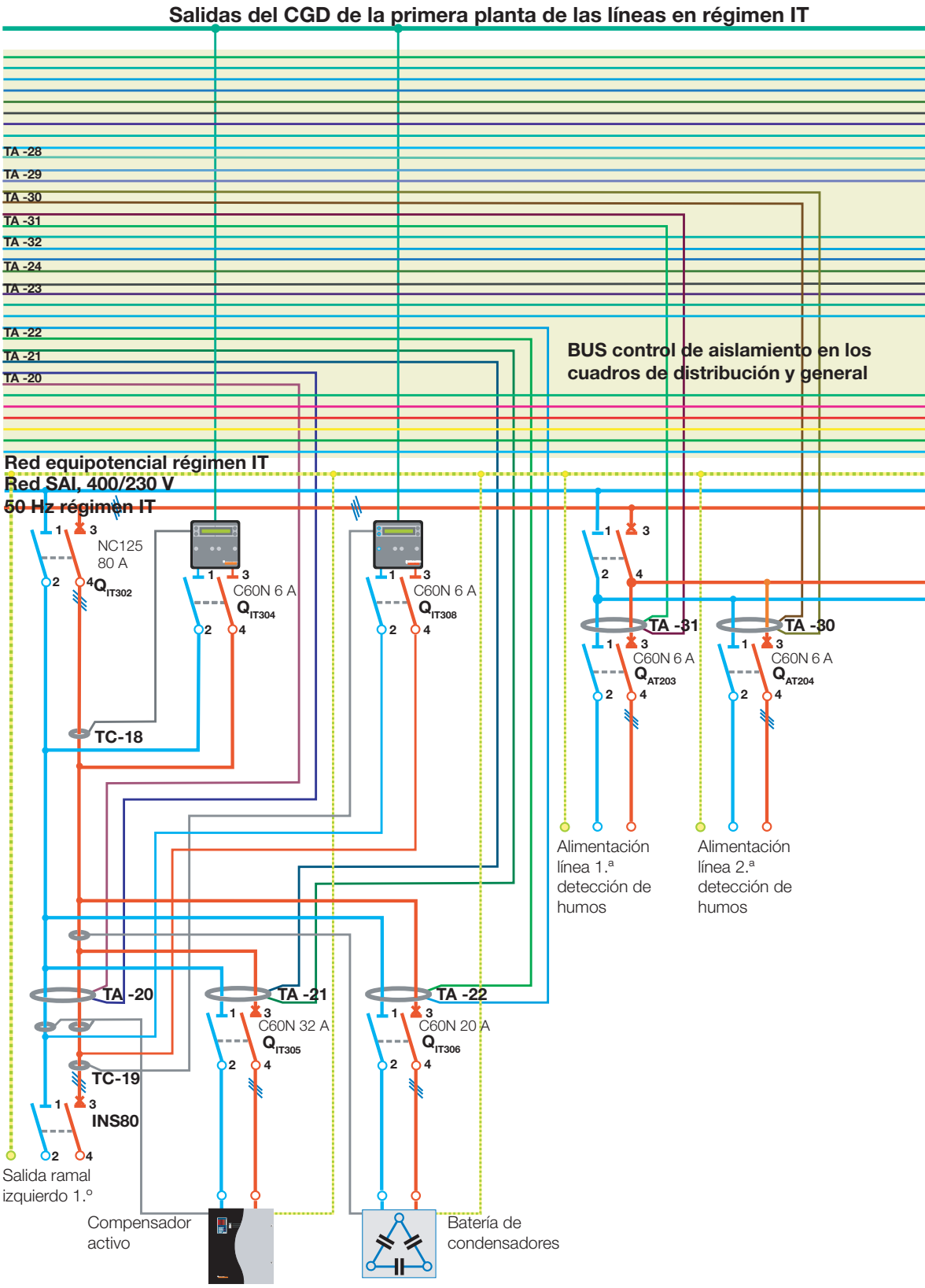


Fig. L6.4-364: *sumas vectoriales de las intensidades de la línea de informática ramal derecho 2.º, aguas arriba del compensador activo y de la batería de compensación del factor de potencia,*


Salidas del CGD de la primera planta de las líneas en régimen IT
TA -28
TA -29
TA -30
TA -31
TA -32
TA -24
TA -23
TA -22
TA -21
TA -20
BUS control de aislamiento en los cuadros de distribución y general
Red equipotencial régimen IT
Red SAI, 400/230 V
50 Hz régimen IT
NC125 80 A
Q_{IT302}
C60N 6 A
Q_{IT304}
C60N 6 A
Q_{IT308}
TC-18
TA -31
C60N 6 A
Q_{AT203}
TA -30
C60N 6 A
Q_{AT204}
Alimentación línea 1.ª detección de humos
Alimentación línea 2.ª detección de humos
TA -20
TA -21
C60N 32 A
Q_{IT305}
TA -22
C60N 20 A
Q_{IT306}
TC-19
INS80
Salida ramal izquierdo 1.º
Compensador activo
Batería de condensadores

L
6.4

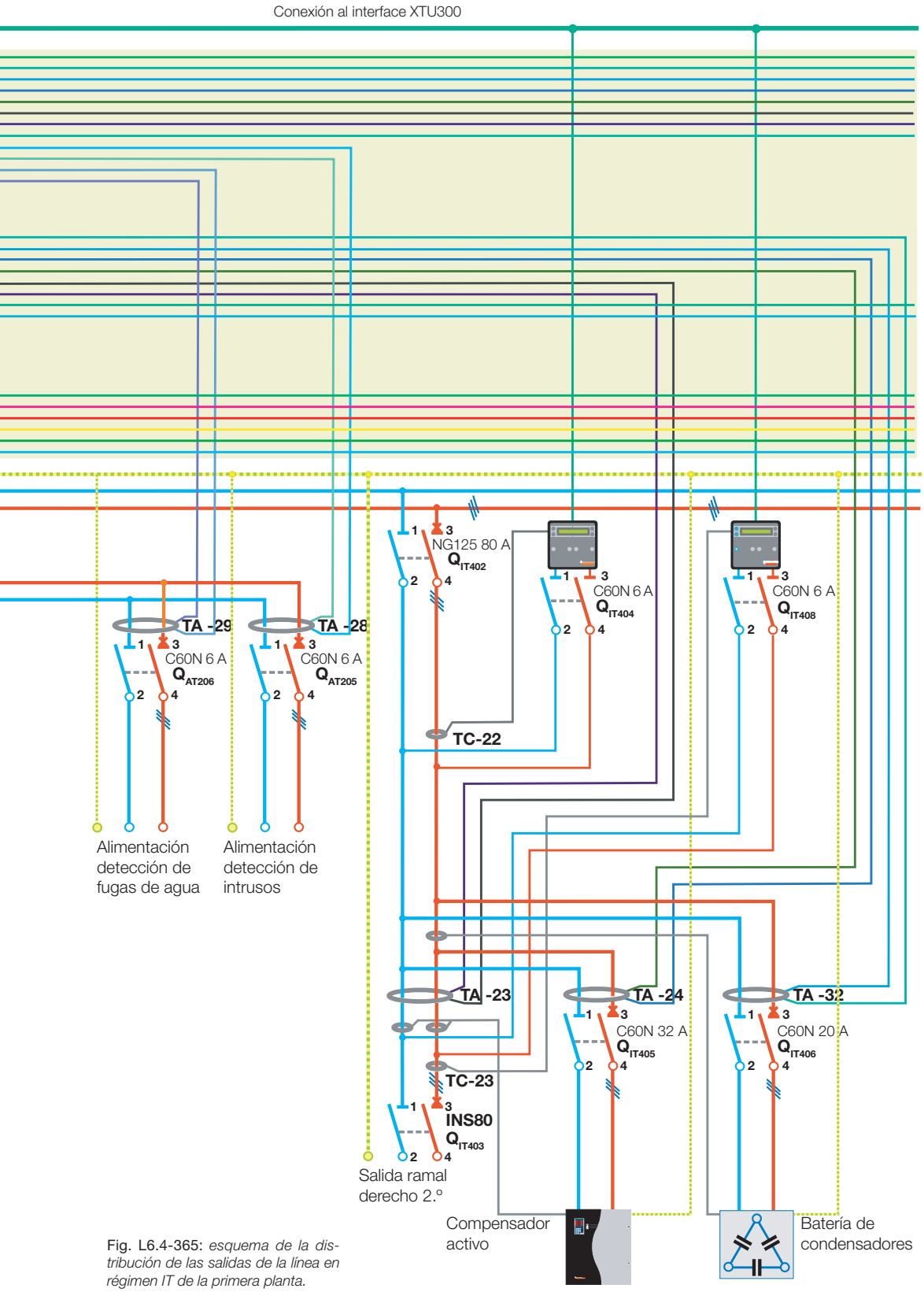
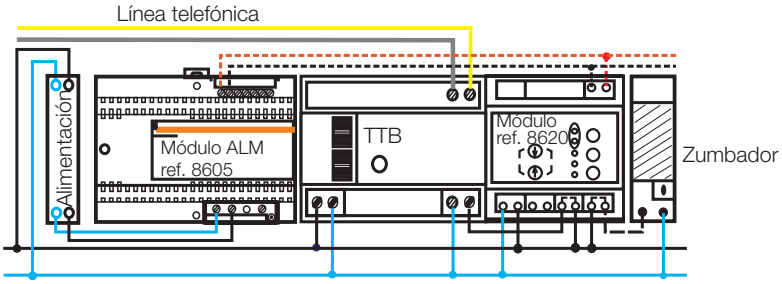


Fig. L6.4-365: *esquema de la distribución de las salidas de la línea en régimen IT de la primera planta.*

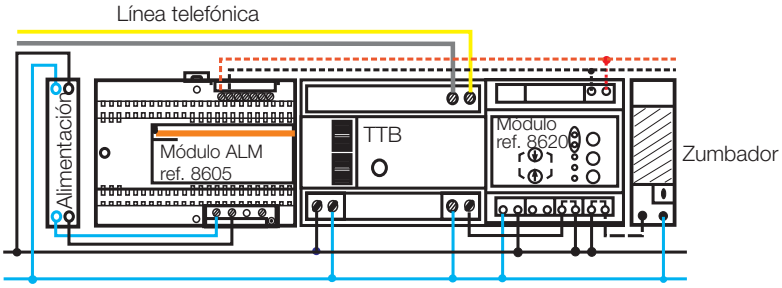
Alimentaciones de las salidas para las alarmas técnicas

Detección de humos

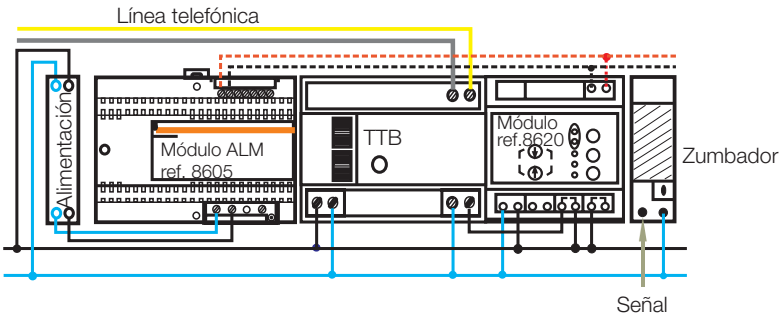
Ramal 1.º.



Ramal 2.º.



Detección de intrusos



Detección de fugas de agua

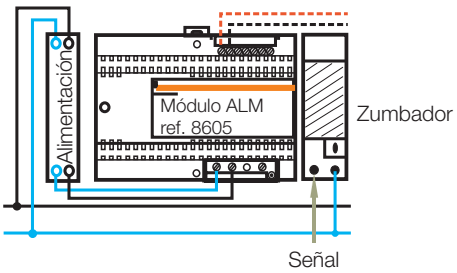


Fig. L6.4-366: *esquemas de las alimentaciones de las alarmas técnicas.*

Bus de comunicación control de aislamiento de la 2.ª planta

Ramal izquierdo 1.º

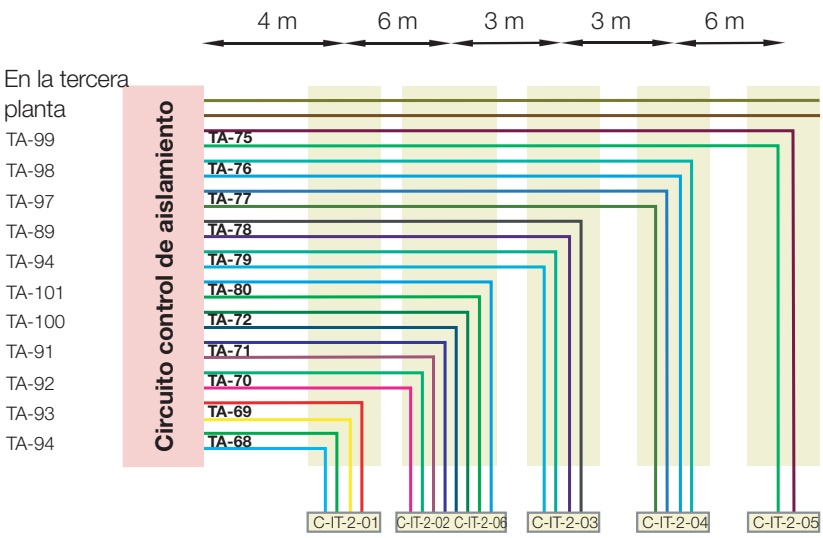


Fig. L6.4-367: *bus control de aislamiento ramal izquierdo 1.º.*

Ramal derecho 2.º

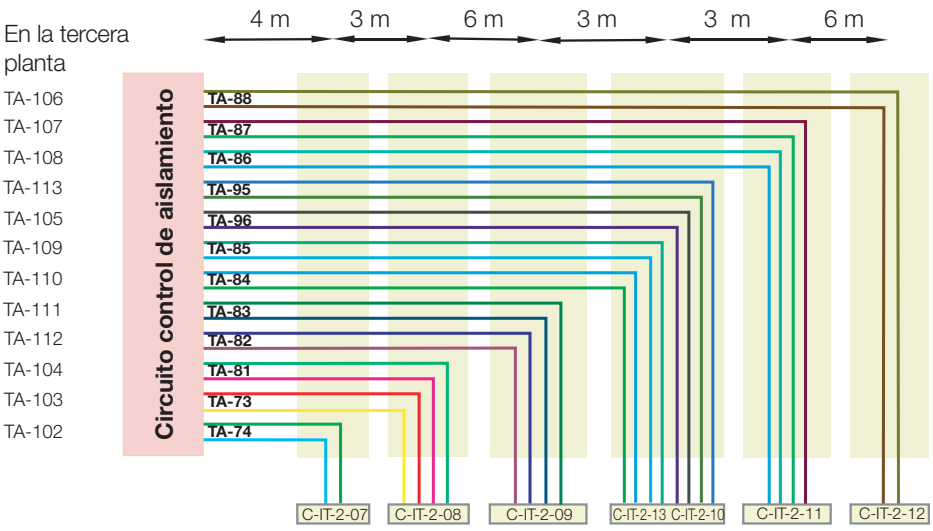


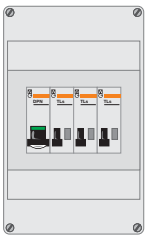
Fig. L6.4-368: *bus control de aislamiento ramal derecho 2.º.*

Cuadros secundarios de plantas

Cuadros secundarios que derivan del cuadro de distribución de la planta 1.ª (CDP 1.ª)

Red de régimen TT

En la red de conectores no disponemos de cuadros secundarios.
En la red de alumbrado disponemos de dos cuadros secundarios.
En la red de acondicionamiento disponemos de cuadros secundarios para cada carga.



C16

Los cuadros secundarios en el alumbrado

Cuadros secundarios alumbrado ramal 1.º

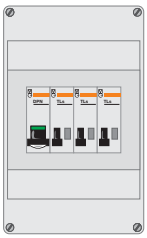
Disponemos del cuadro secundario C16, Fig. L6.4-094 (página L/859), que alimenta las cargas de alumbrado de la dependencia n.º 28 oficina central.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{I3}.
La potencia de la carga es:

$S_{I3-16} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 14{,}08_{(A)} = 3.238{,}4_{(A)}$.

$P_{I3-16} = S_{I3-16} \cdot \cos \varphi = 3.238{,}4_{(A)} \cdot 0{,}62 = 2.007{,}8_{(W)}$.

La intensidad es: $I_{I3-16} = \dfrac{P_{I3-16}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{2.007{,}8\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}62} = 14{,}08_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 37% para el 56,5% de las cargas. La tasa media es del 21%.
Intensidad fundamental + THDI = $14{,}08_{(A)} \cdot 1{,}21 = 17{,}04_{(A)}$.



C02

Cuadros secundarios alumbrado ramal 2.º

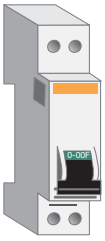
■ Disponemos del cuadro secundario C02, Fig. L6.4-135 (página L/884), que alimenta las cargas de alumbrado de la dependencia n.º 25 despacho D.
La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{I4}
La potencia de la carga es:

$S_{I4-02} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 14{,}08_{(A)} = 3.238{,}4_{(A)}$.

$P_{I4-02} = S_{I4-16} \cdot \cos \varphi = 3.238{,}4_{(A)} \cdot 0{,}62 = 2.007{,}8_{(W)}$.

La intensidad es: $I_{I4-02} = \dfrac{P_{I4-02}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{2.007{,}8\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}62} = 14{,}08_{(A)}$.

Tasa media de armónicos: THDI = 21%.
Intensidad fundamental + THDI = $14{,}08_{(A)} \cdot 1{,}21 = 17{,}04_{(A)}$.

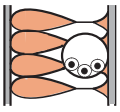


Q_{I3-16} y Q_{I4-02}

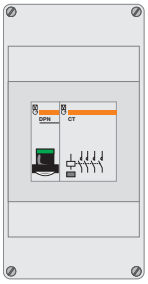
■ Aparamenta:

	Q_{I3-16}	Q_{I4-02}
□ Interruptores automáticos		
Modelo	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	3	3
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	20 A	20 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	18,56 A	18,56 A

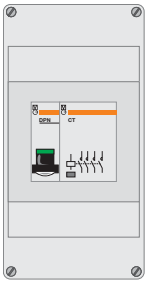
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



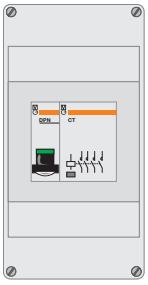
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen) tipo A C02. F. 2,5 mm^2 → 24 A



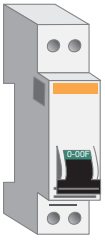
C28



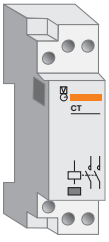
C27



C26



Q_{A3-28}, Q_{A3-27} y Q_{A3-26}



CT_{A3-28}, CT_{A3-27} y CTc_{A3-26}

Los cuadros secundarios en el acondicionamiento

Cuadros secundarios acondicionamiento ramal 1.º

■ Disponemos del cuadro secundario C28, Fig. L6.4-062 (página L/843), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 01 despacho. La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{A3-28} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

$P_{A3-28} = S_{A3-28} \cdot \cos \varphi = 437_{(A)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A3-28} = \dfrac{P_{A3-28}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{349{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario C27, Fig. L6.4-065 (página L/845), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 02 despacho. La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{A3-27} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

$P_{A3-27} = S_{A3-27} \cdot \cos \varphi = 437_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A3-27} = \dfrac{P_{A3-27}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{349{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario C26, Fig. L6.4-068 (página L/847), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 03 despacho. La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{A3-26} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}9_{(A)} = 667_{(VA)}$.

$P_{A3-26} = S_{A3-26} \cdot \cos \varphi = 667_{(A)} \cdot 0{,}8 = 533{,}6_{(W)}$.

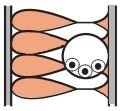
□ Intensidad: $I_{A3-26} = \dfrac{P_{A3-26}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{553{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 2{,}9_{(A)}$.

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	Q_{A3-28}	Q_{A3-27}	Q_{A3-26}
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ° C
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ° C
Intensidad nominal a 45 ºC (Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	2,75 A	2,75 A	5,60 A
□ Contactor tipo CT	CT_{A3-28}	CT_{A3-27}	CTc_{A3-26}
Calibre	16 A	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1+N	1+N

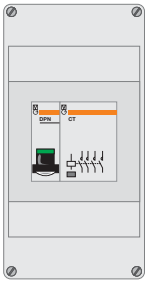
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255, del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm^2 → 12,5 A



■ Disponemos del cuadro secundario C24, Fig. L6.4-072 (página L/848), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 05 sala de visitas. La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:

L 6.4



C24

□ La potencia de la carga es:

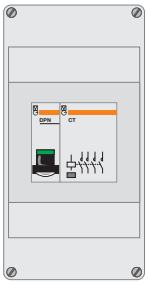
$S_{A3-24} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 4{,}1_{(A)} = 943_{(VA)}$.

$P_{A3-24} = S_{A3-24} \cdot \cos\varphi = 943_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 754{,}4_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A3-24} = \dfrac{P_{A3-24}}{U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{553{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 4{,}1\,(A)$.

■ Disponemos del cuadro secundario C23, Fig. L6.4-076 (página L/851), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 06 sala de reuniones.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:



C23

□ La potencia de la carga es:

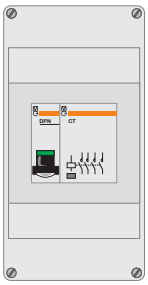
$S_{A3-23} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}9_{(A)} = 667_{(VA)}$.

$P_{A3-23} = S_{A3-23} \cdot \cos\varphi = 667_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 533{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A3-23} = \dfrac{P_{A3-23}}{U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{553{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 2{,}9\,(A)$.

■ Disponemos del cuadro secundario C22, Fig. L6.4-079 (página L/853), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 07 despacho.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:



C22

□ La potencia de la carga es:

$S_{A3-22} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

$P_{A3-22} = S_{A3-22} \cdot \cos\varphi = 437_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

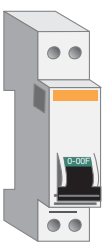
□ Intensidad: $I_{A3-22} = \dfrac{P_{A3-22}}{U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{349{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9\,(A)$.

■ Aparamenta:

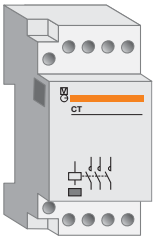
	Q_{A3-24}	Q_{A3-23}	Q_{A3-22}
□ Interruptores automáticos			
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	6 A	6 A	3 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC (Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	5,60 A	5,60 A	2,75 A
□ Contactor tipo CT	CT_{A3-28}	CT_{A3-27}	CTc_{A3-26}
Calibre	16 A	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1+N	1+N

Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

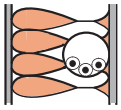
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm^2 → 12,5 A



Q_{A3-24}, Q_{A3-23} y Q_{A3-22}



CT_{A3-28}, CT_{A3-27} y CTc_{A3-26}



■ Disponemos del cuadro secundario C20, Fig. L6.4-084 (página L/855), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 9 vestidor.

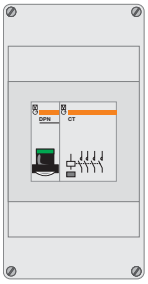
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:

□ La potencia de la carga es:

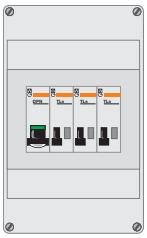
$S_{A3-20} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 4{,}1_{(A)} = 943_{(VA)}$.

$P_{A3-20} = S_{A3-20} \cdot \cos\varphi = 943_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 754{,}4_{(W)}$.

L
6.4



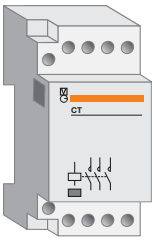
C20



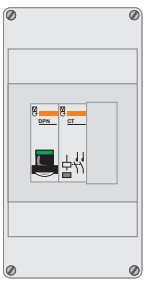
C18



Q_{A3-20}, Q_{A3-18} y Q_{V3-18}



CT_{A3-20}, CT_{A3-18} y CT_{V3-18}



C19

□ Intensidad: $I_{A3-20} = \frac{P_{A3-20}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{553{,}6\,_{(W)}}{230\,_{(V)} \cdot 0{,}8} = 4{,}1\,_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario C18, Fig. L6.4-089 (página L/857), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 11 servicio.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:
□ La potencia de la carga de acondicionamiento es:
$S_{A3-18} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.
$P_{A3-18} = S_{A3-18} \cdot \cos \varphi = 437_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A3-18} = \frac{P_{A3-18}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{349{,}6\,_{(W)}}{230\,_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9\,_{(A)}$.

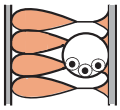
□ La potencia de la carga de ventilación es:
$S_{A3-18} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}6_{(A)} = 368_{(VA)}$.
$P_{A3-18} = S_{A3-18} \cdot \cos \varphi = 368_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 294{,}4_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A3-18} = \frac{P_{A3-18}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{294{,}4\,_{(W)}}{230\,_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}6\,_{(A)}$.

■ Aparamenta:

	Q_{A3-20}	Q_{A3-18}	Q_{V3-18}
□ Interruptores automáticos			
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	6 A	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	5,60 A	2,75 A	2,75 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 1.er Volumen)			
□ Contactor tipo CT	CT_{A3-20}	CT_{A3-18}	CT_{V3-18}
Calibre	16 A	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)			

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm^2 → 12,5 A

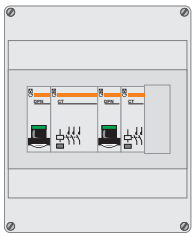


■ Disponemos del cuadro secundario C19, Fig. L6.4-087 (página L/857), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 10 pasillo.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:
□ La potencia de la carga es:
$S_{A3-19} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}4_{(A)} = 322_{(VA)}$.
$P_{A3-19} = S_{A3-19} \cdot \cos \varphi = 322_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 257{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A3-19} = \frac{P_{A3-19}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{257{,}6\,_{(W)}}{230\,_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}4\,_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario C15, Fig. L6.4-098 (página L/862), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 26 recepción.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A3}:
□ La potencia corresponde a dos cargas iguales, una carga es:
$S_{A3-15\ 1/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

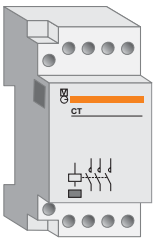
L 6.4



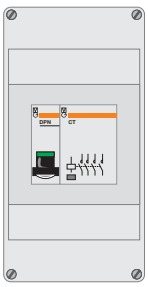
C15



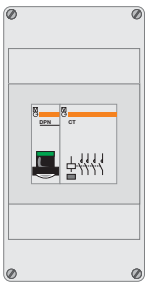
Q_{V3-19}, Q_{A3-15} y Q_{V3-15}



CT_{V3-19}, CT_{A3-15} y CT_{V3-15}



C14



C13

$P_{A3-15\ 1/2} = S_{A3-15\ 1/2} \cdot \cos \varphi = 437_{(A)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A3-15\ 1/2} = \dfrac{P_{A3-15\ 1/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{349{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9_{(A)}$.

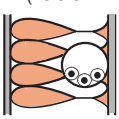
La segunda carga es igual a la primera.

■ Aparamenta:

	Q_{V3-19}	Q_{A3-15}	Q_{V3-15}
□ Interruptores automáticos			
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C (Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	2,75 A	2,75 A	2,75 A
	CT_{V3-19}	CT_{A3-15}	CT_{V3-15}
□ Contactor del tipo CT			
Calibre	16 A	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1+N	1+N

Tensión de mando 230...240 V CA (–15% +6%)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm^2 → 12,5 A



Cuadros secundarios acondicionamiento ramal 2.º

■ Disponemos del cuadro secundario C14, Fig. L6.4-101 (página L/865), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 24 despacho. La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{A4-14} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

$P_{A4-14} = S_{A3-14} \cdot \cos \varphi = 437_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A4-14} = \dfrac{P_{A3-14}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{349{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario C13, Fig. L6.4-103 (página L/865), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 23 despacho. La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}.

□ La potencia de la carga es:

$S_{A4-13} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

$P_{A4-13} = S_{A4-13} \cdot \cos \varphi = 437_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A4-13} = \dfrac{P_{A4-13}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{349{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9_{(A)}$.

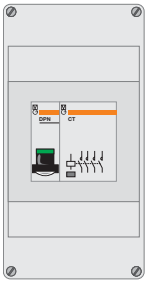
■ Disponemos del cuadro secundario C12, Fig. L6.4-106 (página L/867), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 22 sala de reuniones.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{A4-12} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}9_{(A)} = 667_{(VA)}$.

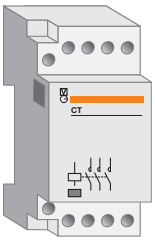
$P_{A4-12} = S_{A4-12} \cdot \cos \varphi = 667_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 533{,}6_{(W)}$.



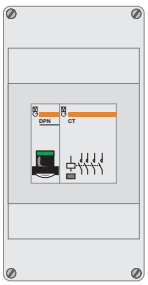
C12



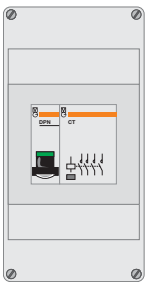
Q_{A4-14}, Q_{A4-13} y Q_{A4-12}



CT_{A4-14}, CT_{A4-13} y CT_{A4-12}



C10



C09

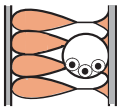
□ Intensidad: $I_{A4-12} = \frac{P_{A4-12}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{553{,}6_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 2{,}9_{(A)}$.

■ Aparamenta:

	Q_{A4-14}	Q_{A4-13}	Q_{A4-12}
□ Interruptores automáticos			
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,75 A	2,75 A	5,60 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
	CT_{A4-14}	CT_{A4-13}	CT_{A4-12}
□ Contactor tipo CT			
Calibre	16 A	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1+N	1+N

Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm^2 → 12,5 A



■ Disponemos del cuadro secundario C10, Fig. L6.4-112 (página L/871), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 20 sala de visitas.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{A4-10} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 4{,}1_{(A)} = 943_{(VA)}$.

$P_{A4-10} = S_{A4-10} \cdot \cos \varphi = 943_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 754{,}4_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A4-10} = \frac{P_{A4-10}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{553{,}6_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 4{,}1_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario C09, Fig. L6.4-115 (página L/873), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 19 despacho.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{A4-09} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

$P_{A4-09} = S_{A4-09} \cdot \cos \varphi = 437_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A4-09} = \frac{P_{A4-09}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{349{,}6_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario C08, Fig. L6.4-118 (página L/875), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 18 sala CPU.

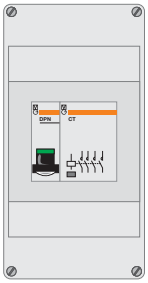
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}:

□ La potencia de la carga es:

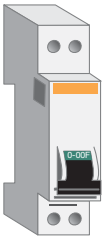
$S_{A4-08} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

$P_{A4-08} = S_{A4-08} \cdot \cos \varphi = 437_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

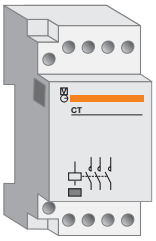
□ Intensidad: $I_{A4-08} = \frac{P_{A4-08}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{349{,}6_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9_{(A)}$.



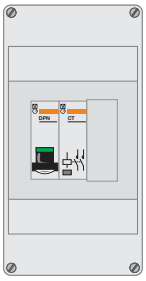
C08



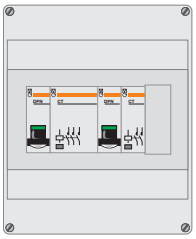
Q_{A4-10}, Q_{A4-09} y Q_{A4-08}



CT_{A4-10}, CT_{A4-09} y CT_{A4-08}



C07



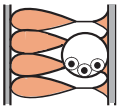
C05

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	Q_{A4-10}	Q_{A4-09}	Q_{A4-08}
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	6 A	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C (Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	5,60 A	2,75 A	2,75 A
□ Contactor tipo CT	CT_{A4-10}	CT_{A4-09}	CT_{A4-08}
Calibre	16	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1+N	1+N

Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm^2 → 12,5 A



■ Disponemos del cuadro secundario, Fig. C07, L6.4-120 (página L/875), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 17 sala SAI y batería.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{V4-07} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1,4_{(A)} = 322_{(VA)}$.

$P_{V4-07} = S_{V4-07} \cdot \cos \varphi = 322_{(VA)} \cdot 0,8 = 257,6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{V4-07} = \dfrac{P_{V4-07}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{257,6\,(W)}{230\,(V) \cdot 0,8} = 1,4\,(A)$.

■ Disponemos del cuadro secundario C05, Fig. L6.4-124 (página L/877), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 15 pasillo.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}.

□ La potencia de la carga es:

$S_{V4-05} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 4,1_{(A)} = 943_{(VA)}$.

$P_{A4-05} = S_{A4-05} \cdot \cos \varphi = 943_{(VA)} \cdot 0,8 = 754,4_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A4-05} = \dfrac{P_{A4-05}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{553,6\,(W)}{230\,(V) \cdot 0,8} = 4,1\,(A)$.

$S_{V4-05} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1,4_{(A)} = 322_{(VA)}$.

$P_{V4-05} = S_{V4-05} \cdot \cos \varphi = 322_{(VA)} \cdot 0,8 = 257,6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{V4-05} = \dfrac{P_{V4-05}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{257,6\,(W)}{230\,(V) \cdot 0,8} = 1,4\,(A)$.

■ Aparamenta:

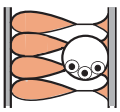
□ Interruptores automáticos	Q_{V4-07}	Q_{A4-05}	Q_{V4-05}
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	3 A	6 A	3 A

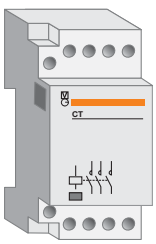


Q_{V4-07}, Q_{A4-05} y Q_{V4-05}

Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C (Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	2,75 A	5,60 A	2,75 A
□ Contactor tipo CT	CT_{V4-07}	CT_{A4-05}	CT_{V4-05}
Calibre	16 A	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)			

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm² → 12,5 A





CT_{V4-07}, CT_{A4-05} y CT_{V4-05}

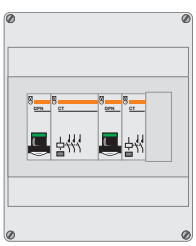
■ Disponemos del cuadro secundario C04, Fig. L6.4-130 (página L/881), que alimenta las cargas de acondicionamiento de la dependencia n.º 14 servicio 14. La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{A4-04} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}9_{(A)} = 437_{(VA)}$.

$P_{A4-04} = S_{A4-04} \cdot \cos \varphi = 437_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 349{,}6_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A4-04} = \dfrac{P_{A4-04}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{349{,}6\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}9_{(A)}$.



C04

$S_{V4-04} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}6_{(A)} = 368_{(VA)}$.

$P_{V4-04} = S_{V4-04} \cdot \cos \varphi = 368_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 294{,}4_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{V4-04} = \dfrac{P_{V4-04}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{294{,}4\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}6_{(A)}$.

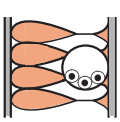
■ Aparamenta:

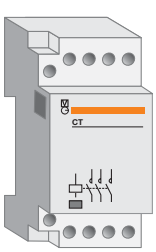


Q_{A4-04} y Q_{V4-04}

□ Interruptores automáticos	Q_{A4-04}	Q_{V4-04}
Modelo	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C (Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	2,75 A	2,75 A
□ Contactor tipo CT	CT_{A4-04}	CT_{V4-04}
Calibre	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1+N
Tensión de mando 230...240 V CA (–15% +6%)		

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm² → 12,5 A





CT_{A4-04} y CT_{V4-04}

Cuadros secundarios acondicionamiento ramal 3.º

■ Disponemos del cuadro secundario C06, Fig. L6.4-126 (página L/879), que alimenta las cargas del cuadro secundario de acondicionamiento de la dependencia n.º 16 sala acondicionamiento.

La alimentación deriva del ramal 3.º y por tanto del interruptor automático Q_{A5}.

Las cargas del cuadro las subdividiremos en dos grupos, comandados por dos interruptores automáticos con protecciones diferenciales Q_{A5-1} y Q_{A5-2}:

L 6.4

■ Grupo 1.º:

□ Alimentación A01 bomba de calor 1.

Potencia:

$S_{A01} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 54_{(A)} = 37.368_{(VA)}$.

$P_{A01} = S_{A01} \cdot \cos \varphi = 37.368_{(VA)} \cdot 0{,}86 = 32.136{,}48_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{A01} = \frac{P_{A01}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{32.136{,}48\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}86} = 54_{(A)}.$$

□ Alimentación A02 bomba B1 para la circulación de agua.

Potencia:

$S_{A02} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 1{,}6_{(A)} = 1.107{,}2_{(VA)}$.

$P_{A02} = S_{A02} \cdot \cos \varphi = 1.107{,}2_{(VA)} \cdot 0{,}75 = 830{,}4_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{A02} = \frac{P_{A02}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{830{,}4\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}75} = 1{,}6_{(A)}.$$

□ Alimentación A05 bomba B3 para la circulación de agua en los fancoils de la línea 1.ª.

Potencia:

$S_{A05} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 2_{(A)} = 1.384_{(VA)}$.

$P_{A05} = S_{A05} \cdot \cos \varphi = 1.384_{(VA)} \cdot 0{,}75 = 1.038_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{A05} = \frac{P_{A05}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{1.038\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}75} = 2_{(A)}.$$

□ Alimentación de la maniobra sector M01.

Potencia:

$S_{M01} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}9_{(A)} = 667_{(VA)}$.

$P_{M01} = S_{M01} \cdot \cos \varphi = 667_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 533{,}6_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{M01} = \frac{P_{M01}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{553{,}6\ (W)}{230\ (V) \cdot 0{,}8} = 2{,}9_{(A)}.$$

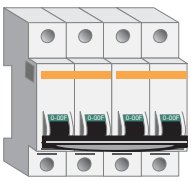
□ Control ramal 1.º del cuadro secundario de acondicionamiento C06:

$S_{5-1} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 58{,}567_{(A)} = 40.528{,}132_{(VA)}$.

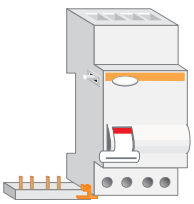
$P_{5-1} = S_{5-1} \cdot \cos \varphi = 40.528{,}132_{(VA)} \cdot 0{,}85 = 34.448{,}912_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{5-1} = \frac{P_{5-1}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{34.448{,}912\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}85} = 58{,}566_{(A)}.$$

■ El grupo 2.º es idéntico al grupo 1.º.



Q_{A01}, Q_{A02} y Q_{A03}



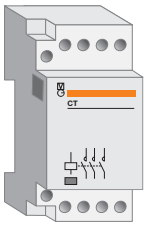
ID_{A01}, ID_{A02} y ID_{A03}

■ Aparamenta:

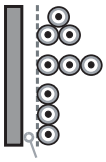
□ Interruptores automáticos	Q_{A01}	Q_{A02}	Q_{A03}
Modelo	C60N Vigi superinmunizados		
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	4
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	63 A	6 A	3 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	56,70 A	5,60 A	2,75 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

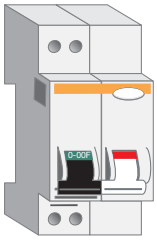
□ Bloque diferencial	ID_{A01}	ID_{A02}	ID_{A03}
Clase	"si"	"si"	"si"
Sensibilidad IΔn	30 mA	30 mA	30 mA



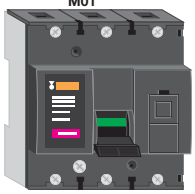
CT_{A01}, CT_{A02} y CT_{A03}



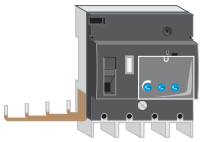
F



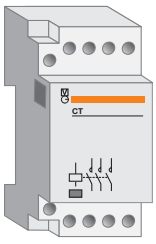
Q_{M01}



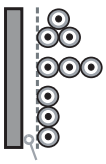
Q_{A5-1}



ID_{A5-1} Vigi



CT_{A01}



F

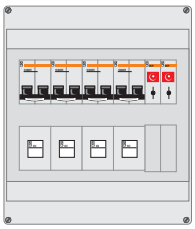
Inmunidad a disparos intempestivos			
hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	3.000 A	3.000 A
□ Contactor tipo CT	**CT_{A01}**	**CT_{A02}**	**CT_{A03}**
Calibre	63 A	16 A	16 A
Número de polos	3	4	3
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen)			
tipo XLPE 3x. F. 16 mm^2 →	105 A		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →		24 A	24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96			
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75			
Intensidad real de circulación			
= 91 A · 0,96 · 0,75 =	75,6 A		
= 21 A · 0,96 · 0,75 =		17,28 A	17,28 A
□ Interruptores automáticos	**Q_{M01}**	**$Q_{A5-1/A5-2}$**	
Modelo Vigi superinmunizados	DPN N	NG125	
Categoría de empleo	A	A	
Número de polos	1+N	4	
Poder de corte (kA)	6	25	
Característica de desconexión	C	C	
Intensidad nominal	6 A	80 A	
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	
Intensidad nominal a 45 °C	5,60 A	75 A	
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Bloque diferencial	**ID_{M01} Vigi**	**$ID_{A5-1/A5-2}$ Vigi**	
Clase	"si"	"si" S	
Sensibilidad IΔn	30 mA	300 mA	
		Vigi G125	
Retardo		60 ms	
Inmunidad a disparos intempestivos			
hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	5.000 A	
□ Contactor tipo CT	**CT_{A01}**		
Calibre	16 A		
Número de polos	1		
Tensión de mando 230...240 V CA (–15% +6%)			
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen)			
tipo XLPE 3x. F. 16 mm^2 →		105 A	
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →	24 A		
Coeficiente térmico K_T = 0,96			
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75			
Intensidad real de circulación			
= 91 A · 0,96 · 0,75 =		75,6 A	
= 21 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A		

Red de régimen IT

Cuadros secundarios de la línea de distribución n.º 2

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-01, Fig. L6.4-140 (página L/889), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 25 despacho secretaría.

L 6.4



C-IT-01

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{202}.
La distribución de las salidas para alimentar las cargas es:
□ Salida IT-01-1.
Potencia:
$S_{202-01-1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 6{,}9_{(A)} = 1.587_{(VA)}$.
$P_{202-01-1} = S_{202-01-1} \cdot \cos \varphi = 1.587_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.110{,}9_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{202-01-1} = \frac{P_{202-01-1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{1.110{,}9\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 6{,}9_{(A)}.$$

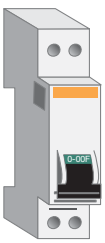
Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $6{,}9_{(A)} \cdot 1{,}93 = 13{,}32_{(A)}$.
□ Las salidas IT-01-2 y IT-01-3 son iguales.
Potencia:
$S_{202-01-2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}3 = 759_{(VA)}$.
$P_{202-01-2} = S_{202-01-2} \cdot \cos \varphi = 759_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 531{,}3_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{202-01-2} = \frac{P_{202-01-2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{531{,}3\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 3{,}3_{(A)}.$$

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3{,}3_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}37_{(A)}$.
□ Salida IT-01-4.
Potencia:
$S_{202-01-4} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 4{,}05_{(A)} = 931{,}5_{(VA)}$.
$P_{202-01-4} = S_{202-01-4} \cdot \cos \varphi = 931{,}5_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 652{,}05_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{202-01-4} = \frac{P_{202-01-4}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{652{,}05\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 4{,}05_{(A)}.$$

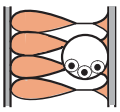
Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $4{,}05_{(A)} \cdot 1{,}93 = 7{,}82_{(A)}$.

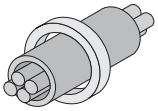


$Q_{202-01-1}$, $Q_{202-01-2\ o\ 3}$ y $Q_{202-01-4}$

■ Aparamenta:

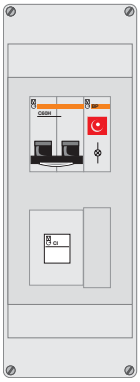
	$Q_{202-01-1}$	$Q_{202-01-2\ o\ 3}$	$Q_{202-01-4}$
□ Interruptores automáticos			
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	16 A	20 A	20 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	14,82 A	18,56 A	18,56 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen)			
tipo A C02. F. 1,5 mm² →	17,5 A		
tipo A C01. F. 1,5 mm² →		12,5 A	12,5 A
□ Núcleo toroidal	**TA-40**	**TA-48/47**	**TA-46**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30





TA-40, TA-48/47 y TA-46

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-03, Fig. L.6.4.146 (página L/893), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 19 despacho.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{202}:



C-IT-03

□ Potencia:

$S_{202-03} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}65_{(A)} = 839{,}5_{(VA)}$.

$P_{202-03} = S_{202-03} \cdot \cos \varphi = 839{,}5_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 587{,}65_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{202-03} = \dfrac{P_{202-3(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{587{,}65\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 3{,}65_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $3{,}65_{(A)} \cdot 1{,}93 = 7{,}05_{(A)}$.



C-IT-04

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-04, Fig. L6.4-151 (página L/893), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 20 sala de visitas.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{202}:

□ Potencia:

$S_{202-04} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}3_{(A)} = 759_{(VA)}$.

$P_{202-04} = S_{202-04} \cdot \cos \varphi = 759_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 531{,}3_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{202-04} = \dfrac{P_{202-4(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{531{,}3\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 3{,}3_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $3{,}3_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}37_{(A)}$.



C-IT-05

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-05, L6.4-151 (página L/893), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 21 Sala de visitas.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{202}:

□ Potencia:

$S_{202-05} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}3_{(A)} = 759_{(VA)}$.

$P_{202-05} = S_{202-05} \cdot \cos \varphi = 759_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 531{,}3_{(W)}$.

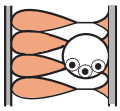
□ Intensidad: $I_{202-05} = \dfrac{P_{202-5(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{531{,}3\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 3{,}3_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $3{,}3_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}37_{(A)}$.



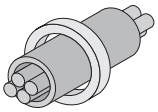
Q_{202-03}, Q_{202-04} y Q_{202-05}



■ Aparamenta:

	Q_{202-03}	Q_{202-04}	Q_{202-05}
□ Interruptores automáticos			
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	10 A	10 A	10 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	9,17 A	9,17 A	9,17 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):			
tipo A C01. F. 1,5 mm² →	12,5 A	12,5 A	12,5 A
□ Núcleo toroidal	**TA-45**	**TA-44**	**TA-43**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30

L
6.4



TA-45, TA-44 y TA-43



C-IT-06



C-IT-07



C-IT-08



Q_{202-06}, Q_{202-07} y Q_{202-08}

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-06, Fig. L6.4-154 (página L/894), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 22 sala de reuniones.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{202}:
□ Potencia:
$S_{202-06} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 12{,}25_{(A)} = 2.817{,}5_{(VA)}$.
$P_{202-06} = S_{202-06} \cdot \cos \varphi = 2.817{,}5_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.972{,}25_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{202-06} = \dfrac{P_{202-6(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.972{,}25\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 12{,}25\,(A)$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $12{,}25_{(A)} \cdot 1{,}93 = 23{,}65_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-07, Fig. L6.4-157 (página L/895), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 23 despacho.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{202}:
□ Potencia:
$S_{202-07} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}35_{(A)} = 770{,}5_{(VA)}$.
$P_{202-07} = S_{202-07} \cdot \cos \varphi = 770{,}5_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 539{,}35_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{202-07} = \dfrac{P_{202-7(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{539{,}35\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 3{,}35\,(A)$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3{,}35_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}47_{(A)}$.

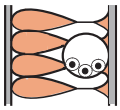
■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-08, Fig. L6.4-160 (página L/896), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 24 sala de reuniones.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{202}:
□ Potencia:
$S_{202-08} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}3_{(A)} = 759_{(VA)}$.
$P_{202-08} = S_{202-08} \cdot \cos \varphi = 759_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 531{,}3_{(W)}$.

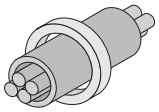
□ Intensidad: $I_{202-08} = \dfrac{P_{202-8(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{531{,}3\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 3{,}3\,(A)$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3{,}3_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}37_{(A)}$.

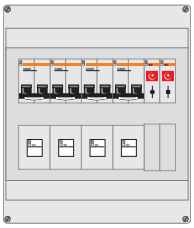
■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	Q_{202-06}	Q_{202-07}	Q_{202-08}
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	32 A	10 A	10 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	29,45 A	9,45 A	9,45 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen)			
tipo A C02. F. 1,5 mm² →		17,5 A	17,5 A
tipo A C02. F. 6 mm² →	32 A		





TA-42, TA-41 y TA-49



C-IT-10

□ Núcleo toroidal	**TA-42**	**TA-41**	**TA-49**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30

Cuadros secundarios de la línea de distribución n.º 1

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-10, Fig. L6.4-166 (página L/899), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 28 despacho secretaría.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{102}

La distribución de las salidas para alimentar las cargas es:

□ Salida IT-02-10/1.

Potencia:

$S_{102-10} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 6{,}9_{(A)} = 1.587_{(VA)}$.

$P_{102-10} = S_{102-10} \cdot \cos \varphi = 1.587_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.110{,}9_{(W)}$.

Intensidad: $I_{102-10} = \dfrac{P_{102-10(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.110{,}9\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 6{,}9_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $6{,}9_{(A)} \cdot 1{,}93 = 13{,}31_{(A)}$.

□ La salida IT-02-10/2 es igual a la salida IT-02-10/3.

Potencia:

$S_{102-10/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}8_{(A)} = 874_{(VA)}$.

$P_{102-10/2} = S_{102-10} \cdot \cos \varphi = 874_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 611{,}8_{(W)}$.

Intensidad: $I_{102-10/2} = \dfrac{P_{102-10/2(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{611{,}8\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 3{,}8_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $3{,}8_{(A)} \cdot 1{,}93 = 7{,}34_{(A)}$.

□ Salida IT-02-10/4.

Potencia:

$S_{102-10/4} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 4{,}61_{(A)} = 1.060{,}3_{(VA)}$.

$P_{102-10/4} = S_{102-10/4} \cdot \cos \varphi = 1.060{,}3_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 742{,}21_{(W)}$.

Intensidad: $I_{102-10/4} = \dfrac{P_{102-10/4(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{742{,}21\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 4{,}61_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $4{,}61_{(A)} \cdot 1{,}93 = 8{,}9_{(A)}$.

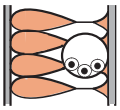


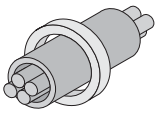
$Q_{102-10/1}$, $Q_{102-10/2 \text{ o } 3}$ y $Q_{102-10/4}$

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	**$Q_{102-10/1}$**	**$Q_{102-10/2\ 0\ 3}$**	**$Q_{102-10/4}$**
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	16 A	10 A	10 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	14,82 A	9,45 A	9,45 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):			
tipo A C02. F. 1,5 mm² →	17,5 A	17,5 A	17,5 A
□ Núcleo toroidal	**TA-51**	**TA-52/53**	**TA-54**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30

L 6.4



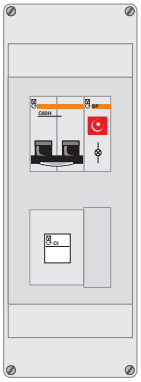


TA-51, TA-52/53 y TA-54

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-09, Fig. L6.4-163 (página L/897), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 26 vestíbulo.
La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{102}:
□ Potencia:
$S_{102-09} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 9{,}2_{(A)} = 2.116_{(VA)}$.
$P_{102-09} = S_{102-09} \cdot \cos \varphi = 2.116_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1{,}48_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{102-09} = \dfrac{P_{102-09(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.481{,}2\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 9{,}2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $9{,}2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 17{,}76_{(A)}$.

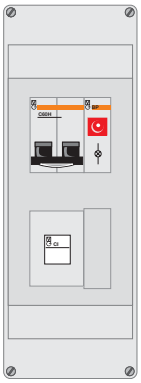


C-IT-09

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-11, Fig. L6.4-169 (página L/900), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 07 despacho.
La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{102}:
□ Potencia:
$S_{102-11} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}34_{(A)} = 768{,}2_{(VA)}$.
$P_{102-11} = S_{102-11} \cdot \cos \varphi = 768{,}2_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 537{,}74_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{102-11} = \dfrac{P_{102-11(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{537{,}74\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 3{,}34_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3{,}34_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}45_{(A)}$.

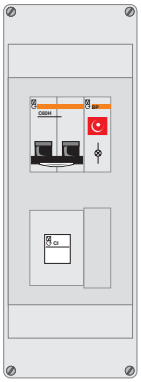


C-IT-11

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-12, Fig. L6.4-172 (página L/901), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 06 sala de reuniones.
La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{102}:
□ Potencia:
$S_{102-12} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 12{,}22_{(A)} = 2.810{,}6_{(VA)}$.
$P_{102-12} = S_{102-12} \cdot \cos \varphi = 2.810{,}6_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.967{,}42_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{102-12} = \dfrac{P_{102-12(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.967{,}42\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 12{,}22\ (A)$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $12{,}22_{(A)} \cdot 1{,}93 = 23{,}59_{(A)}$.



C-IT-12

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	Q_{102-09}	Q_{102-11}	Q_{102-12}
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	20 A	10 A	32 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	18,56 A	9,45 A	29,45 A

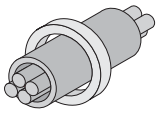
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo A C02. F. 1,5 mm^2 →		17,5 A	
tipo A C02. F. 2,5 mm^2 →	24 A		
tipo A C02. F. 4 mm^2 →			32 A

Q_{103-03}, Q_{103-04} y Q_{103-05}





TA-50, TA-455 y TA-56

□ Núcleo toroidal Tipo A	**TA-50**	**TA-55**	**TA-56**
	TA-30	TA-30	TA-30

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-13, Fig. L6.4-177 (página L/902), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 05 sala de visitas.
La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{102}:
□ Potencia:

$S_{102-13} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}3_{(A)} = 759_{(VA)}$.
$P_{102-13} = S_{102-13} \cdot \cos \varphi = 759_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 531{,}3_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{102-13} = \dfrac{P_{102-13(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{531{,}3\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 3{,}3_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3{,}3_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}4_{(A)}$.



C-IT-13

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-14, Fig. L6.4-177 (página L/902), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 04 sala de visitas.
La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{102}.
□ Potencia:

$S_{102-14} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}3_{(A)} = 759_{(VA)}$.
$P_{102-14} = S_{102-14} \cdot \cos \varphi = 759_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 531{,}3_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{102-14} = \dfrac{P_{102-14(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{531{,}3\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 3{,}3_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3{,}3_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}37_{(A)}$.



C-IT-14

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-15, Fig. L6.4-179 (página L/903), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 03 sala de reuniones.
La alimentación deriva del ramal 2.º y portanto del interruptor automático Q_{102}.
□ Potencia:

$S_{102-15} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 12{,}28_{(A)} = 2.824{,}4_{(VA)}$.
$P_{102-15} = S_{102-15} \cdot \cos \varphi = 2.824{,}4_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.977{,}8_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{102-15} = \dfrac{P_{102-15(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.977{,}08\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 12{,}28\,(A)$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $12{,}28_{(A)} \cdot 1{,}93 = 23{,}70_{(A)}$.



C-IT-15

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	**Q_{102-13}**	**Q_{102-14}**	**Q_{102-15}**
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	10 A	10 A	32 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	9,45 A	9,45 A	29,45 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

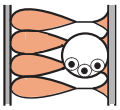
L 6.4

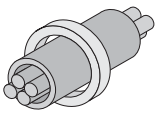
$Q_{102\text{-}13}$
$Q_{102\text{-}14}$
$Q_{102\text{-}15}$



- Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo A C02. F. 1,5 mm² →	17,5A	17,5A	
tipo A C02. F. 4 mm² →			32A
Núcleo toroidal	**TA-64**	**TA-63**	**TA-62**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30





TA-64, TA-63 y TA-62

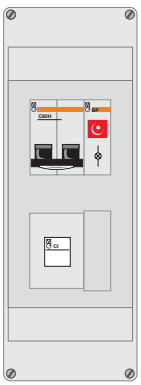
■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-16, Fig. L6.4-182 (página L/904), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 02 despacho.
La alimentación deriva del ramal 2.º y portanto del interruptor automático Q_{102}:

- Potencia:

$S_{102-16} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}32_{(A)} = 763{,}6_{(VA)}$.
$P_{102-16} = S_{102-16} \cdot \cos\varphi = 736{,}6_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 534{,}52_{(W)}$.

- Intensidad: $I_{102-16} = \dfrac{P_{102-16(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{534{,}52\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 3{,}32_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3{,}32_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}40_{(A)}$.



C-IT-16

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-17, Fig. L6.4-186 (página L/906), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 01 despacho.
La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{102}:

- Potencia:

$S_{102-17} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}32_{(A)} = 763{,}6_{(VA)}$.
$P_{102-17} = S_{102-17} \cdot \cos\varphi = 736{,}6_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 534{,}52_{(W)}$.

- Intensidad: $I_{102-17} = \dfrac{P_{102-17(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{534{,}52\,(W)}{230\,(V) \cdot 0{,}7} = 3{,}32_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3{,}32_{(A)} \cdot 1{,}93 = 6{,}40_{(A)}$.

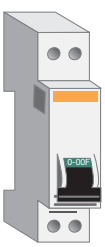


C-IT-17

■ Aparamenta:

Interruptores automáticos	**$Q_{102\text{-}16}$**	**$Q_{102\text{-}17}$**
Modelo	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	10 A	10 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	9,45 A	9,45 A

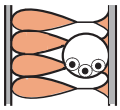
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

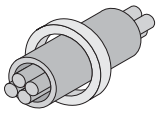


$Q_{102\text{-}16}$
$Q_{102\text{-}17}$

- Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo A C02. F. 1,5 mm² →	17,5 A	17,5 A
Núcleo toroidal	**TA-61**	**TA-60**
Tipo A	TA-30	TA-30





TA-61, TA-60

Cuadros secundarios de la línea de distribución n.º 2, 2.ª

■ Disponemos del cuadro secundario C-IT-02, Fig. L6.4-143 (página L/891), que alimenta las cargas de informática, alarmas técnicas y alumbrado de reemplazamiento de la dependencia n.º 18 sala CPU-G.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{203}.

La distribución de las salidas para alimentar las cargas es:

□ Salida IT-02-1.

Potencia:

$I_{203–02–01} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 19_{(A)} = 13.148_{(VA)}$.

$P_{203–02–01} = S_{203–02–01} \cdot \cos \varphi = 13.148_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 9.203{,}6_{(W)}$.

Intensidad: $I_{203–02–01} = \dfrac{P_{203–02–01(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{9.203{,}6\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}7} = 19_{(A)}$.

Intensidad de los armónicos THDI = 93%:

$THDI = 0{,}93 \cdot I_{103–02–01} = 0{,}93 \cdot 19_{(A)} = 17{,}67_{(A)}$.

Intensidad fundamental + $THDI = 1{,}93 \cdot I_{203–02–01} = 1{,}93 \cdot 19_{(A)} = 36{,}67_{(A)}$.

Protegido por el interruptor automático $Q_{203-02-1/1}$.

– Compensador activo de armónicos.

Con un compensador activo compensaremos sobradamente los armónicos. 17,67 A · 1,2 = 21,20 A (1,2 = coeficiente de esponjamiento).

Según la Tabla K4-125, página K4/320 del 4.º Volumen, necesitamos para la protección del compensador activo en régimen IT con el neutro distribuido un Compact con relé electrónico, regulado a $2 \cdot I_r$ y un bloque Vigi Compact. Pero para una intensidad de 17,67 A en tasa THDI podemos aplicar otras soluciones. En nuestro caso sólo tenemos 17,67 A de tasa THDI. Se acostumbran generar crestas en los armónicos del orden de 2,8 veces la nominal, por tanto estamos considerando intensidades de cresta del orden de los 50 A. Un C60N de 63 A es suficiente.

Protegido por el interruptor automático $Q_{203-02-1/3}$.

– Compensación del factor de potencia.

Factor de potencia medio: $\cos \varphi = 0{,}7$.

Si deseamos compensar hasta un $\cos \varphi = 0{,}98$, según la Tabla E5-003, página E/49 del 1.er Volumen, debemos multiplicar por 0,811 la potencia activa.

Potencia activa total: $9.203{,}6_{(W)}$.

Potencia reactiva total:

$Q_{203-02-01} = 0{,}811 \cdot P_{203–02–01} = 0{,}811 \cdot 9.203{,}6_{(W)} = 7.464{,}12_{(kVAr)}$.

Batería de condensadores, clase H de 7,4 kVAr a 400 V. Escalones 1, con dos módulos de 3,7 kVAr = 7,4 kVAr.

$$I_{(Ar)} = \frac{Q_{203–02–01(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \frac{7{,}4_{(kVAr)}}{1{,}73 \cdot 400\ (V)} = 10{,}7_{(Ar)}.$$

Potencia activa después de la compensación de armónicos y factor de potencia:

$P_{203–02–01} = S_{203–02–01} \cdot \cos \varphi = 13.148_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 12.885{,}04_{(W)}$.

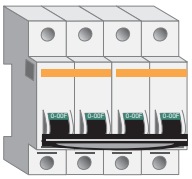
– Intensidad: $I_{203–02–01} = \dfrac{P_{203–02–01(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{12.885{,}04\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}98} = 19_{(A)}$.

Protegido por el interruptor automático $Q_{203-02-1/2}$.

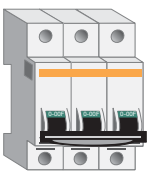
– Control de calidad y el consumo de la energía en la derivación.

Controlador de la calidad y medida del consumo, por medio de dos centrales de medida, una a la alimentación de la carga y otra antes de la alimentación del compensador activo y la batería.

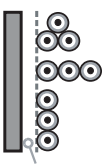
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red. Protegidas por los interruptores automáticos $Q_{203\text{-}02\text{-}1/4}$ y $Q_{203\text{-}02\text{-}1/5}$.



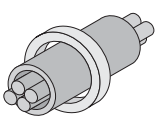
$Q_{203\text{-}02\text{-}1/1}$, $Q_{203\text{-}01\text{-}1/3}$



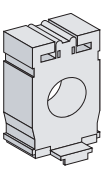
$Q_{203\text{-}02\text{-}1/2}$



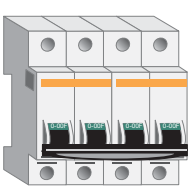
F



TA-59/65, TA-58 y TA-57



$TI_{103\text{-}02\text{-}1/2}$, $T_{I103\text{-}02\text{-}1/3}$



$Q_{203\text{-}02\text{-}1/4}$, $Q_{203\text{-}02\text{-}1/5}$

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos

	$Q_{203\text{-}02\text{-}1/1}$	$Q_{203\text{-}02\text{-}1/2}$	$Q_{203\text{-}01\text{-}1/3}$
Modelo	C60N	C60L	C60N
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	3+N	3	3+N
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	B
Intensidad nominal	50 A	20 A	50
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	45,50 A	19,40 A	48,50 A

(Tabla. H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

	$Q_{203\text{-}02\text{-}1/1}$	$Q_{203\text{-}02\text{-}1/2}$	$Q_{203\text{-}01\text{-}1/3}$
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² →		33 A	
tipo XLPE 3x. F. 6 mm² →	57 A		57 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96			
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75			
Intensidad real de circulación			
= 33 A · 0,96 · 0,75 =		23,76 A	
= 24 A · 0,96 · 0,75 =	41,04 A		41,04 A

□ Núcleo toroidal control aislamiento

	TA-59/65	**TA-58**	**TA-57**
Tipo A	TA -30	TA -30	TA -30

□ Transformador de intensidad

		$TI_{103\text{-}02\text{-}1/2}$	$TI_{103\text{-}02\text{-}1/3}$
Cantidad		1 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In		40 A	40 A
Corriente del secundario		5 A	5A
Sobrecarga permanente		1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo		–5 a+55 ºC	–5 a+55 ºC

□ Conexiones caja cuadro
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):
Tipo A C02. F. 4 mm² → | 32 A

□ Control de calidad y el consumo de la energía en la derivación, desde dos puntos, en la derivación y en la carga

□ Interruptor automático

	$Q_{203\text{-}02\text{-}1/4}$	$Q_{203\text{-}02\text{-}1/5}$
Modelo	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	2,7 A	2,7 A

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

	$Q_{103\text{-}02\text{-}1/4}$	$Q_{103\text{-}02\text{-}1/5}$
Tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →	24 A	24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96		
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75		
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A	17,28 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

■ Salida IT-02-2

Potencia:

$S_{203\text{–}02\text{–}2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}34_{(A)} = 538{,}2_{(VA)}$.

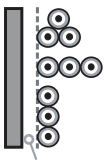
$P_{203\text{–}02\text{–}2} = S_{203\text{–}02\text{–}2} \cdot \cos\varphi = 538{,}2_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 376{,}74_{(W)}$.

Intensidad: $I_{203\text{–}02\text{–}01} = \dfrac{P_{203\text{–}02\text{–}01(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{376{,}74\,(W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 2{,}34_{(A)}$.

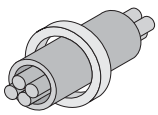
Protegido por el interruptor automático $Q_{203\text{-}02\text{-}2}$.



$Q_{203\text{-}02\text{-}2}$



F



TA-60

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	$Q_{203\text{-}02\text{-}2}$
Modelo	DPN
Categoría de empleo	A
Número de polos	1+N
Poder de corte (kA)	4,5
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	5,60 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

	$Q_{203\text{-}02\text{-}2}$
Tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →	24A
Coeficiente térmico K_T = 0,96	
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75	
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A

□ Núcleo toroidal	**TA-60**
Tipo A	TA-30

Cuadros de distribución de plantas

Primera planta (CDP 1.ª)

La energía suministrada por la alimentación se subdivide en dos redes, una en régimen TT y otra en régimen IT.

Desde la red de régimen TT se alimentarán todas las cargas excepto las correspondientes al uso informático.

Desde la red de régimen IT se alimentarán todas las cargas informáticas, las de alumbrado de reemplazamiento, las alarmas técnicas y la central telefónica.

El alumbrado de seguridad queda limitado al alumbrado de evacuación con puntos luz autónomos, que se activan a la falta de tensión en el alumbrado general.

Red en régimen TT

Queda reducida a la alimentación de la línea de conectores, alumbrado, acondicionamiento y ventilación.

Clasificación de las cargas 1.ª planta					
	K	Cos φ	I (A) Fase		
			L1	L2	L3
Conectores	0,6	0,8	**32,2**	**33,1**	**33**
Ramal izquierdo 1.º			16,2	17	16,7
Ramal derecho 2.º			16	16,1	16,3
Alumbrado	1	0,61	**37,44**	**37,21**	**36,81**
Ramal izquierdo 1.º			18,66	19,44	18,72
Ramal derecho 2.º			18,78	17,77	18,09
Acondicionamiento	1	0,8	**129,9**	**131**	**129,8**
Ramal izquierdo 1.º			8,9	9,8	6,7
Ramal derecho 2.º			5,8	6	7,9
Ramal C. D. Acondicionamiento			115,2	115,2	115,2
Ventilación	0,8	0,8	**3**	**1,4**	**3**
Ramal izquierdo 1.º					3
Ramal derecho 2.º			3	1,4	

Tabla L6.4-368/1: *clasificación de las cargas TT de la 1.ª planta.*

■ K = coeficiente de simultaneidad para el cálculo de la red (ver Tabla B4-006 página B/83 del 1.er Volumen).
■ Cos φ, correspondiente a las cargas de la línea.
El alumbrado, el acondicionamiento y la ventilación se compensan hasta un cos φ = 0,98.

L
6.4

Los conectores

Desde el cuadro general distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, todas las dependencias de la primera planta.
Con esta red alimentaremos:
■ Las tomas de corriente de 230 V y las discriminadas.
■ Los dispensadores de toallas y los electrodomésticos.
■ El hilo musical.
■ El confort
Desde las cajas de empalme de cada dependencia derivamos las alimentaciones de las cargas.
En la alimentación para el confort se dispone de capacidad para maniobrar las persianas de forma individual o al unísono, y las cortinas y pantallas de proyección sólo de forma individual.
La alimentación de las tomas de potencia se realizará desde la caja de conexiones de cada dependencia.
Disponemos de una fase discriminada para las tomas de corriente de los electrodomésticos de limpieza, a través de un reloj programador (línea de color naranja).
Tanto la generación de armónicos como el desfase de las cargas conocidas es insignificante, por tanto dejaremos su tratamiento englobado en la compensación general.
La línea discriminada para las tomas de corriente utilizables en la limpieza, conducen 8 A en el ramal primero y 7,75 A en el segundo, con un total de 15,75 A.

Control tomas de corriente ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{c1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(16{,}2 + 17 + 16{,}7)}{3}_{(A)} = 11.510{,}266_{(VA)}.$$

$$P_{c1(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 11.510{,}266_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 9.208{,}22_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{9.208{,}22_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 16{,}634_{(A)}$.

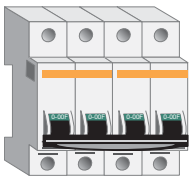
Control tomas de corriente ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º:

$$S_{c1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(16 + 16{,}1 + 16{,}3)}{3}_{(A)} = 11.164{,}266_{(VA)}.$$

$$P_{c1(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 11.164{,}266_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 8.931{,}418_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{8.931{,}418_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 16{,}133_{(A)}$.



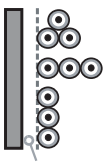
Q_{c3}, Q_{c4}

Control tomas de corriente ramal discriminado

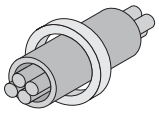
Intensidad ramal discriminado: $I_{(A)} = I_{1(A)} + I_{2(A)} = 8_{(A)} + 7{,}75_{(A)} = 15{,}75_{(A)}$.



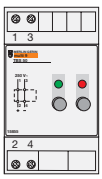
Q_{c8}



F



T_{c3}, T_{c4}



R_{c3} y R_{c4}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{c3}	Q_{c4}	Q_{c8}
Modelo	C60N	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	1
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	20 A	20 A	20 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	18,40 A	18,40 A	18,40 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² → 33 A

Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$

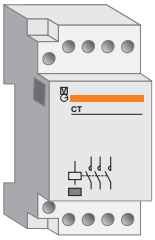
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$

Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A

□ Núcleo toroidal	T_{c3}	T_{c4}
Tipo A	TA -30	TA -30

□ Relé	R_{c3}	R_{c4}
Tipo	RH21	RH21
Intensidad de fuga IΔn	0,03	0,03
Rango del 80 al 100%		

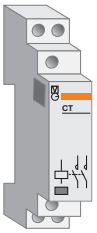
□ Contactor tipo CT	CT_{c3}	CT_{c4}	CT_{c8}
Calibre	25 A	25 A	25 A
Número de polos	4	4	1
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)			



CT_{c3}, CT_{c4}

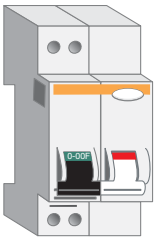
Alimentación base control ramal 1.º del confort
Módulo ALM-D sistema domótico.
Potencia de consumo 150 mA.
Tensión de alimentación 230 VCA 50 Hz.
Temperatura de utilización +5 a +55 ºC.

Alimentación base control ramal 2.º del confort
Módulo ALM-D sistema domótico.
Potencia de consumo 150 mA.
Tensión de alimentación 230 VCA 50 Hz.
Temperatura de utilización +5 a +55 ºC.



CT_{c8}

Alimentación control circuito discriminado
Interruptor horario IHP 2C.
Potencia de consumo 10,5 W.
Tensión de alimentación 230 VCA 50 Hz.
Temperatura de utilización +5 a +55 ºC.



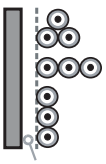
Q_{c5}, Q_{c6} y Q_{c7}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático diferencial	Q_{c5}	Q_{c6}	Q_{c7}
Modelo	DPN Vigi	DPN Vigi	DPN Vigi
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	1 A	1 A	1 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	1,87 A	1,87 A	1,87 A

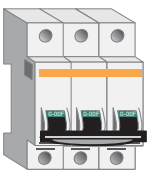
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Bloque diferencial	ID_{C5}	ID_{c6}	ID_{c7}
Modelo	Vigi	Vigi	Vigi
Intensidad	Incorporado		
Clase	"si"	"si"	"si"
Sensibilidad IΔn	30 mA	30 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	3.000 A	3.000 A



F

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen) tipo PVC 3x. F. 1,5 mm^2 → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,91
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,9
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,91 · 0,9 = 19,65 A

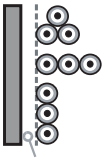


Q_{c9}

Control descargador de sobretensiones PRD-8

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{c9}
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20 A



F

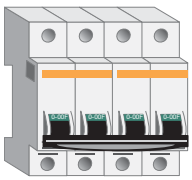
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² → 33 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A

Control derivación tomas de corriente y confort de la 1.ª planta

Potencia ramal 1.º = 9.209 W.
Potencia ramal 2.º = 8.932 W.
Potencia maniobra = 11 W.
Potencia total circuito P = 9.209 W + 8.932 W + 11 W = 18.152 W.

$$\text{Intensidad: } I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{18.152_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 32{,}79_{(A)}.$$

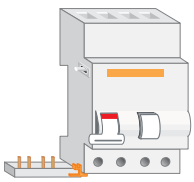
■ Aparamenta:



Q_{c2}

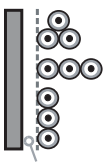
□ Interruptor automático	**Q_{c2}**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	3+N
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	D
Intensidad nominal	50 A
Temperatura de referencia	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	48,50 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



ID_{c2}

□ Bloque diferencial	**ID_{c2}**
Modelo	Vigi C60
Intensidad	63 A
Clase	A "si" Ⓢ
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	300 mA
Temporización de retardo	60 ms
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	5.000 A



F

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 10 mm² → 76 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 76 A · 0,96 · 0,75 = 54,72 A

El alumbrado

Desde el cuadro general distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, todas las dependencias de la primera planta.
Desde las cajas de empalme de cada dependencia derivamos las alimentaciones de las cargas.
Tanto la generación de armónicos como el desfase de las cargas es importante, por tanto los trataremos en el conjunto de la derivación.
El 58,11% del consumo tiene un cos φ de 0,52.
El 41,89% del consumo tiene un cos φ de 0,8.
En cos φ medio es de 0,62527.

El 58,11% del consumo genera un 37% de armónicos, siendo los armónicos H3 y H5 los que representan el 36 y el 3% respectivamente.
El 41,89% prácticamente no genera armónicos.
La tasa media es de THDIm= 21,5%.

Control alumbrado ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{I1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(18{,}66 + 19{,}44 + 18{,}72)}{3}{}_{(A)} = 13.106{,}48_{(VA)}.$$

$$P_{I1(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos\varphi = 13.106{,}48_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 8.126{,}02_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{I1(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{8.126{,}02_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}62} = 18{,}94_{(A)}.$

Tasa de armónicos media: THDI = 21,5%.
Intensidad del ramal + THDI = $18{,}94_{(A)} \cdot 1{,}215 = 23{,}02_{(A)}$.

Control alumbrado ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º:

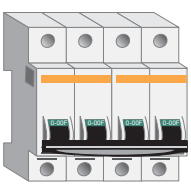
$$S_{I2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(18{,}78 + 17{,}77 + 18{,}09)}{3}{}_{(A)} = 12.603{,}63_{(VA)}.$$

$$P_{I2(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos\varphi = 12.603{,}63_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 7.814{,}25_{(W)}.$$

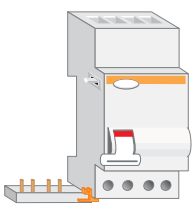
■ Intensidad ramal 2.º: $I_{I2(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{7.814{,}25_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}62} = 18{,}21_{(A)}.$

Tasa de armónicos: THDI = 21,5%.
Intensidad del ramal + THDI = $18{,}21_{(A)} \cdot 1{,}215 = 22{,}13_{(A)}$.

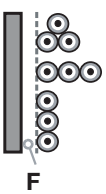
L
6.4



Q_{I3} y Q_{I4}



ID_{I3} e ID_{I4}



F

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{I3}	Q_{I4}
Modelo	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	32 A	32 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	29,80 A	29,80 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Bloque diferencial	ID_{I3}	ID_{I4}
Modelo	Vigi C60	Vigi C60
Intensidad	40 A	40 A
Clase	“si”	“si”
Número de polos	4	4
Sensibilidad IΔn	30 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	5.000 A	5.000 A

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 6 $mm^2 \rightarrow 45$ A
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$
Intensidad real de circulación = 45 A · 0,96 · 0,75 = 32,4 A

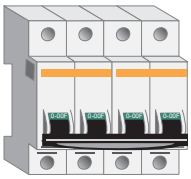
Control compensador activo de armónicos

■ Intensidad total alumbrado: $I_{(A)} = \frac{32,2 + 33,1 + 33}{3} = 32,767_{(A)}$.

■ Intensidad total de armónicos: $I_{(TDHI)(A)} = (TDHI)\ 21,5\% \cdot 32,767_{(A)} = 7,05_{(A)}$.

Con un compensador activo compensaremos sobradamente los armónicos. Según la Tabla K4-125, página K4/320 del 4.º Volumen, necesitamos para la protección del compensador activo en régimen TT con el neutro distribuido un Compact con relé electrónico, regulado a $2 \cdot I_r$ y un bloque Vigi Compact. Pero para una intensidad de 20 A en tasa THDI podemos aplicar otras soluciones.
En nuestro caso sólo tenemos 7,05 A de tasa THDI. Se acostumbran generar crestas en los armónicos del orden de 2,8 veces la nominal, por tanto estamos considerando intensidades de cresta del orden de los 20 A.

■ Aparamenta:

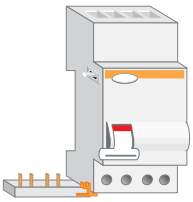


Q_{I5}

□ Interruptor automático — **Q_{I5}**

Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	3+N
Poder de corte 380/415 V (kA)	6
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	25 A
Temperatura de referencia	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	23 A

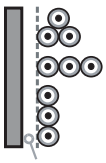
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



ID_{I5}

□ Bloque diferencial — **ID_{I5}**

Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A



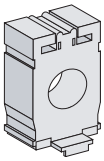
F

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 4 $mm^2 \rightarrow 45$ A

Coeficiente térmico $K_T = 0,96$

Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$

Intensidad real de circulación = $45 \text{ A} \cdot 0,96 \cdot 0,75 = 32,4$ A



TI_{I5}

□ Transformador de intensidad — **TI_{I5}**

Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	40 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC

□ Conexiones para el secundario del TI

Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado

Control batería de compensación del factor de potencia

Potencia total para alumbrado planta 1.ª:

$S_{I(VA)} = S_{I1(VA)} + S_{I2(VA)} = 13.106,48_{(VA)} + 12.603,63_{(VA)} = 25.710,11_{(VA)}$.

Factor de potencia medio: cos φ = 0,62572.
Si deseamos compensar hasta un cos φ = 0,98, según la Tabla E5-003, página E/49 del 1.er Volumen, debemos multiplicar por 1,062 la potencia activa.

■ Potencia activa total:
$P_{I(VA)} = S_{I(VA)} \cdot \cos \varphi = 25.710,11_{(VA)} \cdot 0,62572 = 16.087,59_{(W)}$.

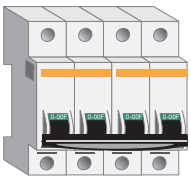
■ Potencia reactiva total:
$Q_{cI(VAr)} = 1,062 \cdot P_{I(VA)} = 1,062 \cdot 16.087,59_{(W)} = 17.085_{(VAr)}$.

Batería de condensadores, clase H de 18,5 kVAr a 400 V.

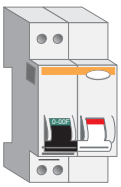
Escalones 1-2-2, con bases de 3,7 kVAr-7,4 kVAr-7,4 kVAr.

Intensidad: $I_{(Ar)} = \dfrac{Q_{(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \dfrac{18.500_{(VAr)}}{173 \cdot 400_{(V)}} = 26,74_{(Ar)}$.

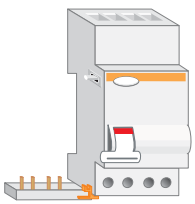
Controlador automático de energía reactiva.



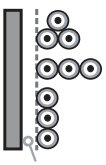
Q_{I6}



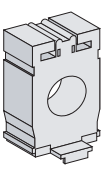
QI7



ID_{I6}



F



TI_{I6}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{I6}	Q_{I7}
Modelo	C60N	DPN Vigi
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	1+N
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	B
Intensidad nominal	32 A	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	31 A	5,60 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Bloque diferencial	**IDI6**	**IDI7**
Modelo	Vigi C60	Vigi
Intensidad	40 A	Incorporado
Clase	"si"	"si"
Número de polos	4	1+N
Sensibilidad IΔn	300 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	5.000 A	3.000 A

□ Conexiones para el circuito de potencia
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 4 mm² → 45 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 45 A · 0,96 · 0,75 = 32,4 A

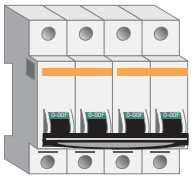
□ Conexiones para el circuito de maniobra
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

□ Transformador de intensidad	TI_{I6}
Cantidad	1 ud.
Intensidad nominal In	40 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

Control de calidad y el consumo de la energía en la derivación

Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.

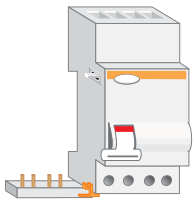


Q_{I8}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{I8}**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	3 A
Temperatura de referencia	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	2,7 A

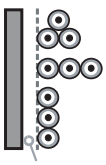
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



ID_{I8}

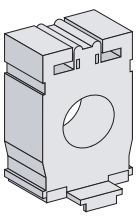
□ Bloque diferencial	**ID_{I8}**
Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A



F

□ Transformador de intensidad	**TI_{I8}**
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	40 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC



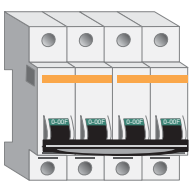
TI_{I8}

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

Control descargador de sobretensiones PRD-8:

■ Aparamenta

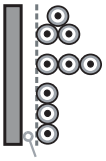
□ Interruptor automático	**Q_{I9}**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20 A



Q_{I9}

□ Conexiones
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² → 33 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$

L 6.4



F

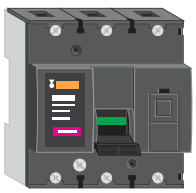
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A

Control derivación alumbrado de la 1.ª planta

Potencia ramal 1.º = 8.126 W.
Potencia ramal 2.º = 7.815 W.
Potencia maniobra = 11 W.
Potencia total circuito P = 8.126 W + 7.815 W + 11 W = 15.952 W.

□ Intensidad: $I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{15.952_{(W)}}{173 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,98} = 23,53_{(A)}$.

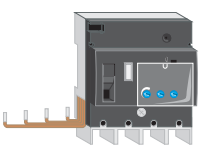
■ Aparamenta:



Q_{I2}

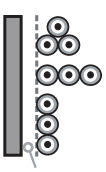
□ Interruptor automático	Q_{I2}
Modelo	NG125
Categoría de empleo	A
Número de polos	3+N
Poder de corte (kA)	25
Característica de desconexión relé	C
Intensidad nominal	100 A
Temperatura de referencia	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	97,5 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



ID_{I2}

□ Bloque diferencial	ID_{I2}
Modelo	Vigi NG125
Intensidad	125 A
Clase	A Ⓢ
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	300 mA
Temporización de retardo	60 ms
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	5.000 A

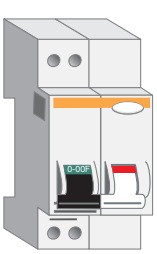


F

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F.35 mm^2 → 144 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 144 A · 0,96 · 0,75 = 103,68 A

Alumbrado de emergencia (señalización)

Los puntos luz indicadores de orientación en caso de emergencia son autónomos y se cargan desde la misma red de alumbrado, para una duración de una hora. Se activan por el fallo de la red de alumbrado correspondiente, por medio de dos TBS.

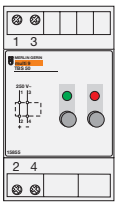


Q_{IE1} y Q_{IE2}

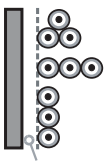
■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{IE1}	Q_{IE2}
Modelo	DPN Vigi	DPN Vigi
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	6 A	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC

Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	5,60 A	5,60 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Bloque diferencial	**ID_{IE1}**	**ID_{IE2}**
Modelo	Vigi	Vigi
Intensidad	Incorporado	
Clase	"si"	"si"
Número de polos	1+N	1+N
Sensibilidad IΔn	30 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A	3.000 A
□ Bloque emergencia	TBS-50	TBS-50



TBS-50


F

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 → 24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

Acondicionamiento y ventilación

Línea de acondicionamiento

Desde el cuadro general de la planta repartiremos en tres líneas, dos siguiendo la misma estructura de las demás líneas: ramal izquierdo 1.º y ramal derecho 2.º. La tercera línea servirá para alimentar el cuadro secundario de acondicionamiento de la sala 16.

Control acondicionamiento ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º (circuito A3):

$$S_{A1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{8,9 + 9,8 + 6,7}{3}{}_{(A)} = 5.858,94_{(VA)}.$$

$$P_{A1(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 5.858,94_{(VA)} \cdot 0,8 = 4.687,15_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{A1(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{4.687,15_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,8} = 8,47_{(A)}.$

Control acondicionamiento ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º (circuito A2):

$$S_{A2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{5,8 + 6 + 7,9}{3}{}_{(A)} = 4.544,14_{(VA)}.$$

$$P_{A2(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 4.544,14_{(VA)} \cdot 0,8 = 3.635,30_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{A2(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{3.635,30_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,8} = 6,57_{(A)}.$

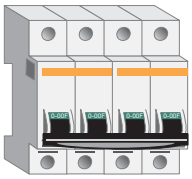
Control acondicionamiento ramal 3.º

■ Potencia ramal 3.º (circuito A3):

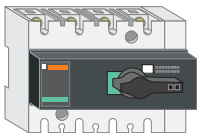
$$S_{A3(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 115,2_{(A)} = 79.718,4_{(VA)}.$$

$$P_{A3(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 79.718,4_{(VA)} \cdot 0,8 = 63.774,72_{(W)}.$$

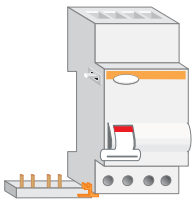
■ Intensidad ramal 3.º: $I_{A3(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{63.774,72_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,8} = 115,2_{(A)}.$



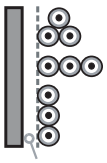
Q_{A3} y Q_{A4}



Q_{A5}



ID_{A3} e ID_{A4}



F

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático e Interruptores	Q_{A3}	Q_{A4}	Q_{A5}
Modelo	C60N	C60N	INS100
Categoría de empleo	A	A	
Número de polos	4	4	4
Poder de corte (kA)	6	6	En carga
Característica de desconexión	C	C	
Intensidad nominal In	32 A	32 A	100 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	
Intensidad nominal a 45 ºC	24,20 A	24,20 A	96 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Bloque diferencial	ID_{A3}	ID_{A4}	
Modelo	Vigi C60	Vigi C60	
Intensidad	40 A	40 A	
Clase	"si"	"si"	
Número de polos	4	4	
Sensibilidad IΔn	300 mA	300 mA	
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	5.000 A	5.000 A	
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen)			
tipo XLPE 3x. F. 4 mm^2 →	45 A	45 A	
tipo XLPE 3x. F. 10 mm^2 →			105 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$			
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$			
Intensidad real de circulación =			
21 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A	32,40 A	32,40 A	
105 A · 0,96 · 0,75 = 75,6 A			75,6 A

L
6.4

Línea de ventilación

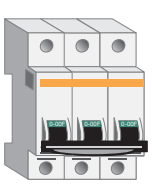
Desde el cuadro general de la planta, repartiremos en dos líneas, el ramal de la izquierda y el de la derecha. El conjunto de los dos ramales estará formado por una red trifásica con neutro, conductor de equipotencialidad, tres conductores de maniobra, un neutro y tres fases discriminadas por temporizadores, una para los extractores de los servicios, otra para los extractores generales y otra para el extractor de la sala complementaria de máquinas.

La maniobra y el control de los temporizadores se realizará desde el cuadro general:

■ Intensidad ramal 1.º: fase y neutro 3 A.

■ Intensidad ramal 2.º: dos fases y neutro 3 A.

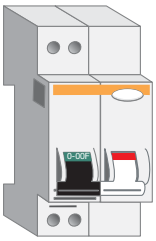
Potencia: $S_{V(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{3 + 14 + 3}{3}{}_{(A)} = 1.706,94_{(VA)}$.



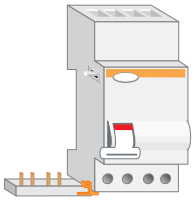
Q_{A7}

■ Aparamenta:

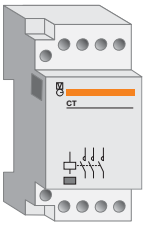
□ Interruptor automático	Q_{A6}	Q_{A7}
Modelo	DPN Vigi	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	3
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal In	6 A	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	5,60 A	5,64 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		



Q_{A6}



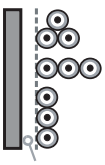
ID_{A6}



CT_{A7}
CT_{A6}



RTL



F

□ Bloque diferencial		ID_{A7}
Modelo		Vigi C60
Intensidad		25 A
Clase	"si"	"si"
Número de polos		4
Sensibilidad IΔn	30 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	3.000 A
□ Contactor tipo CT	CT_{A6}	CT_{A7}
Calibre	16 A	25 A
Número de polos	2	3
Tensión de mando 230...240V CA (–15%/+6%)		

□ Relé RTL. Permite realizar intermitencias poniendo una carga bajo tensión y sin tensión durante tiempos diferentes, de forma repetitiva

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 $mm^2 \rightarrow 21$ A

Potencia línea de acondicionamiento y ventilación

El consumo de ventilación comparado con el de acondicionamiento es prácticamente despreciable.

Las cargas (motores de jaula de ardilla) prácticamente no generan armónicos, pero sí que crean un desfase importante entre el 0,86 de los motores de mayor potencia hasta 0,71 para los de menor potencia. Considerar un factor medio para el cálculo del 0,8 se considera una medida adecuada:

■ Potencia red de acondicionamiento:

$$S_{A(VA)} = S_{A1(VA)} + S_{A2(VA)} + S_{A3(VA)} + S_{V(VA)} =$$

$$= 5.358,94_{(VA)} + 4.544,14_{(VA)} + 79.718,4_{(VA)} + 1.706,94_{(VA)} = 91.328,42_{(VA)}.$$

$$P_{A(W)} = S_{A(VA)} \cdot \cos \varphi = 91.328,42_{(VA)} \cdot 0,8 = 73.062,74_{(W)}.$$

■ Intensidad: $I_{A(A)} = \dfrac{P_{A(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{73.062,74\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,8} = 131,98\ (A).$

□ Conexiones para el circuito de acondicionamiento (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 50 $mm^2 \rightarrow 188$ A.

Coeficiente térmico $K_T = 0,96$.

Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$.

Intensidad real de circulación = 188 A · 0,96 · 0,75 = 135,36 A.

Control batería de compensación del factor de potencia

Potencia total para el acondicionamiento planta 1.ª: $91.328,42_{(VA)}$.

Factor de potencia medio: cos φ = 0,8.

Si deseamos compensar hasta un cos φ = 0,98, según la Tabla E5-003 de la pág E/49 del 1.er Volumen, debemos multiplicar por 0,541 la potencia activa:

■ Potencia activa total: $73.062,74_{(W)}$.

■ Potencia reactiva total:

$$Q_{cl(VAr)} = 0,541 \cdot P_{I(VA)} = 0,541 \cdot 73.062,74_{(W)} = 39.526,95_{(VAr)}.$$

■ Intensidad reactiva total: $I_{A(Ar)} = \dfrac{Q_{cl(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \dfrac{39.526,95\ (VAr)}{1,73 \cdot 400\ (V)} = 57,12\ (Ar).$

Batería de condensadores, clase estándar de 40 kVAr a 400 V.

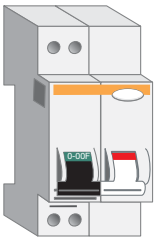
Escalones 1-2-2-3-4-4, con bases de 2,5 kVAr; 2,5 kVAr-5 kVAr-5 kVAr-7,5 kVAr-10 kVAr-10 kVAr.

Controlador automático de energía reactiva.

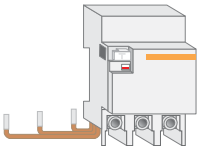
L
6.4



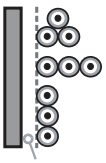
Q_{A8}



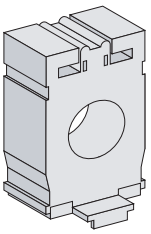
Q_{A9}



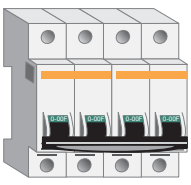
ID_{A8}



F



TI_{A8}



Q_{A10}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{A8}	Q_{A9}
Modelo	C120N	DPN Vigi
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3	1+N
Poder de corte (kA)	10	6
Característica de desconexión	C	B
Intensidad nominal	80 A	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	64 A	5,60 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Bloque diferencial	ID_{A8}	ID_{A9}
Modelo	Vigi C120	Vigi
Intensidad	125 A	Incorporado
Clase	"si"	"si"
Número de polos	4	2
Sensibilidad IΔn	300 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	3.000 A

□ Conexiones para el circuito de potencia (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen)		
tipo XLPE 3x. F. 16 mm^2 →	105 A	
Coeficiente térmico K_T = 0,96		
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75		
Intensidad real de circulación = 105 A · 0,96 · 0,75 =	75,6 A	

□ Conexiones para el circuito de maniobra (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen)		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →		24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96		
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75		
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 =		17,28 A

□ Transformador de intensidad	TI_{A8}
Cantidad	1 ud.
Intensidad nominal In	75 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC

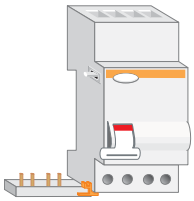
□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado.

Control de calidad y el consumo de la energía en la derivación

Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{A10}
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A

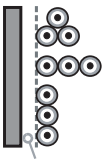


ID_{A10}

Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	3 A
Temperatura de referencia	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	2,7 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Bloque diferencial	**ID_{A10}**
Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A



F

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red

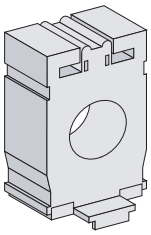
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F 1,5 mm^2 → 24 A

Coeficiente térmico $K_T = 0,96$

Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$

Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

□ Transformador de intensidad	**TI_{A10}**
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	150 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC



TI_{A10}

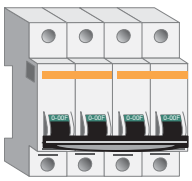
□ Conexiones para el secundario del TI

Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado

Control descargador de sobretensiones PRD-8:

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{A11}**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20 A



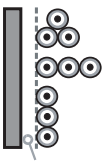
Q_{A11}

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm^2 → 33 A

Coeficiente térmico $K_T = 0,96$

Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$

Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A



F

Control derivación acondicionamiento de la 1.ª planta

■ Potencia total circuito P = 73.062,74 W.

■ Intensidad: 131,98 A.

■ Aparamenta:

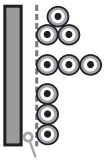
□ Interruptor automático	**QA2**
Modelo	Compact
Categoría de empleo	A
Número de polos	3+N
Poder de corte (kA)	25

L 6.4



Q_{A2}

Intensidad nominal	160A
Temperatura de referencia	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	1· 160 A
(Tabla H1-2-010, página H1/42 del 2.º Volumen)	
□ Relé magnetotérmico	TMD
Largo retardo Ir = 0,85 · In	128 A
Corto retardo Im = 8 · Ir	1.024 A
Instantáneo Ii = fijo > 11 In	1.760 A
□ Bloque diferencial	**ID_{A2}**
Modelo	Vigi Compact
Clase	A
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	300 mA
Retardo (ms)	60 ms



F

□ Conexiones para el circuito de acondicionamiento
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen) tipo XLPE 3x. F. 50 mm^2 → 175 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 175 A · 0,96 · 0,75 = 75,6 A

Control régimen TT, cuadro distribución primera planta (CDP 1.ª):

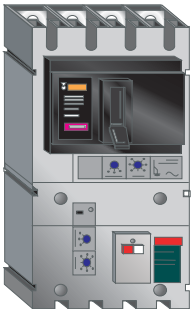
■ Potencia red TT planta 1.ª:

$$S_{P1(VA)} = Ks \cdot \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 0,8 \cdot 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(202,54 + 202,71 + 202,61)}{3}{}_{(A)} = 112.170,43_{(VA)}.$$

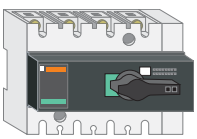
$$P_{P1(W)} = S_{P1(VA)} \cdot \cos \varphi = 112.170,43_{(VA)} \cdot 0,98 = 109.927,02_{(W)}.$$

■ Intensidad $I_{P1(A)} = \frac{P_{P1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{109.927,02\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 162,1\ (A)$.

La alimentación desde el cuadro general se realiza a través de un interruptor automático diferencial P1 y el control del cuadro secundario se realiza a través de un interruptor en carga Q1:



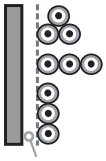
Q_{TT8}



Q_{Q1}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{TT8}**	**Q_{Q1}**
Modelo	Compact	INS250
Categoría de empleo	A	AC22A/AC23A
Número de polos	3+N	4
Poder de corte (kA)	50	
Intensidad nominal	250 A	250 A
Temperatura de referencia	30 ºC	
Temperatura de trabajo	45 ºC	
Intensidad nominal a 45 ºC	1· 250 A	1·250 A
(Tabla H1-2-010, página H1/42 del 2.º Volumen)		
□ Relé	Relé electrónico	
Largo retardo Ir = 0,7 · In	175 A	
Corto retardo Im = 8 · Ir	1.400 A	
Instantáneo Ii = 10 In	2.500 A	
Defecto a tierra	**T**	
Sensibilidad IΔn	1 A	
Retardo (ms)	150 ms	



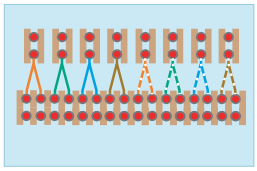
F

□ Conexiones para la red TT 1.ª planta
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 70 mm^2 → 244 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 244 A · 0,96 · 0,75 = 175,68 A

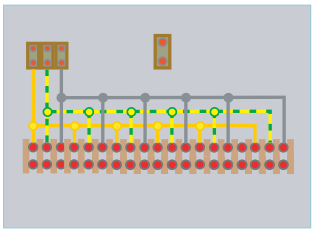
Departamentos independientes en el cuadro de planta

Red de comunicación:

■ Disponemos de distribución de la red telefónica.
Debe realizarse de forma independiente de las redes de potencia, pero está sometida a una relación con la distribución de potencia. La descarga de las sobretensiones transitorias de la red a la malla de puesta a tierra.



■ Disponemos de distribución de red de TV.
Deberemos distinguir dos casos: si procede directamente de ondas hercianas, o si la distribución es por cable. En el primer caso deberemos prever un descargador de sobretensiones y en el segundo será función de las condiciones de la red.



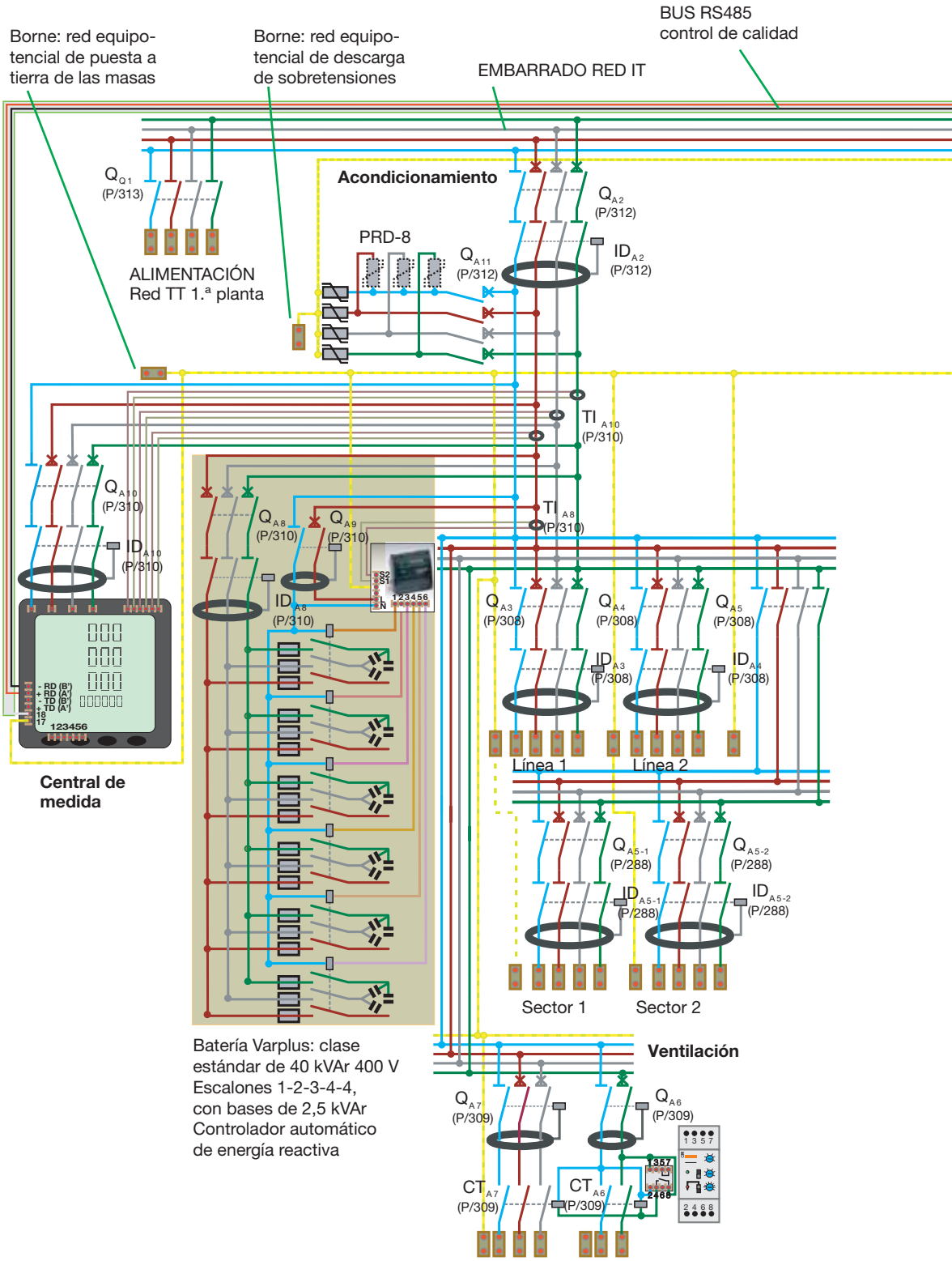
Red informática

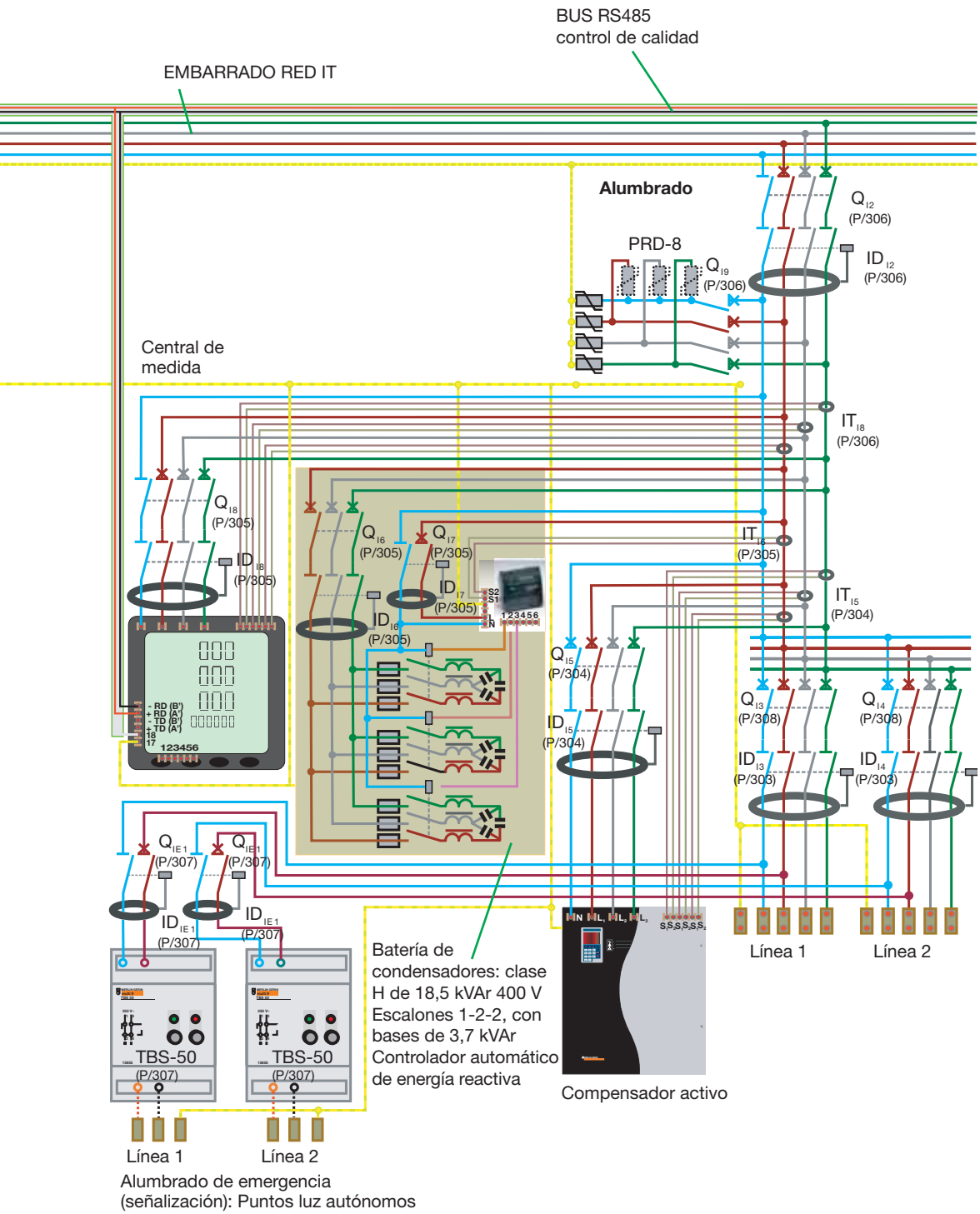
Disponemos de una red interna de intercomunicación informática de todas las CPU's periféricas con la central.
En función de la zona ceráunica del edificio es conveniente la instalación de un descargador de sobretensiones transitorias.
La situación de la instalación en un edificio con jaula de Faraday exterior hace considerar que no sea precisa su instalación.

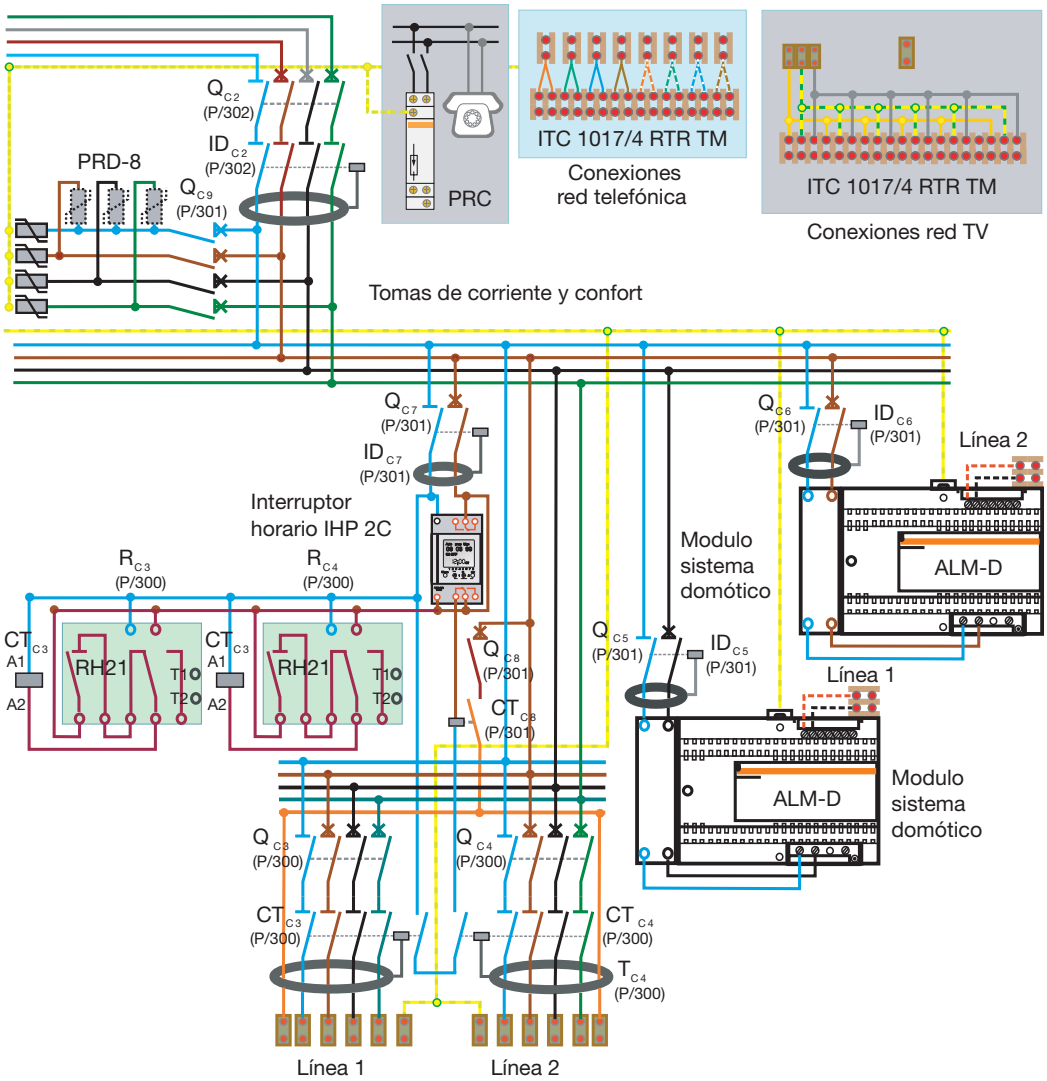
Red en régimen IT

Desde la red de régimen IT se alimentan todas las cargas informáticas, las de alumbrado de reemplazamiento y las alarmas técnicas.
Distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, a todas las dependencias de la primera planta, y una tercera para la CPU central.
Las cargas informáticas son generadoras de armónicos y ellas mismas son muy sensibles, produciendo un efecto multiplicador con valores de factor de cresta de 2,4 a 2,8 veces.
Su tasa global de distorsión es del orden del 93%, THDI = 93%.

Cuadro distribución 1.ª planta




BUS RS485
control de calidad
EMBARRADO RED IT
Alumbrado
PRD-8
Central de
medida
Línea 1
Línea 2
Batería de
condensadores: clase
H de 18,5 kVAr 400 V
Escalones 1-2-2, con
bases de 3,7 kVAr
Controlador automático
de energía reactiva
Compensador activo
TBS-50
(P/307)
Línea 1
Línea 2
Alumbrado de emergencia
(señalización): Puntos luz autónomos



Nota: Q_{C7} (P/301): la expresión Q_{C7} indica la referencia del interruptor y (P/301) indica la página de su descripción.

Fig. L6.4-369: *esquema circuito TT del cuadro de distribución de la 1.ª planta.*

Clasificación de las cargas de la 1.ª planta				
	Cos φ	I (A) Fase		
		L1	L2	L3
Cargas informáticas	0,7	**58,96**	**59**	**57,1**
Ramal izquierdo 1.º		22,44	22,45	24,5
Ramal derecho 2/1.º		15,18	17,55	13,6
Ramal CPU central 2/2		21,34	19	19
Alarmas técnicas		**2**	**4**	**2**
Detección de humos				
Ramal 1.º	0,7		2	
Ramal 2.º	0,7		2	
Detección de intrusos	0,7			2
Detección de fugas de agua	0,7	2		

Tabla L6.4-370: *clasificación de las cargas IT de la 1.ª planta.*

Control del ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º: en el punto de control de la línea 1.ª Q_{IT103}, antes de compensar el cos φ y los armónicos tendremos:

$$S_{IT103(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(22{,}44 + 22{,}45 + 24{,}5)}{3}_{(A)} = 16.005{,}96_{(VA)}.$$

$$P_{IT103(W)} = S_{IT103(VA)} \cdot \cos \varphi = 16.005{,}96_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 11.204{,}17_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{IT102(A)} = \frac{P_{IT102(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{11.204{,}17_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}7} = 23{,}13_{(A)}$.

Tasa de armónicos THDI = 93%: $I_{IT102(A)} \cdot 0{,}93 = 23{,}13 \cdot 0{,}93 = 21{,}51_{(A)}$.

Intensidad fundamental del ramal + THDI = $23{,}13_{(A)} \cdot 1{,}93 = 44{,}64_{(A)}$.

□ Compensador activo de armónicos.

Con un compensador activo compensador activo compensaremos sobradamente los armónicos. 21,51 A · 1,2 = 25,81 A (1,2 = coeficiente de esponjamiento).

Según la Tabla K4-125, página K4/320 del 4.º Volumen, necesitamos para la protección del compensador activo en régimen IT con el neutro distribuido un Compact con relé electrónico, regulado a $2 \cdot I_r$ y un bloque Vigi Compact. Pero para una intensidad de 22,75 A en tasa THDI podemos aplicar otras soluciones. En nuestro caso sólo tenemos 21,51 A de tasa THDI. Se acostumbran generar crestas en los armónicos del orden de 2,8 veces la nominal, por tanto estamos considerando intensidades de cresta del orden de los 60 A.

Protegido por el interruptor automático Q_{IT105} C60H de 63 A-B es suficiente.

□ Compensación del factor de potencia.

Factor de potencia medio: cos φ = 0,7.

Si deseamos compensar hasta un cos φ = 0,98, según la Tabla E5-003 de la página E/49 del 1.er Volumen, debemos multiplicar por 0,811 la potencia activa.

– Potencia activa (P_{IT103}): $11.204{,}17_{(W)}$.

– Potencia reactiva ramal:

$Q_{IT103} = 0{,}811 \cdot P_{IT102} = 0{,}811 \cdot 11.204{,}17_{(W)} = 9.086{,}58_{(VAr)}$.

– Batería de condensadores, clase H de 7,4 kVAr a 400 V. Escalones 1-1-1, con módulos de 3,7 kVAr = 3,7 + 3,7+ 3,7 kVAr:

$$I_{IT(Ar)} = \frac{Q_{IT103(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \frac{11.100_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)}} = 15{,}84_{(Ar)}.$$

Protegido por el interruptor automático Q_{IT106} - C60L - 20 A - C.

□ Potencia activa después de la compensación de armónicos y factor de potencia:

$P_{IT102(W)} = S_{IT103(VA)} \cdot \cos \varphi = 16.005,96_{(VA)} \cdot 0,98 = 15.685,84_{(W)}$.

– Intensidad: $I_{IT102(A)} = \dfrac{P_{IT102(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{15.685,84\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 23,12\ (A)$.

Protegido por el interruptor automático Q_{IT102} - Compact y relé electrónico.
□ Control de calidad y el consumo de la energía en la derivación.
Controlador de la calidad y medida del consumo, por medio de dos centrales de medida uno a la alimentación de la carga y otro antes de la alimentación del compensador activo y la batería.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red. Protegidas por los interruptores automáticos Q_{IT04} y Q_{IT108}.

Control del ramal 2/1.º

■ Potencia ramal 2/1.º: en el punto de control de la línea $Q_{IT202-1}$, antes de compensar el cos φ y los armónicos tendremos:

$$S_{IT203/1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(15,18 + 17,55 + 13,6)}{3}\ (A) = 10.686,78\ (VA).$$

$P_{IT203/1(W)} = S_{IT203/1(VA)} \cdot \cos \varphi = 10.686,78_{(VA)} \cdot 0,7 = 7.480,75_{(W)}$.

$$I_{IT203/1(A)} = \frac{P_{IT203/1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{7.480,75\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,7} = 15,44\ (A).$$

Tasa de armónico THDI = 93%: $I_{IT203/1(A)} \cdot 0,93 = 15,44 \cdot 0,93 = 14,36_{(A)}$.
Intensidad del ramal + THDI = $15,44_{(A)} \cdot 1,93 = 29,79_{(A)}$.
□ Compensador activo de armónicos.
Esponjamiento $1,2 \cdot 14,36_{(A)} = 17,23_{(A)}$ (1,2 = coeficiente de esponjamiento). Con un compensador activo.
Según la Tabla K4-125, página K4/320 del 4.º Volumen, necesitamos para la protección del compensador activo en régimen IT con el neutro distribuido un Compact con relé electrónico, regulado a $2 \cdot I_r$ y un bloque Vigi Compact. Pero para una intensidad de 14,36 A en tasa THDI podemos aplicar otras soluciones. En nuestro caso sólo tenemos 14,36 A de tasa THDI. Se acostumbran generar crestas en los armónicos del orden de 2,8 veces la nominal, por tanto estamos considerando intensidades de cresta del orden de los 40,20 A.
Protegido por el interruptor automático Q_{IT205}, un C60H de 63 A característica B (189 a 315 A) es suficiente.
□ Compensación del factor de potencia.
Factor de potencia medio: cos φ = 0,7.
Si compensamos hasta un cos φ = 0,98, según la Tabla E5-003, página E/49 del 1.er Volumen, debemos multiplicar por 0,811 la potencia activa:
– Potencia activa, ($P_{IT203-1}$): $7.480,75_{(W)}$.
– Potencia reactiva ramal:
$Q_{IT203/1} = 0,811 \cdot P_{IT203/1} = 0,811 \cdot 7.480,75_{(W)} = 6.066,88_{(VAr)}$.
– Batería de condensadores, clase H de 7,4 kVAr 400 V. Escalones 1-1, con módulos de 3,7 kVAr = 3,7 + 3,7 kVAr:

$$I_{IT203/1(Ar)} = \frac{Q_{IT203/1(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \frac{7.400\ (VAr)}{1,73 \cdot 400\ (V)} = 10,69\ (Ar).$$

□ Potencia activa después de la compensación de armónicos y factor de potencia:
$P_{IT202/1(W)} = S_{IT203/1(VA)} \cdot \cos \varphi = 10.686,78_{(VA)} \cdot 0,98 = 10.473,04_{(W)}$.

– Intensidad: $I_{IT202/1} = \frac{P_{IT202/1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{10.473,04\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 15,44\ (A)$.

Protegido por el interruptor automático $Q_{IT202/1}$ - Compact y relé electrónico.
□ Control de calidad y el consumo de la energía en la derivación.
Controlador de la calidad y medida del consumo, por medio de dos centrales de medida una a la alimentación de la carga y otra antes de la alimentación del compensador activo y la batería.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red. Protegidas por el interruptor automático Q_{IT204} y Q_{IT208}.

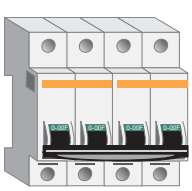
Control del ramal 2/2.º
Es una línea directa a la caja IT-02 y al cuadro secundario C-IT-02:

$$S_{IT203/2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\ (V) \cdot \frac{(21,34 + 19 + 19)}{3}\ (A) = 13.687,76\ (VA).$$

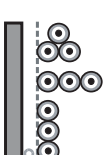
$$P_{IT203/2(W)} = S_{IT203/2(VA)} \cdot \cos \varphi = 13.687,76_{(VA)} \cdot 0,7 = 9.581,43_{(W)}.$$

$$I_{IT203/2(A)} = \frac{P_{IT203/2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{9.581,43\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,7} = 19,78\ (A).$$

En las páginas L/886 y L/1041 hemos efectuado los cálculos correspondientes al cuadro secundario C-IT-02 que alimenta la CPU central. En este punto sólo debemos considerar la alimentación.
Aunque en este punto los armónicos y el desfase ya están compensados, la línea la dimensionaremos para el tramo en que no lo están.
Tasa de armónicos THDI = 93%: $I_{IT103/1(A)} \cdot 0,93 = 18,40_{(A)}$.
Intensidad del ramal + THDI = $19,78_{(A)} \cdot 1,93 = 38,18_{(A)}$.
Un interruptor C60N tetrapolar de 63 A curva C es adecuado.
En el cuadro C-IT-02 disponemos de la siguiente aparamenta de protección y seccionamiento:
Un seccionador general $Q_{203\text{-}02\text{-}1}$, tipo C120N -100 A tetrapolar.
Un interruptor automático $Q_{103\text{-}02\text{-}1/1}$ para la protección de la CPU, tipo Compact y relé electrónico tripolar + N.
Un interruptor automático $Q_{203\text{-}02\text{-}1/3}$ para la protección del compensador activo tipo C60N de 50 A característica B tripolar + N.
Un interruptor automático para la protección de la batería de compensación del factor de potencia $Q_{103\text{-}02\text{-}1/2}$, tipo C60L de 20 A característica C tripolar + N.
Dos interruptores automáticos $Q_{103\text{-}02\text{-}1/4}$ y $Q_{103\text{-}02\text{-}1/5}$ para la protección de las tomas de tensión de los controladores de calidad, tipo C60N de 3 A característica B, tripolares + N.
Un interruptor automático $Q_{103\text{-}02\text{-}2}$ para la protección de las AT, tipo DPN de 6 A característica B unipolar + N.
Todo este material está ubicado en el cuadro C-IT-02 y en el cuadro de distribución de la planta 1.ª, sólo ubicaremos el interruptor automático de la línea.



Q_{IT103} y Q_{IT203}



F

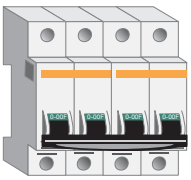
■ Aparamenta:

	Q_{IT103}	$Q_{IT203/1}$
□ Interruptor seccionador		
Modelo	C120N	C120N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/320 del 1.er Volumen) tipo XLPE 3x. F. 25 mm² →	123 A	123 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96		

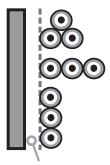
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75		
Intensidad real de circulación = 123 A · 0,96 · 0,75 = 75,6 A	88,56 A	88,56 A

Control de calidad y del consumo de la energía en la derivación

Controlador de la calidad y medida del consumo, por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.



$Q_{IT104/IT108}$ y $Q_{IT204/IT208}$



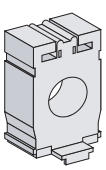
F

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	$Q_{IT104/IT108}$	$Q_{IT204/IT208}$
Modelo	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	2,7 A	2,7 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

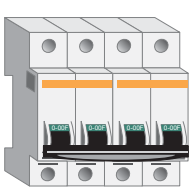
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A



$TI_{104/108}$ y $TI_{204/208}$

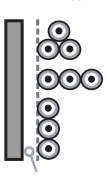
□ Transformador de intensidad	$TI_{104/108}$	$TI_{204/208}$
Cantidad	3 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In	100 A	100 A
Corriente del secundario	5 A	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC	

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado



Q_{IT105} y Q_{IT205}

Control compensador activo de armónicos

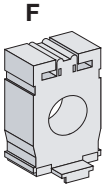


F

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{IT105}	Q_{IT205}
Modelo	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3+N	3+N
Poder de corte 380/415 V (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	63 A	63 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	56,70 A	56,70 A

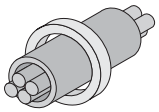
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



TI_{105} y TI_{205}

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 10 mm² → 76 A

Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 76 A · 0,96 · 0,75 = 54,72 A



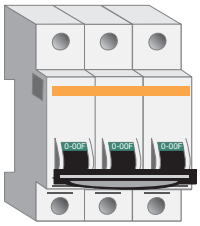
TA-10 y TA-13

□ Transformador de intensidad	**TI_{105}**	**TI_{205}**
Cantidad	3 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In	40 A	40 A
Corriente del secundario	5 A	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC	

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-14**	**TA-11**
Tipo A	IA80	IA80

Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado



$Q_{106/206}$

Control batería de compensación del factor de potencia

■ Aparamenta:



$Q_{107/207}$

□ Interruptor automático	**$Q_{IT106/IT206}$**	**$Q_{IT107/IT207}$**
Modelo	C60L	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3	1+N
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	B
Intensidad nominal	20 A	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	18,40 A	5,60 A

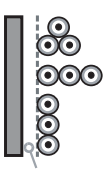
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones para el circuito de potencia
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

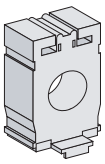
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² →	33 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$	
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$	
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 =	23,76 A

□ Conexiones para el circuito de maniobra
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →	24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$	
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$	
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A



F



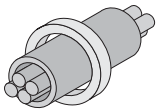
$TI_{106/206}$

□ Transformador de intensidad	**$TI_{106/206}$**
Cantidad	1 ud.
Intensidad nominal In	40 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

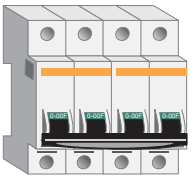
□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-15/12**
Tipo A	PA50

Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

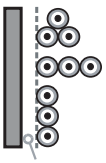


TA-09
TA-12

L
6.4



$Q_{109/209}$



F

Control descargador de sobretensiones PRD-8

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**QIT109/IT209**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20 A

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm^2 → 33 A

Coeficiente térmico $K_T = 0,96$

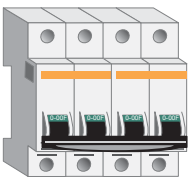
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$

Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A

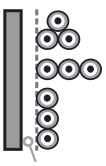
Alimentación alarmas técnicas

Las fuentes de las alarmas técnicas se alimentan individualmente con tensión monofásica (L+N).

Disponemos de un interruptor general para las alarmas técnicas y un interruptor automático para cada alimentación.



Q_{AT102}



F

Control general alarmas técnicas interruptor general Q_{AT102}

■ Aparamenta:

□ Interruptor	Q_{AT102}
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo PVC 3x. G. 1,5 mm^2 → 24 A

Coeficiente térmico $K_T = 0,91$

Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,9$

Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

Control alimentación detección de humos

Dispondremos de dos fuentes de alimentación, una para el ramal de la derecha 1.º y otra para el de la izquierda 2.º.

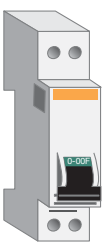
Interruptores Q_{AT103} y Q_{AT104}.

Control alimentación detección fugas de agua

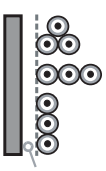
Interruptores Q_{AT105}.

Control alimentación detección de intrusos

Interruptores Q_{AT106}.



$Q_{AT103/104}$, Q_{AT105} y Q_{AT106}

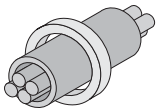


F

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	$Q_{AT103/104}$	Q_{AT105}	Q_{AT106}
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	2	2	2
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	6 A	6 A	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	5,60 A	5,60 A	5,60 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

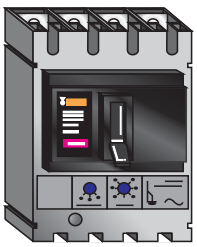


TA-15, TA-14
TA-17, TA-18

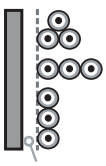
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo PVC 3x. G. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-18/19**	**TA-09**	**TA-17**
Tipo A	TA30	TA30	TA30

Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado.



Q_{IT102}, $Q_{IT202/1}$ y $Q_{IT202/2}$



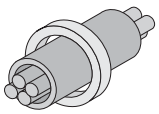
F

Control de los ramales 1.º, 2.º y 3.º

■ Aparamenta

□ Interruptor automático	Q_{IT102}	$Q_{IT202/1}$	$Q_{IT202/2}$
Modelo	Compact	Compact	Compact
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	3+N	3+N	3+N
Poder de corte (kA)	25	25	
Característica de desconexión	Relé electrónico		
Intensidad nominal In	100 A	100 A	100 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	97,5 A	97,5 A	97,5 A

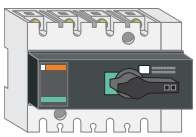
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



TA-11, TA-19

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen)		
tipo XLPE 3x. F. 35 mm² →	154 A	154 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96		
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75		
Intensidad real de circulación		
= 154 A · 0,96 · 0,75 = 110,88 A	110,88 A	110,88 A

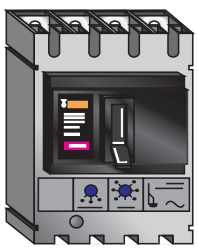
□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-13**	**TA-10**
Tipo A	IA80	IA80



Q_{IT101}

Control régimen IT

Intensidad = Intensidad ramal 1.º + intensidad ramal 2.º.
$I_{IT1.º} = I_{IT102} + I_{IT202-1} + I_{IT202-2} + I_{AT102}$ = 63 A.

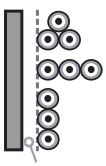


Q_{ITP1}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático e interruptor	Q_{IT101}	Q_{ITP1}
Modelo	INS160	Compact
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3+N	3+N
Poder de corte (kA)		36
Intensidad nominal In	160 A	160 A
Relé electrónico		
Temperatura de referencia		30 ºC
Temperatura de trabajo		45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC		156 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



F

□ Conexiones (Tabla F7-131, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. C11. 50 mm² →	188 A	188 A
Coeficiente térmico K_T =		
0,96 188 A · 0,96 = 135,36 A	180,48 A	180,48 A

L
6.4

Circuito régimen IT

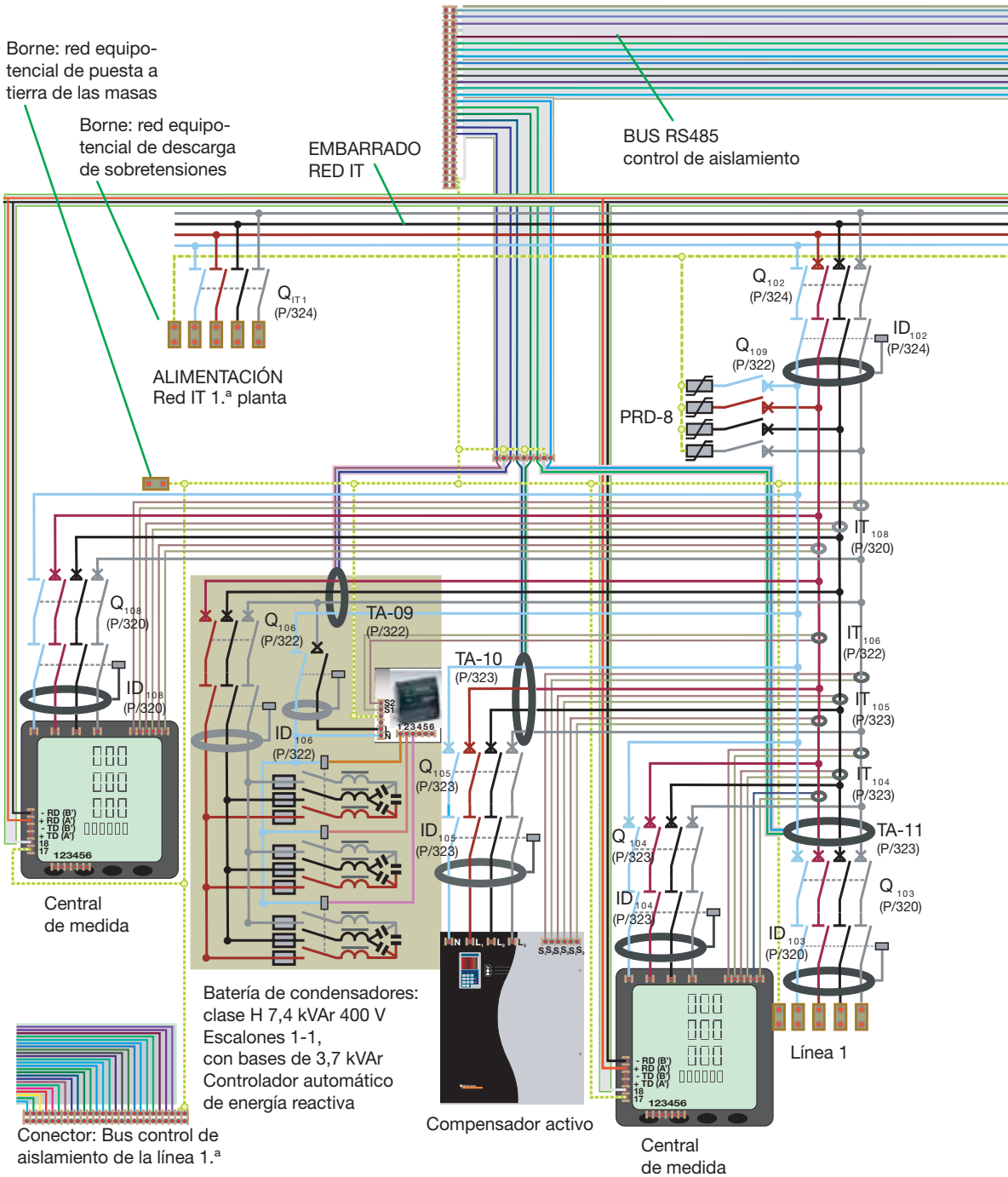
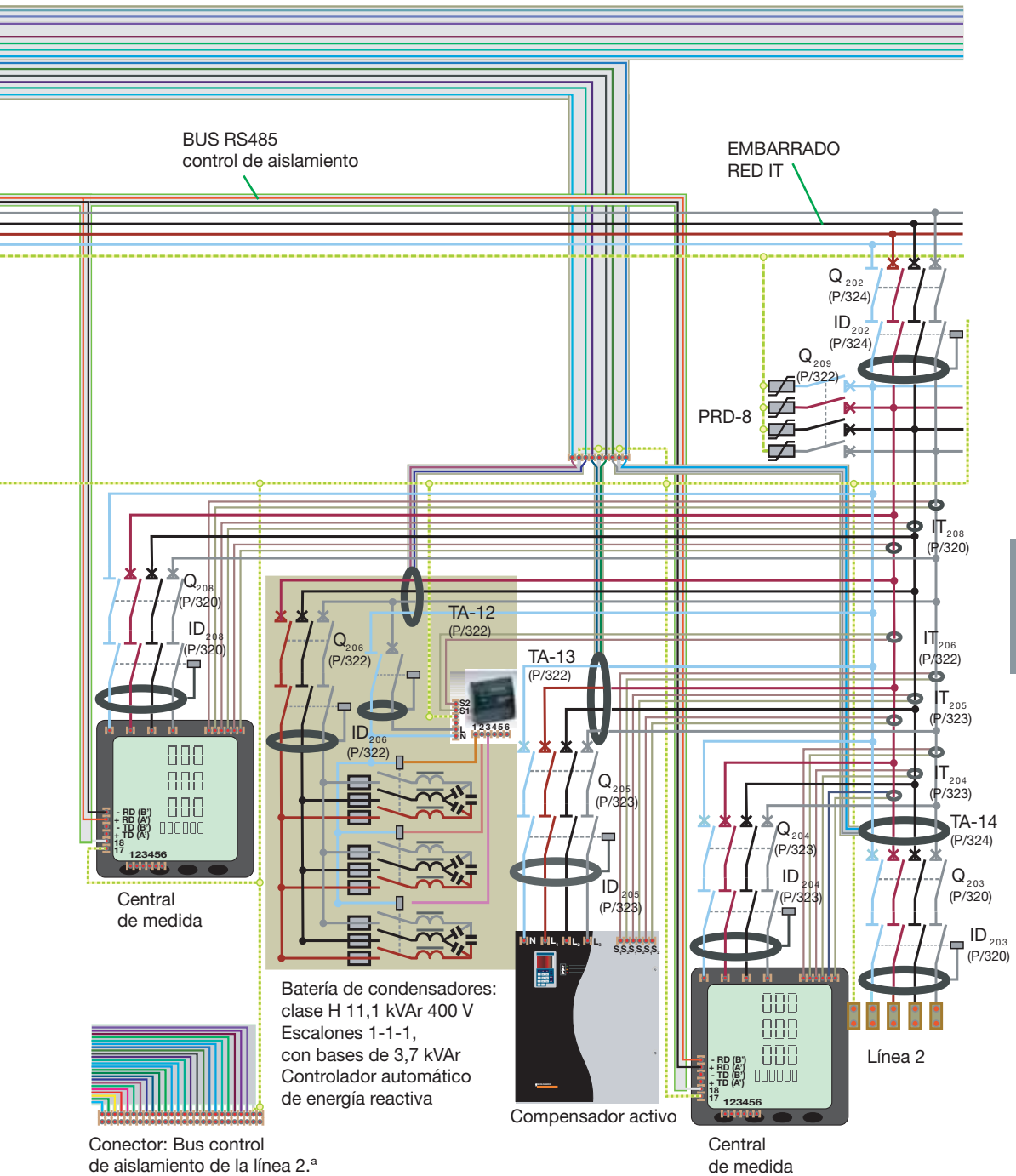
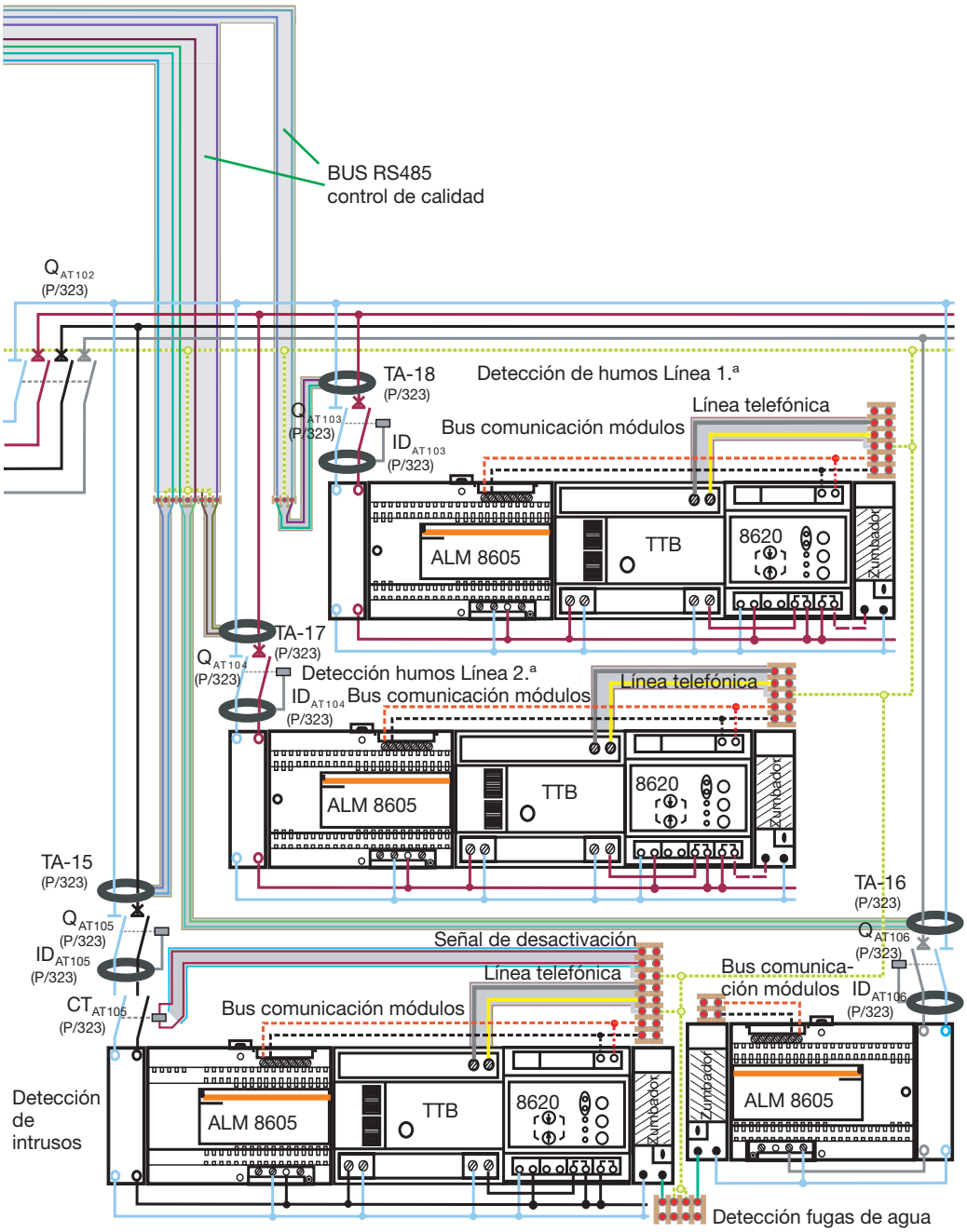


Fig. L6.4-371: *esquema circuito IT del cuadro de distribución de la 1.ª planta.*


BUS RS485
control de aislamiento
EMBARRADO
RED IT
Q 202 (P/324)
ID 202 (P/324)
Q 209 (P/322)
PRD-8
IT 208 (P/320)
Q 208 (P/320)
ID 208 (P/320)
TA-12 (P/322)
Q 206 (P/322)
ID 206 (P/322)
TA-13 (P/322)
IT 206 (P/322)
T 205 (P/323)
IT 204 (P/323)
Q 205 (P/323)
ID 205 (P/323)
TA-14 (P/324)
Q 204 (P/323)
ID 204 (P/323)
Q 203 (P/320)
ID 203 (P/320)
Central de medida
Batería de condensadores:
clase H 11,1 kVAr 400 V
Escalones 1-1-1,
con bases de 3,7 kVAr
Controlador automático
de energía reactiva
Compensador activo
Línea 2
Conector: Bus control
de aislamiento de la línea 2.ª
Central de medida



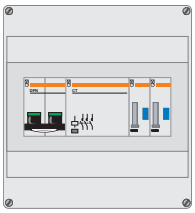
Nota: Q_{A102}(P/324): la expresión Q_{A102} indica la referencia del interruptor y (P/324) indica la página de su descripción.

Cuadros secundarios que derivan del cuadro de distribución de las plantas 2.ª o 3.ª (CDP 2.ª o CDP 3.ª)

Red de régimen TT

En la red de conectores no disponemos de cuadros secundarios.
En la red de alumbrado disponemos de dos cuadros secundarios.
En la red de acondicionamiento disponemos de cuadros secundarios para cada carga.

Los cuadros secundarios en el alumbrado



C03-1

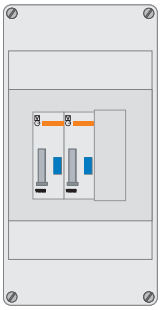
Cuadros secundarios alumbrado ramal 1.º

■ Disponemos del cuadro secundario C03-1, Fig. L6.4-254 (página L/954), que alimenta las cargas de alumbrado de la dependencia n.º 03 despacho general.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{I103}:
□ La potencia de la carga es:

$$S_{I103-3/1} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400_{(V)} \cdot 9{,}37_{(A)} = 6.484{,}04\ _{(VA)}.$$

$$P_{I103-3/1} = S_{I103-3/1} \cdot \cos\varphi = 6.484{,}04_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 4.020{,}10_{(W)}.$$

□ La intensidad es: $I_{I103-3/1} = \dfrac{P_{I103-3/1}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{4.020{,}10\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}62} = 9{,}37\ (A).$



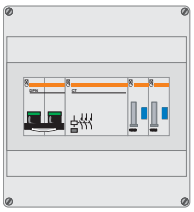
C05

□ Tasa de armónicos: THDI = 37%.
Intensidad fundamental + THDI = $9{,}37_{(A)} \cdot 1{,}37 = 12{,}84_{(A)}$.
■ Disponemos del cuadro secundario C05, Fig. L6.4-267(página L/960), que alimenta las cargas de alumbrado de la dependencia n.º 05 vestíbulo.
La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{I3}:
□ La potencia de la carga es:

$$S_{I103-05} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3{,}6_{(A)} = 828_{(VA)}.$$

$$P_{I103-05} = S_{I103-05} \cdot \cos\varphi = 828_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 513{,}36_{(W)}.$$

□ La intensidad es: $I_{I103-5} = \dfrac{P_{I103-05}}{U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{513{,}36\ (W)}{230\ (V) \cdot 0{,}62} = 3{,}6\ (A).$



C09-1

Cuadros secundarios alumbrado ramal 2.º

Disponemos del cuadro secundario C09-1, Fig. L6.4-277 (página L/964), que alimenta las cargas de alumbrado de la dependencia n.º 8 despacho general.
La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{I104}:
La potencia de la carga es:

$$S_{I104-9/1} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400\ (V) \cdot 9{,}37\ (A) = 6.484{,}04\ (VA).$$

$$P_{I104-9/1} = S_{I104-9/1} \cdot \cos\varphi = 6.484{,}04_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 4.020{,}10_{(W)}.$$

La intensidad es: $I_{I104-9/1} = \dfrac{P_{I104-9/1}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{4.020{,}10\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}62} = 9{,}37\ (A).$

Tasa de armónicos: THDI = 37%.
Intensidad fundamental + THDI = $9{,}37_{(A)} \cdot 1{,}37 = 12{,}84_{(A)}$.

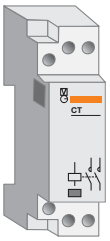


$Q_{I103-3/1}$, $Q_{I103-05}$ y $Q_{I104-9/1}$

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	$Q_{I103-3/1}$	$Q_{I103-05}$	$Q_{I104-9/1}$
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	3 A	6 A	

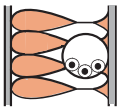
L 6.4



$CT_{I3-3/1}$ y $CT_{I4-9/1}$

Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	
Intensidad nominal a 45 ºC	2,75 A	5,6 A	2,75 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Contactor tipo CT	**$CT_{I3-3/1}$**		**$CT_{I4-9/1}$**
Calibre	16 A		16 A
Número de polos	3		3
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)			
□ Relé TL1 + ETL			
Cantidad	1	1	1

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C02. F. 1,5 mm² → 17,5 A



TL1 + ETL

Los cuadros secundarios en el acondicionamiento

Cuadros secundarios acondicionamiento ramal 1.º

■ Disponemos del cuadro secundario C02, Fig. L6.4-251 (página L/953), que alimenta las cargas de acondicionamiento y ventilación de la dependencia n.º 02 servicios.

La alimentación deriva del ramal 1.º y por tanto del interruptor automático Q_{A103}:

□ La potencia de la carga de acondicionamiento es:

$S_{A103-02} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1_{(A)} = 230_{(VA)}$.

$P_{A103-02} = S_{A103-02} \cdot \cos \varphi = 230_{(VA)} \cdot 0,8 = 184_{(W)}$.

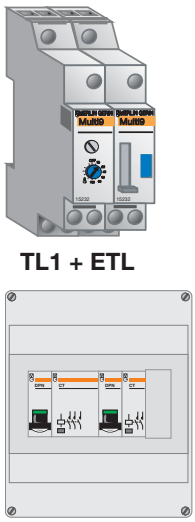
□ Intensidad: $I_{A103-02} = \dfrac{P_{A10-02}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{184_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,8} = 1_{(A)}$.

□ La potencia de la carga de ventilación es:

$S_{V106-02} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1,6_{(A)} = 368_{(VA)}$.

$P_{V106-02} = S_{V106-02} \cdot \cos \varphi = 368_{(VA)} \cdot 0,8 = 294,4_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{V106-02} = \dfrac{P_{V106-02}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.294,4_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,8} = 1,6_{(A)}$.



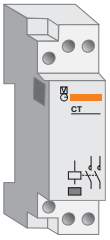
C02

■ Aparamenta:



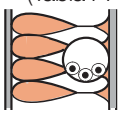
Q_{A3-02} y Q_{V3-02}

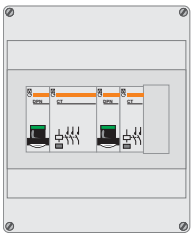
□ Interruptores automáticos	**Q_{A3-02}**	**Q_{V3-02}**
Modelo	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	2,75 A	2,75 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Contactor tipo CT	**CT_{A3-02}**	**CT_{V3-02}**
Calibre	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)		



CT_{A3-02} y CT_{V3-02}

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 mm² → 12,5 A





C08

Cuadros secundarios acondicionamiento ramal 2.º

■ Disponemos del cuadro secundario C08, Fig. L6.4-274 (página L/963), que alimenta las cargas de acondicionamiento y ventilación de la dependencia n.º 08 servicios.

La alimentación deriva del ramal 2.º y por tanto del interruptor automático Q_{A4}

□ La potencia de la carga de acondicionamiento es:

$S_{A104-08} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1_{(A)} = 230_{(VA)}$.

$P_{A104-08} = S_{A104-08} \cdot \cos \varphi = 230_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 184_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{A104-08} = \dfrac{P_{A104-08}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{184_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1_{(A)}$.

□ La potencia de la carga de ventilación es:

$S_{V106-08} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}6_{(A)} = 368_{(VA)}$.

$P_{V106-08} = S_{V108-02} \cdot \cos \varphi = 368_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 294{,}4_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{V106-08} = \dfrac{P_{V106-02}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.294{,}4\ _{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}6_{(A)}$.

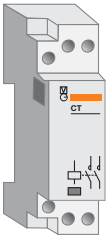


$Q_{A104-08}$ y $Q_{V106-08}$

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	$Q_{A104-08}$	$Q_{V106-08}$
Modelo	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	2,75 A	2,75 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

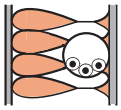


CT_{A4-08} y CT_{V4-08}

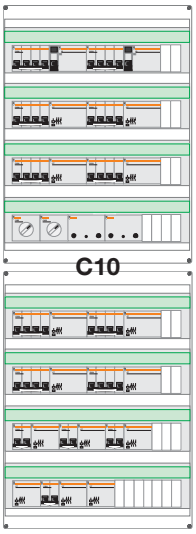
□ Contactor tipo CT	CT_{A4-08}	CT_{V4-08}
Calibre	16 A	16 A
Número de polos	1+N	1

Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red



(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen): tipo A C01. F. 1,5 $mm^2 \rightarrow$ 12,5 A



C10

Cuadros secundarios acondicionamiento secciones 1.ª y 2.ª

■ Disponemos del cuadro secundario C10, Fig. L6.4-290 (página L/973), que alimenta las cargas del cuadro secundario de acondicionamiento de la dependencia n.º 7 sala de acondicionamiento.

La alimentación deriva del interruptor automático Q_{A102}.

Las cargas del cuadro las subdividiremos en dos grupos, comandados por dos interruptores automáticos con protecciones diferenciales Q_{A105-1} y Q_{A105-2}.

■ Grupo 1.º:

□ Alimentación A01 bomba de calor S1.

Potencia: $S_{A01} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400_{(V)} \cdot 58_{(A)} = 40.136_{(VA)}$.

$P_{A01} = S_{A01} \cdot \cos \varphi = 40.136_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 24.884{,}32_{(W)}$.

Intensidad: $I_{A01} = \dfrac{P_{A01(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{24.884{,}32\ _{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}62} = 58_{(A)}$.

□ Alimentación A02 bomba B1 para la circulación de agua.

Potencia: $S_{A02} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400_{(V)} \cdot 1{,}3_{(A)} = 899{,}6_{(VA)}$.

L 6.4

$P_{A02} = S_{A02} \cdot \cos \varphi = 899{,}6_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 557{,}76_{(W)}$.

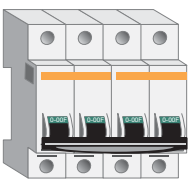
Intensidad: $I_{A02} = \dfrac{P_{A02(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{557{,}76\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}62} = 1{,}3\ (A)$.

□ Alimentación A09 bomba B3 para la circulación de agua en los depósitos.
Potencia:

$S_{A09} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2_{(A)} = 460_{(VA)}$.

$P_{A09} = S_{A09} \cdot \cos \varphi = 460_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 368_{(W)}$.

Intensidad: $I_{A09} = \dfrac{P_{A09(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{368\ (W)}{230\ (V) \cdot 0{,}8} = 2_{(A)}$.



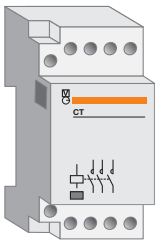
Q_{A01} y Q_{A02}



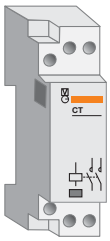
Q_{A09}

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	Q_{A01}	Q_{A02}	Q_{A09}
Modelo	C60N	C60N	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	1+N
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	63 A	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	56,70 A	2,75 A	2,75A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Contactor tipo CT	CT_{A01}	CT_{A02}	CT_{A03}
Calibre	63 A	16 A	16 A
Número de polos	3	4	1+N
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):			
tipo XLPE 3x. F. 16 mm^2 →	105 A		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →		24 A	24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$			
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$			
Intensidad real de circulación			
= 91 A · 0,96 · 0,75 =	75,6 A		
= 21 A · 0,96 · 0,75 =		17,28 A	17,28 A



CT_{A01} y CT_{A02}



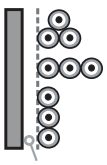
CT_{A03}

□ Alimentación de la maniobra sector M01.
Potencia:

$S_{M01} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}9_{(A)} = 667_{(VA)}$.

$P_{M01} = S_{M01} \cdot \cos \varphi = 667_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 533{,}6_{(W)}$.

Intensidad: $I_{M01} = \dfrac{P_{M01(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{533{,}6\ (W)}{230\ (V) \cdot 0{,}8} = 2_{(A)}$.



F

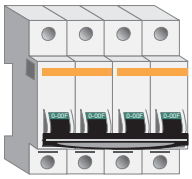
□ Alimentación A04 y A12 Fancoil S1 y ambientador A12.
Potencia:

$S_{A04/12} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400\ (V) \cdot \dfrac{1{,}3 + 1{,}3 + 1{,}8}{3}\ (A) = 1.014{,}94\ (VA)$.

$P_{A04/12} = S_{A04/12} \cdot \cos \varphi = 1.014{,}94_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 629{,}26_{(W)}$.

Intensidad: $I_{A04/12} = \dfrac{P_{A04/12(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{629{,}26\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}62} = 1{,}7\ (A)$.

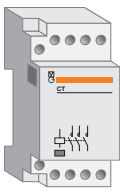
L
6.4



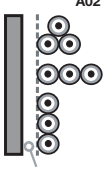
Q_{A04}



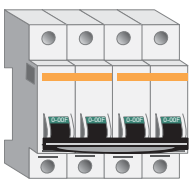
Q_{AM01}



CT_{A02}



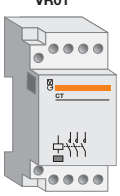
F



Q_{A03}



Q_{VR01}



CT_{A03}



CT_{VR01}

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	Q_{AM01}	Q_{A04}
Modelo	DPN	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	3A	3A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	2,75 A	2,75 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Contactor tipo CT		CT_{A02}
Calibre		16 A
Número de polos		4

Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →	24 A	24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$		
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$		
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A	17,28 A

□ Alimentación A03 bomba para la circulación de agua.

Potencia:

$$S_{A03} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400_{(V)} \cdot 1,3_{(A)} = 899,6_{(VA)}.$$

$$P_{A03} = S_{A03} \cdot \cos \varphi = 899,6_{(VA)} \cdot 0,62 = 557,76_{(W)}.$$

$$\text{Intensidad: } I_{A03} = \frac{P_{A03(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{557,76_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,62} = 1,3_{(A)}.$$

□ Alimentación R01 ventilador.

Potencia:

$$S_{R01} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1,4_{(A)} = 322_{(VA)}.$$

$$P_{R01} = S_{R01} \cdot \cos \varphi = 322_{(VA)} \cdot 0,8 = 257,6_{(W)}.$$

$$\text{Intensidad: } I_{R01} = \frac{P_{R01(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{257,6_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,8} = 1,4_{(A)}.$$

■ Aparamenta:

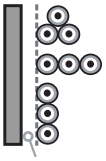
□ Interruptores automáticos	Q_{VR01}	Q_{A03}
Modelo	DPN	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	2,75 A	2,75 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Contactor tipo CT	CT_{VR01}	CT_{A03}
Calibre	16 A	16 A
Número de polos	1+N	4

Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

L 6.4



F

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →	24 A	24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$		
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$		
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A	17,28 A

■ Grupo 2.º:

□ Alimentación A05 bomba de calor S2.

Potencia:

$S_{A05} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400_{(V)} \cdot 58_{(A)} = 40.136_{(VA)}$.

$P_{A05} = S_{A05} \cdot \cos \varphi = 40.136_{(VA)} \cdot 0,62 = 24.884,32_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{A05} = \frac{P_{A05(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{24.884,32\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,62} = 58_{(A)}.$$

□ Alimentación A03 bomba B2 para la circulación de agua.

Potencia:

$S_{A03} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400_{(V)} \cdot 1,3_{(A)} = 899,6_{(VA)}$.

$P_{A03} = S_{A03} \cdot \cos \varphi = 899,6_{(VA)} \cdot 0,62 = 557,76_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{A03} = \frac{P_{A03(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{557,76\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,62} = 1,3_{(A)}.$$

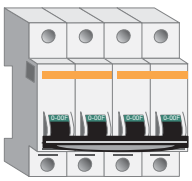
□ Alimentación A08 y A13 Fancoil 2.

Potencia:

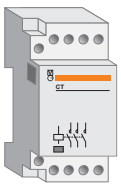
$$S_{A08/13} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{1,3 + 1,8 + 1,3}{3}\ (A) = 1.014,94\ (VA).$$

$P_{A08/13} = S_{A08/13} \cdot \cos \varphi = 1.014,94_{(VA)} \cdot 0,62 = 629,26_{(W)}$.

$$\text{Intensidad: } I_{A08/13} = \frac{P_{A08/13(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{629,26\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,62} = 1,7_{(A)}.$$



Q_{A05}, Q_{A03} y $Q_{A08-A13}$



CT_{A05}, CT_{A03} y $T_{A08-A13}$

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos

	Q_{A05}	Q_{A03}	$Q_{A08-A13}$
Modelo	C60N	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	4
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	63 A	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	56,70 A	2,75 A	2,75 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

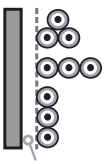
□ Contactor tipo CT

	CT_{A05}	CT_{A03}	$CT_{A08-A13}$
Calibre	63 A	16 A	16 A
Número de polos	3	4	4

Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 16 mm² →	105 A		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →		24 A	24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$			
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$			



F

Intensidad real de circulación			
= 91 A · 0,96 · 0,75 =	75,6 A		
= 21 A · 0,96 · 0,75 =		17,28 A	17,28 A

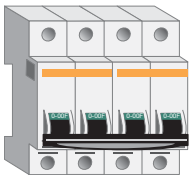
□ Alimentación A07 bomba B2 para la circulación de agua

Potencia:

$S_{A07} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = \sqrt{3} \cdot 400_{(V)} \cdot 1{,}3_{(A)} = 899{,}6_{(VA)}$.

$P_{A07} = S_{A07} \cdot \cos \varphi = 899{,}6_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 557{,}76_{(W)}$.

Intensidad: $I_{A07} = \dfrac{P_{A07(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{557{,}76\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}62} = 1{,}3\ (A)$.



Q_{A37}

□ Alimentación de la maniobra sector M02.

Potencia:

$S_{M02} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}9_{(A)} = 667_{(VA)}$.

$P_{M02} = S_{M02} \cdot \cos \varphi = 667_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 533{,}6_{(W)}$.

Intensidad: $I_{M02} = \dfrac{P_{M02(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{533{,}6\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 2{,}9_{(A)}$.

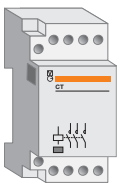


Q_{AM02}

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	Q_{AM02}	Q_{A37}
Modelo	DPN	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	2,75 A	2,75 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 de 2.º Volumen)



CT_{A37}

□ Contactor tipo CT		CT_{A37}	+ $CT_{A37/1}$
Calibre		16 A	16 A
Número de polos		4	1+N

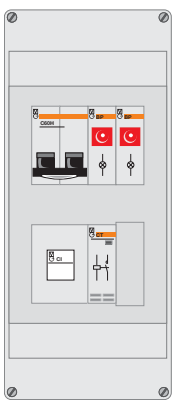
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)



$CT_{A37/1}$

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →	24 A	24 A	24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$			
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$			
Intensidad real de circulación			
= 24 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A	17,28 A	17,28A



C-IT-2-01

Red de régimen IT

Cuadros secundarios ramal 1.º

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-01, Fig. L6.4-293 (página L/976), que alimenta las cargas de las dependencias n.os 1 y 2 servicios y sala general 3.

La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{IT302}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-01/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2_{(A)} = 460_{(VA)}$.

$P_{IT2-01/1} = S_{IT2-01/1} \cdot \cos \varphi = 460_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 322_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-01/1} = \frac{P_{IT2-01/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{322_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,7} = 2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $2_{(A)} \cdot 1,93 = 3,86_{(A)}$.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-01/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 13_{(A)} = 2.990_{(VA)}$.

$P_{IT2-01/2} = S_{IT2-01/2} \cdot \cos \varphi = 2.990_{(VA)} \cdot 0,7 = 2.093_{(W)}$.

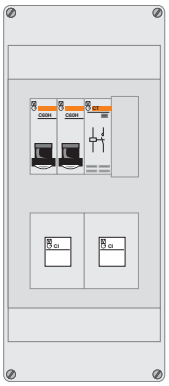
□ La intensidad es: $I_{IT2-01/2} = \frac{P_{IT2-01/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{2.093_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,7} = 13_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $13_{(A)} \cdot 1,93 = 25,09_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-02, Fig. L6.4-296 (página L/977), que alimenta las cargas de la dependencia n.º 3 despacho general 3.

La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{IT302}:



C-IT-2-02

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-02/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 9,2_{(A)} = 2.116_{(VA)}$.

$P_{IT2-02/1} = S_{IT2-02/1} \cdot \cos \varphi = 2.116_{(VA)} \cdot 0,7 = 1.481,2_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-02/1} = \frac{P_{IT2-02/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{1.481,2_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,7} = 9,2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $9,2_{(A)} \cdot 1,93 = 17,76_{(A)}$.

□ La potencia de la carga es:

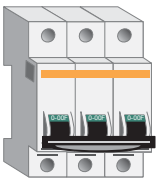
$S_{IT2-02/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1,4_{(A)} = 322_{(VA)}$.

$P_{IT2-02/2} = S_{IT2-02/2} \cdot \cos \varphi = 322_{(VA)} \cdot 0,7 = 225,4_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-02/2} = \frac{P_{IT2-02/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{225,4_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,7} = 1,4_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $1,4_{(A)} \cdot 1,93 = 2,7_{(A)}$.



$Q_{302-01/2}$

■ Aparamenta:



$Q_{302-01/1}$, $Q_{302-02/1}$ y $Q_{302-02/2}$

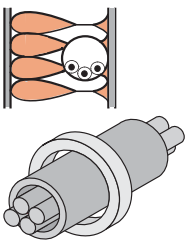
□ Interruptores automáticos	**$Q_{302-01/1}$**	**$Q_{302-01/2}$**	**$Q_{302-02/1}$**	**$Q_{302-02/2}$**
Modelo	DPN	C60N	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A	A
Número de polos	1+N	3 (2+N)	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	6	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B	B
Intensidad nominal	6 A	32 A	20 A	6 A
Temperatura de referencia	30 ºC	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC	45 ºC	45 ºC	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	5,6 A	29,80 A	18,56 A	5,6 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo A C02. F. 1,5 mm² →	17,5 A			17,5 A
tipo A C02. F. 2,5 mm² →			24 A	
tipo A C02. F. 4 mm² →		33 A		

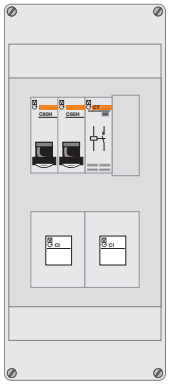
□ Núcleo toroidal	**TA-68**	**TA-69**	**TA-70**	**TA-71**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30	TA-30



TA-66, TA-73 y TA-81

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-03, Fig. L6.4-299 (página L/979), que alimenta las cargas de la dependencia n.º 3 despacho general 3.

La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{302}:



C-IT-2-03

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-03/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 9{,}2_{(A)} = 2.116_{(VA)}$.

$P_{IT2-03/1} = S_{IT2-03/1} \cdot \cos \varphi = 2.116_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.481{,}2_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-03/1} = \dfrac{P_{IT2-03/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.481{,}2\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 9{,}2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $9{,}2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 17{,}76_{(A)}$.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-03/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}8_{(A)} = 414_{(VA)}$.

$P_{IT2-03/2} = S_{IT2-03/2} \cdot \cos \varphi = 414_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 289{,}8_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-03/2} = \dfrac{P_{IT2-03/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{289{,}8\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 1{,}8_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $1{,}8_{(A)} \cdot 1{,}93 = 3{,}48_{(A)}$.

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	$Q_{302-03/1}$	$Q_{302-03/2}$
Modelo	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	20 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	18,56 A	5,6 A

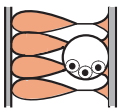
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

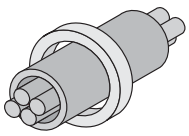


$Q_{IT2-03/1}$ y $Q_{IT2-03/2}$

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo A C02. F. 1,5 mm² →		17,5 A
tipo A C02. F. 2,5 mm² →	24 A	





TA-84 y TA-85

□ Núcleo toroidal	**TA-72**	**TA-80**
Tipo A	TA-30	TA-30

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-04, Fig. L6.4-301 (página L/979), que alimenta las cargas de la dependencia n.º 3 despacho general 3.

La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{302}:

Fase L2.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-03/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 9{,}2_{(A)} = 2.116_{(VA)}$.

$P_{IT2-03/1} = S_{IT2-03/1} \cdot \cos \varphi = 2.116_{VA)} \cdot 0{,}7 = 1.481{,}2_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-03/1} = \dfrac{P_{IT2-03/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.481{,}2\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 9{,}2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $9{,}2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 17{,}76_{(A)}$.

Fase L3.

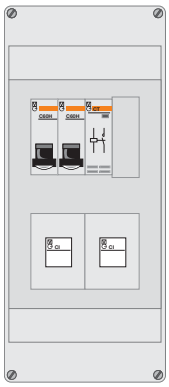
□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-04/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 10_{(A)} = 2.300_{(VA)}$.

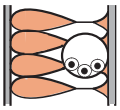
$P_{IT2-04/1} = S_{IT2-04/1} \cdot \cos \varphi = 2.300_{VA)} \cdot 0{,}7 = 1.610_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-04/1} = \dfrac{P_{IT2-04/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.610\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 10_{(A)}$.

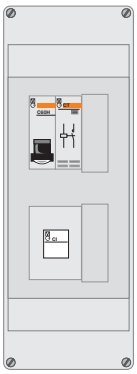
Tasa de armónicos: THDI = 93%.



C-IT-2-04



Intensidad del ramal + THDI = $10_{(A)} \cdot 1,93 = 19,3_{(A)}$.
Neutro.
N = (L2 · cos φ) + (L3 · cos φ') = (9,2 A · cos 62° 30') + (10 A · cos 57° 30') =
= (9,2 A · 0,88701) + (10 A · 0,84339) = 8,16 A + 8,85 A = 17,01 A.

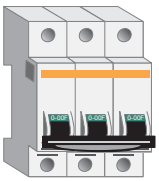


C-IT-2-05

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $17,01_{(A)} \cdot 1,93 = 32,83_{(A)}$.
□ La potencia de la carga es:
$S_{IT2-04/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1,8_{(A)} = 414_{(VA)}$.
$P_{IT2-04/2} = S_{IT2-04/2} \cdot \cos \varphi = 414_{(VA)} \cdot 0,7 = 289,8_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-04/2} = \dfrac{P_{IT2-04/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{289,8\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0,7} = 1,8_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $1,8_{(A)} \cdot 1,93 = 3,48_{(A)}$.



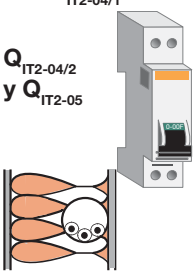
$Q_{IT2-04/1}$

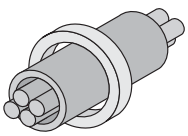
■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-05, Fig. L6.4-305 (página L/981), que alimenta las cargas de la dependencia n.º 3 despacho general 3.
La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{302}:
□ La potencia de la carga es:
$S_{IT2-05} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2,3_{(A)} = 529_{(VA)}$.
$P_{IT2-05} = S_{IT2-04/2} \cdot \cos \varphi = 529_{(VA)} \cdot 0,7 = 370,3_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-05} = \dfrac{P_{IT2-04/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{370,3\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0,7} = 2,3_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $2,3_{(A)} \cdot 1,93 = 4,44_{(A)}$.

$Q_{IT2-04/2}$ y Q_{IT2-05}

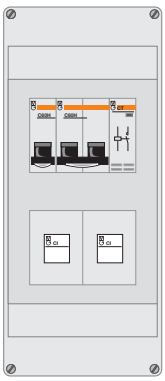




TA-86, TA-87 y TA-88

■ Aparamenta:

	$Q_{302-04/1}$	$Q_{302-04/2}$	Q_{302-05}
□ Interruptores automáticos			
Modelo	C60N	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	3	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	40 A	6 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	36,80 A	5,6 A	5,6 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):			
tipo A C02. F. 1,5 mm² →		17,5 A	17,5 A
tipo A C02. F. 6 mm² →	41 A		
□ Núcleo toroidal	**TA-79**	**TA-78**	**TA-77**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30



C-IT-2-06

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-06, Fig. L6.4-308 (página L/983), que alimenta las cargas de la dependencia n.º 3 despacho general 3.
La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{302}:
Fase L2.
□ La potencia de la carga es:
$S_{IT2-06/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 9,2_{(A)} = 2.116_{(VA)}$.
$P_{IT2-06/1} = S_{IT2-06/1} \cdot \cos \varphi = 2.116_{(VA)} \cdot 0,7 = 1.481,2_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-06/1} = \frac{P_{IT2-06/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{1.481{,}2\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 9{,}2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $9{,}2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 17{,}76_{(A)}$.

Fase L3.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-06/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 15_{(A)} = 3.450_{(VA)}$.

$P_{IT2-06/1} = S_{IT2-06/1} \cdot \cos \varphi = 3.450_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 12.415_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-06/1} = \frac{P_{IT2-06/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{2.415\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 15_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $115_{(A)} \cdot 1{,}93 = 28{,}95_{(A)}$.

Neutro.

N = (L2 · cos φ) + (L3 · cos φ') = (9,2 A · cos 74° 23') + (15 A · cos 45° 37') =
= (9,2 A · 0,96308) + (15 A · 0,71468) = 8,86 A + 10,72 A = 19,58 A.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $19{,}58_{(A)} \cdot 1{,}93 = 37{,}79_{(A)}$.

□ La potencia de la carga es:

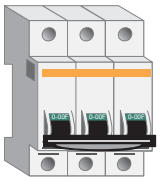
$S_{IT2-06/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}8_{(A)} = 414_{(VA)}$.

$P_{IT2-06/2} = S_{IT2-06/2} \cdot \cos \varphi = 414_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 289{,}8_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-06/2} = \frac{P_{IT2-06/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{289{,}8\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 1{,}8_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

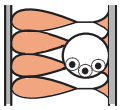
Intensidad del ramal + THDI = $1{,}8_{(A)} \cdot 1{,}93 = 3{,}474_{(A)}$.

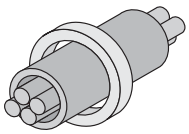


$Q_{302-06/1}$

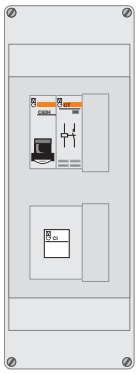


$Q_{302-02/6/2}$





TA-82 y TA-83



C-IT-2-07

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	**$Q_{302-06/1}$**	**$Q_{302-06/2}$**
Modelo	C60N	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3	1+N
Poder de corte (kA)	6	4,5
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	50 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	45,50 A	5,6 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo A C02. F. 1,5 mm² →		17,5 A
tipo A C02. F. 10 mm² →	56 A	
□ Núcleo toroidal	**TA-76**	**TA-75**
Tipo A	TA-30	TA-30

Cuadros secundarios de ramal n.º 2

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-07, Fig. L6.4-310 (página L/983), que alimenta las cargas de las dependencias n.os 11 pasillo y 5 vestíbulo.

La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{402}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-07} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 0{,}8_{(A)} = 184_{(VA)}$.

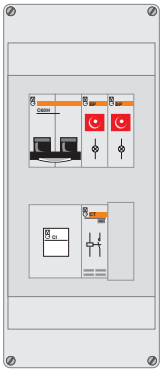
$P_{IT2-07} = S_{IT2-07} \cdot \cos \varphi = 184_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 128{,}8_{(W)}$.

L 6.4

□ La intensidad es: $I_{IT2-07} = \frac{P_{IT2-07}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{128{,}8\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 0{,}8_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $0{,}8_{(A)} \cdot 1{,}93 = 1{,}55_{(A)}$.



C-IT-2-08

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-08, Fig. L6.4-314 (página L/986), que alimenta las cargas de las dependencias n.os 9 y 10 servicios y 8 despacho general. La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{402}:
Fases L1 y L2.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-08/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 13_{(A)} = 2.990_{(VA)}$.

$P_{IT2-08/1} = S_{IT2-08/1} \cdot \cos \varphi = 2.990_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 2.093_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-08/1} = \frac{P_{IT2-08/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{2.093\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 13_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $13_{(A)} \cdot 1{,}93 = 25{,}09_{(A)}$.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-08/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2_{(A)} = 460_{(VA)}$.

$P_{IT2-08/2} = S_{IT2-08/2} \cdot \cos \varphi = 460_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 322_{(W)}$.

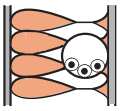
□ La intensidad es: $I_{IT2-08/2} = \frac{P_{IT2-08/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{322\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 2_{(A)}$.

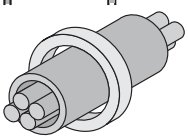
Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 3{,}86_{(A)}$.



Q_{402-07} y Q_{402-08}

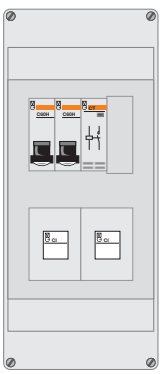




TA-68 y TA-69

■ Aparamenta:

	Q_{402-07}	$Q_{402-08/1}$	$Q_{402-08/2}$
□ Interruptores automáticos			
Modelo	DPN	C60N	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	3 (2+N)	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	6	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	6 A	50 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,75 A	45,5 A	2,75 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):			
tipo A C02. F. 1,5 mm^2 →	17,5 A		17,5 A
tipo A C02. F. 10 mm^2 →		56 A	
□ Núcleo toroidal	**TA-74**	**TA-73**	**TA-81**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30



C-IT-2-09

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-09, Fig. L6.4-317 (página L/987), que alimenta las cargas de la dependencia n.º 9 despacho general.
La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{402}:

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-09/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 9{,}2_{(A)} = 2.116_{(VA)}$.

$P_{IT2-09/1} = S_{IT2-09/1} \cdot \cos \varphi = 2.116_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.481{,}2_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-09/1} = \frac{P_{IT2-09/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{1.481{,}2\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 9{,}2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $9{,}2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 17{,}75_{(A)}$.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-09/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}4_{(A)} = 552_{(VA)}$.

$P_{IT2-09/2} = S_{IT2-09/2} \cdot \cos \varphi = 552_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 386{,}4_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-09/2} = \dfrac{P_{IT2-09/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{386{,}4\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 2{,}4_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $2{,}4_{(A)} \cdot 1{,}93 = 4{,}632_{(A)}$.

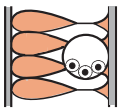


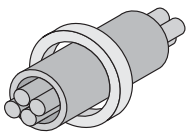
Q_{402-08}, $Q_{402-09/1}$ y $Q_{402-09/2}$

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	**$Q_{402-09/1}$**	**$Q_{402-09/2}$**
Modelo	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	20 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	18,56 A	2,75 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)





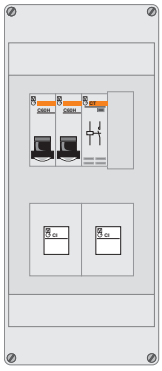
TA-76, TA-70 y TA-71

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo A C02. F. 1,5 mm² →		17,5 A
tipo A C02. F. 2,5 mm² →	24 A	
□ Núcleo toroidal	**TA-82**	**TA-83**
Tipo A	TA-30	TA-30

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-010, Fig. L6.4-320 (página L/989), que alimenta las cargas de las dependencias n.os 9 y 8 despacho general.

La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{402}:



C-IT-2-010

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-10/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 9{,}2_{(A)} = 2.116_{(VA)}$.

$P_{IT2-10/1} = S_{IT2-10/1} \cdot \cos \varphi = 2.116_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.481{,}2_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-10/1} = \dfrac{P_{IT2-09/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.481{,}2\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 9{,}2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $9{,}2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 17{,}75_{(A)}$.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-10/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}8_{(A)} = 644_{(VA)}$.

$P_{IT2-10/2} = S_{IT2-10/2} \cdot \cos \varphi = 644_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 450{,}8_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-10/2} = \dfrac{P_{IT2-10/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{450{,}8\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 2{,}8_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $2{,}8_{(A)} \cdot 1{,}93 = 5{,}404_{(A)}$.

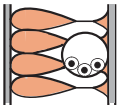


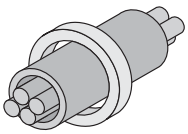
$Q_{402-10/1}$ y $Q_{402-10/2}$

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	**$Q_{IT2-10/1}$**	**$Q_{IT2-10/2}$**
Modelo	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B

L 6.4





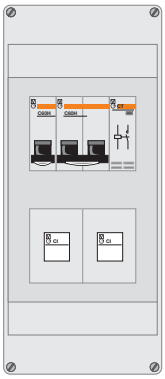
TA-79 y TA-78

Intensidad nominal	20 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	18,56 A	5,60 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo A C02. F. 1,5 mm² →		17,5 A
tipo A C02. F. 2,5 mm² →	24 A	
□ Núcleo toroidal	**TA-84**	**TA-85**
Tipo A	TA-30	TA-30



C-IT-2-011

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-011, Fig. L6.4-323 (página L/990), que alimenta las cargas de las dependencias n.os 9 y 8 despacho general.
La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{402}:
Fase L2.
□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-11/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 9{,}2_{(A)} = 2.116_{(VA)}$.

$P_{IT2-11/1} = S_{IT2-11/1} \cdot \cos \varphi = 2.116_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.481{,}2_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-11/1} = \dfrac{P_{IT2-11/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.481{,}2\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 9{,}2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $9{,}2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 17{,}76_{(A)}$.

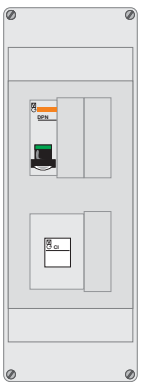
Fase L3.
□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-11/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 10_{(A)} = 2.300_{(VA)}$.

$P_{IT2-11/1} = S_{IT2-11/1} \cdot \cos \varphi = 2.300_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.610_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-11/1} = \dfrac{P_{IT2-11/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{1.610\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 10_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $10_{(A)} \cdot 1{,}93 = 19{,}3_{(A)}$.
Neutro.
N = (L2 · cos φ) + (L3 · cos φ') = (9,2 A · cos 62° 30') + (10 A · cos 57° 30') =
= (9,2 A · 0,88701) + (10 A · 0,84339) = 8,16 A + 8,85 A = 17,01 A.
Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $17{,}01_{(A)} \cdot 1{,}93 = 32{,}83_{(A)}$.



C-IT-2-012

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-11/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 3_{(A)} = 690_{(VA)}$.

$P_{IT2-11/2} = S_{IT2-11/2} \cdot \cos \varphi = 690_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 483_{(W)}$.

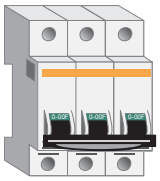
□ La intensidad es: $I_{IT2-11/2} = \dfrac{P_{IT2-11/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{483\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 3_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $3_{(A)} \cdot 1{,}93 = 5{,}79_{(A)}$.

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-012, Fig. L6.4-326 (página L/992), que alimenta las cargas de la dependencia n.º 8 despacho general.
La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{402}:
□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-12} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1{,}4_{(A)} = 230_{(VA)}$.

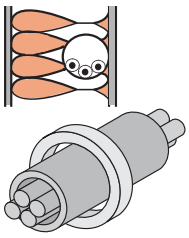
$P_{IT2-12} = S_{IT2-12} \cdot \cos \varphi = 322_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 225{,}4_{(W)}$.



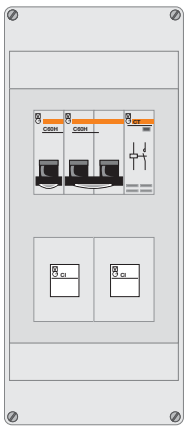
$Q_{IT2-11/1}$



$Q_{402-11/2}$ y Q_{402-12}



TA-77, TA-76 y TA-75



C-IT-2-013

□ La intensidad es: $I_{IT2-12} = \frac{P_{IT2-12}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{225{,}4\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 1{,}4_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $1{,}4_{(A)} \cdot 1{,}93 = 2{,}7_{(A)}$.

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	$Q_{IT2-11/1}$	$Q_{IT2-11/2}$	Q_{IT2-12}
Modelo	C60N	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	3	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	4,5	4,5
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	40 A	6 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	36,85 A	5,70 A	5,70 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red			
(Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):			
tipo A C02. F. 1,5 mm^2 →		17,5 A	17,5 A
tipo A C02. F. 6 mm^2 →	41 A		
□ Núcleo toroidal	**TA-86**	**TA-87**	**TA-88**
Tipo A	TA-30	TA-30	TA-30

■ Disponemos del cuadro secundario IT-2-013, Fig. L6.4-329 (página L/993), que alimenta las cargas de la dependencia n.º 9 despacho general.

La alimentación deriva del ramal 1.º, por tanto del interruptor automático Q_{402}:

Fase L1.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-13/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 10_{(A)} = 2.300_{(VA)}$.

$P_{IT2-13/1} = S_{IT2-13/1} \cdot \cos \varphi = 2.300_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 1.610_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-13/1} = \frac{P_{IT2-13/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{1.610\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 10_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $10_{(A)} \cdot 1{,}93 = 19{,}3_{(A)}$.

Fase L3.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-13/1} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 14{,}2_{(A)} = 3.266_{(VA)}$.

$P_{IT2-13/1} = S_{IT2-13/1} \cdot \cos \varphi = 3.266_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 2.286{,}2_{(W)}$.

□ La intensidad es: $I_{IT2-13/1} = \frac{P_{IT2-13/1}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{2.286{,}2\ (W)}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 14{,}2_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $14{,}2_{(A)} \cdot 1{,}93 = 27{,}41_{(A)}$.

Neutro.

N = (L1 · cos φ) + (L3 · cos φ') = (9,2 A · cos 72° 50') + (14,2 A · cos 47° 10') =

= (9,2 A · 0,95545) + (14,2 A · 0,73333) = 8,79 A + 10,42 A = 19,21 A.

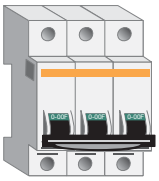
Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $19{,}21_{(A)} \cdot 1{,}93 = 37{,}06_{(A)}$.

□ La potencia de la carga es:

$S_{IT2-13/2} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 2{,}3_{(A)} = 529_{(VA)}$.

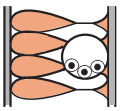
$P_{IT2-13/2} = S_{IT2-13/2} \cdot \cos \varphi = 529_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 370{,}3_{(W)}$.

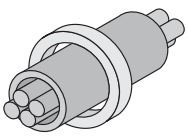


$Q_{402\text{-}13/1}$



$Q_{402\text{-}13/2}$





TA-72 y TA-80

□ La intensidad es: $I_{IT2-13/2} = \frac{P_{IT2-13/2}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{370{,}3_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}7} = 2{,}3_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $0{,}8_{(A)} \cdot 1{,}93 = 4{,}439_{(A)}$.

■ Aparamenta:

□ Interruptores automáticos	$Q_{402\text{-}13/1}$	$Q_{402\text{-}13/2}$
Modelo	C60N	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3	1+N
Poder de corte (kA)	6	4,5
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	50 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	45,50 A	5,70 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):		
tipo A C02. F. 1,5 mm² →		17,5 A
tipo A C02. F. 10 mm² →	56 A	
□ Núcleo toroidal	**TA-96**	**TA-95**
Tipo A	TA-30	TA-30

Cuadro de distribución BT

Segunda planta (CDP 2.ª)

La energía suministrada por la alimentación se subdivide en dos redes, una en régimen TT y otra en régimen IT.

Desde la red de régimen TT se alimentarán todas las cargas excepto las correspondientes al uso informático y alumbrado de reemplazamiento.

Red de régimen TT

Clasificación de las cargas 2.ª planta					
	K	**Cos φ**	**I (A) Fase**		
			L1	L2	L3
Conectores	0,6	0,8	**43,1**	**44,1**	**42,6**
Ramal izquierdo 1.º			12,2	12,2	12,4
Ramal derecho 2.º			25,7	26,7	25,0
Ramal agua sanitaria			5,2	5,2	5,2
Alumbrado	1	0,61	**26,27**	**27,47**	**27,56**
Ramal izquierdo 1.º			13,49	14,83	13,93
Ramal derecho 2.º			12,78	12,64	13,63
Acondicionamiento	1	0,8	**127,2**	**125,3**	**125,3**
Ramal izquierdo 1.º				1	
Ramal derecho 2.º					1
Sector 1.º			65,3	62,4	61,9
Sector 2.º			61,9	61,9	62,4
Ventilación	0,8	0,8	**1,4**	**1,6**	**1,6**
Total			**196,57**	**198,47**	**197,06**

Tabla L6.4-371/1: *clasificación de las cargas TT de la 2.ª planta.*

■ K = coeficiente de simultaneidad para el cálculo de la red (ver Tabla B4-006, página B/83 del 1.er Volumen).

■ Cos φ, correspondiente a las cargas de la línea.

El alumbrado, el acondicionamiento y la ventilación se compensan hasta un cos φ = 0,98.

Desde la red de régimen IT se alimentarán todas las cargas informáticas, las de alumbrado de reemplazamiento y las alarmas técnicas.
El alumbrado de seguridad queda limitado al alumbrado de evacuación con puntos luz autónomos que se activan a la falta de tensión en el alumbrado general.
La red de régimen TT queda reducida a la alimentación de la línea de conectores, alumbrado, acondicionamiento y ventilación.

Los conectores

Desde el cuadro general distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, todas las dependencias de la primera planta y una red discriminada en horario para el agua sanitaria caliente.
Con esta red alimentaremos:

- Las tomas de corriente de 230 V y las discriminadas.
- Los dispensadores de toallas.
- El hilo musical.
- El confort.
- Un ramal discriminado de agua sanitaria.

Desde las cajas de empalme de cada dependencia derivamos las alimentaciones de las cargas.
En la alimentación para el confort se dispone de capacidad para maniobrar las persianas de forma individual o a la vez.
La alimentación de las tomas de potencia se realizará desde la caja de bornes de cada dependencia.
Disponemos de una fase discriminada para las tomas de corriente de los electrodomésticos de limpieza, a través de un reloj programador (línea de color naranja).
Tanto la generación de armónicos como el desfase de las cargas conocidas es insignificante, por tanto dejaremos su tratamiento englobado en la compensación general.
La línea discriminada para las tomas de corriente utilizables para la limpieza, conducen en el ramal 1.º 7,25 A y en el segundo 6,50, con un total de 13,75 A.

Control tomas de corriente ramal 1.º

- Potencia ramal 1.º:

$$S_{c103(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(12{,}2 + 12{,}2 + 12{,}4)}{3}_{(A)} = 8.488{,}54_{(VA)}.$$

$$P_{c103(W)} = S_{c103(VA)} \cdot \cos \varphi = 8.488{,}54_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 6{,}790{,}83_{(W)}.$$

- Intensidad ramal 1.º: $I_{c103(A)} = \frac{P_{c103(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{6.790{,}83_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 12{,}11_{(A)}.$

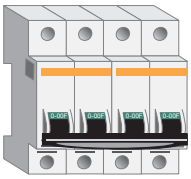
Control tomas de corriente ramal 2.º

- Potencia ramal 2.º:

$$S_{c104(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(25{,}7 + 26{,}7 + 25)}{3}_{(A)} = 18.085{,}8_{(VA)}.$$

$$P_{c104(W)} = S_{c104(VA)} \cdot \cos \varphi = 18.085{,}8_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 14.468{,}64_{(W)}.$$

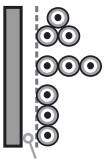
- Intensidad ramal 2.º: $I_{c104(A)} = \frac{P_{c104(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{14.468{,}64_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 25{,}6_{(A)}.$



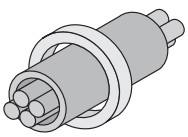
Q_{c103} y Q_{c104}



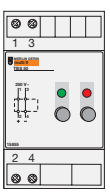
Q_{c108}



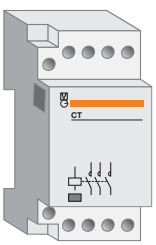
F



T_{c103} y T_{c104}



R_{c103} y R_{c104}



CT_{c103} y CT_{c104}

Control tomas de corriente ramal discriminado

Intensidad ramal discriminado: $I_{(A)} = I_{1(A)} + I_{2(A)} = 7{,}25_{(A)} + 6{,}50_{(A)} = 13{,}75_{(A)}$.

■ Aparamenta:

	Q_{c103}	Q_{c104}	Q_{c108}
□ Interruptor automático			
Modelo	C60N	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	1
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	16 A	32 A	16 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	14,70 A	29,80 A	14,70 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 de 2.º Volumen)			
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):			
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →	24 A		24A
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm^2 →		33 A	
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$			
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$			
Intensidad real de circulación			
= 24 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A		17,28 A
= 33 A · 0,96 · 0,75 =		23,76 A	
□ Núcleo toroidal	T_{c103}	T_{c104}	
Tipo A	TA-30	TA-30	
□ Relé	R_{c103}	R_{c104}	
Tipo	RH21	RH21	
Intensidad de fuga IΔn	0,03	0,03	
Rango del 80 al 100%			
□ Contactor tipo CT	CT_{c103}	CT_{c104}	CT_{c108}
Calibre	16 A	40 A	16 A
Número de polos	4	4	1
Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)			

Alimentación base control ramal 1.º del confort

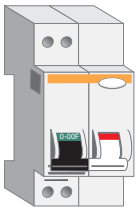
Módulo de alimentación sistema domótico.
Potencia de consumo 150 mA.
Tensión de alimentación 230 V CA 50 Hz.
Temperatura de utilización +5 a +55 ºC.

Alimentación base control ramal 2.º del confort

Módulo de alimentación sistema domótico.
Potencia de consumo 150 mA.
Tensión de alimentación 230 V CA 50 Hz.
Temperatura de utilización +5 a +55 ºC.

Alimentación control circuito discriminado

Interruptor horario IHP 2C.
Potencia de consumo 10,5 W.
Tensión de alimentación 230 V CA 50 Hz.
Temperatura de utilización +5 a +55 ºC.

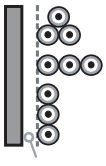


Q_{c105}, Q_{c106} y Q_{c107}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático diferencial	Q_{c105}	Q_{c106}	Q_{c107}
Modelo	DPN Vigirex	DPN Vigirex	DPN Vigirex
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	1 A	1 A	1 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 ºC	1,87 A	1,87 A	1,87 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



F

□ Bloque diferencial	ID_{c105}	ID_{c106}	ID_{c107}
Modelo	DPN N Vigi Incorporado		
Clase	"si"	"si"	"si"
Sensibilidad IΔn	30 mA	30 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A	3.000 A	3.000 A

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo PVC 3x. G. 1,5 $mm^2 \rightarrow$ 21 A
Coeficiente térmico KT = 0,91
Coeficiente por agrupamiento KA = 0,9
Intensidad real de circulación = 21 A · 0,91 · 0,9 = 17,99 A

Control circuito agua sanitaria caliente 2.ª planta

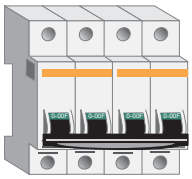
■ Potencia:

$S_{c110(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 5{,}2_{(A)} = 3.645{,}2_{(VA)}$.

$P_{c110(W)} = S_{c110(VA)} \cdot \cos \varphi = 3.645{,}2_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 2.916{,}16_{(W)}$.

■ Intensidad: $I_{c110(VA)} = \dfrac{P_{c110(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{2.916{,}16_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 5{,}2_{(A)}$.

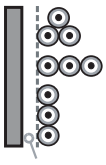
Control descargador de sobretensiones PRD



Q_{c109}

■ Interruptor automático diferencial	Q_{c109}
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20 A

■ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F. 2,5 $mm^2 \rightarrow$ 33 A
Coeficiente térmico KT = 0,96
Coeficiente por agrupamiento KA = 0,75
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A



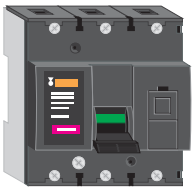
F

Control derivación tomas de corriente y confort de la 2.ª planta

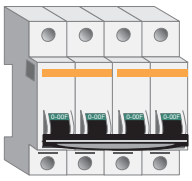
Potencia ramal 1.º = 6.790,83 W.
Potencia ramal 2.º = 14.468,64 W.
Potencia maniobra = 11 W.
Potencia agua sanitaria = 2.916,16 W.
La potencia de las tomas discriminadas y el agua satinaria al ser discriminada en horario no se suman a la potencia diurna.
Potencia total circuito P = 6.790,83 W + 14.468,64 W + 11 W = 24.157,47 W.

■ Intensidad: $I_{c102(A)} = \dfrac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{24.157{,}47_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 43{,}08_{(A)}$.

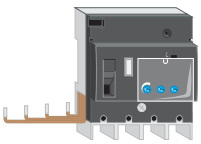
L 6.4



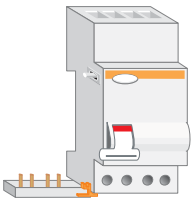
Q_{c102}



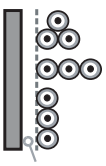
Q_{c110}



ID_{c102}



ID_{c110}



F

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{c102}	Q_{c110}
Modelo	NG125	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3+N	3+N
Poder de corte (kA)	25	6
Característica de desconexión	D	C
Intensidad nominal	100 A	10 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	97,5 A	9,30 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Bloque diferencial	ID_{c102}	ID_{c110}
Modelo Vigi	G125	C60
Intensidad	100 A	25 A
Clase	A S	"si"
Número de polos	4	4
Sensibilidad IΔn	300 mA	30 mA
Temporización de retardo	60 ms	
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	5.000 A	3.000 A
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →		24 A
tipo XLPE 3x. F. 35 mm^2 →	144 A	
Coeficiente térmico KT = 0,96		
Coeficiente por agrupamiento KA = 0,75		
Intensidad real de circulación		
= 24 A · 0,96 · 0,75 =		17,28 A
= 144 A · 0,96 · 0,75 =	103,68 A	

El alumbrado

Desde el cuadro general de planta distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, todas las dependencias de la segunda planta.

Desde cada salida alimentamos un relé TBS el cual da la orden de encender el alumbrado de emergencia con bloques autónomos y el de sustitución, alimentado desde la red IT (SAI), con una hora de autonomía, al fallo de la señal energética de la línea de alumbrado correspondiente.

Desde las cajas de empalme de cada dependencia derivamos las alimentaciones de las cargas.

Tanto la generación de armónicos como el desfase de las cargas es importante, por tanto los trataremos en el conjunto de la derivación.

El 68,8% del consumo tiene un cos φ de 0,52.

El 31,2% del consumo tiene un cos φ de 0,8.

En cos φ medio es de 0,607.

El 68,8% del consumo genera un 37% de armónicos, siendo los armónicos H3 y H5 los que representan el 36 y el 3% respectivamente.

El 31,2% prácticamente no genera armónicos.

La tasa media de armónicos será (THDI): 0,37 · 0,688 = 0,255%.

Control alumbrado ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{I103(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(13{,}49 + 14{,}83 + 13{,}93)}{3}{}_{(A)} = 9.872{,}42_{(VA)}.$$

$P_{l103(W)} = S_{l103(VA)} \cdot \cos \varphi = 9.872,42_{(VA)} \cdot 0,607 = 5.992,55_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{l103(A)} = \dfrac{P_{l103(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{5.992,55\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,607} = 14,27\ (A)$.

Tasa media de armónicos: THDI = 25,5%.
Intensidad del ramal + THDI = $14,27_{(A)} \cdot 1,255 = 17,90_{(A)}$.

Control alumbrado ramal 2.º:

■ Potencia ramal 2.º:

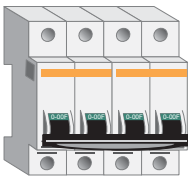
$S_{l104(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \dfrac{(12,78 + 12,64 + 13,63)}{3}\ (A) = 9.124,69\ (VA)$.

$P_{l104(W)} = S_{l104(VA)} \cdot \cos \varphi = 9.124,69_{(VA)} \cdot 0,607 = 5.538,69_{(W)}$.

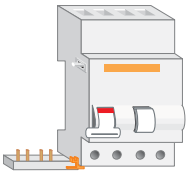
■ Intensidad ramal 2.º: $I_{l104(A)} = \dfrac{P_{l104(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{5.538,69\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,607} = 13,19\ (A)$.

Tasa media de armónicos: THDI = 25,5%.
Intensidad del ramal + THDI = $13,19_{(A)} \cdot 1,255 = 16,55_{(A)}$.

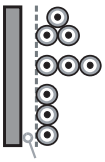
■ Aparamenta:



Q_{l3} y Q_{l4}



ID_{l3} e ID_{l4}



F

□ Interruptor automático	Q_{l3}	Q_{l4}
Modelo	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	20 A	20 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	18,56 A	18,56 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Bloque diferencial	ID_{l3}	ID_{l4}
Modelo	Vigi C60	Vigi C60
Intensidad	25 A	25 A
Clase	"si" S	"si" S
Número de polos	4	4
Sensibilidad IΔn	300 mA	300 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	5.000 A	5.000 A
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm^2 →	33 A	33 A
Coeficiente térmico KT = 0,96		
Coeficiente por agrupamiento KA = 0,75		
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 =	23,76 A	23,76 A

Control compensador activo de armónicos:

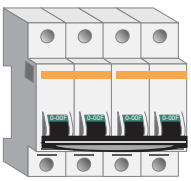
■ Intensidad total alumbrado: $I_{(A)} = \dfrac{26,37 + 27,47 + 27,56}{3} = 27,1\ (A)$.

■ Intensidad total de armónicos: $I_{(TDHI)(A)}$ = (TDHI) 25,5% · $27,1_{(A)} = 6,91_{(A)}$.

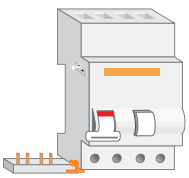
Con un compensador activo filtraremos sobradamente los armónicos.

L 6.4

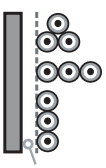
Según la Tabla K4-125, página K4/320 del 4.º Volumen, necesitamos para la protección del compensador activo en régimen TT con el neutro distribuido un Compact con relé electrónico, regulado a $2 \cdot I_r$ y un bloque Vigi Compact. Pero para una intensidad de 6,91 A en tasa THDI no procede.
En nuestro caso sólo tenemos 6,91 A de tasa THDI. Se acostumbran generar crestas en los armónicos del orden de 2,8 veces la nominal, por tanto estamos considerando intensidades de cresta del orden de los 20 A.



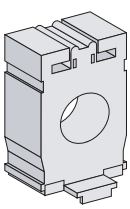
Q_{I5}



ID_{I108}



F



TI_{I108}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{I105}
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	3+N
Poder de corte 380/415 V (kA)	6
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	25 A
Temperatura de referencia	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	23 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Bloque diferencial	ID_{I108}
Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F. 4 $mm^2 \rightarrow 45$ A
Coeficiente térmico KT = 0,96
Coeficiente por agrupamiento KA = 0,75
Intensidad real de circulación = 45 A · 0,96 · 0,75 = 32,4 A

□ Transformador de intensidad	TI_{I108}
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	40 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado

Control batería de compensación del factor de potencia

Potencia total para alumbrado planta 1.ª:

$S_{I106(VA)} = S_{I103(VA)} + S_{I104(VA)} = 9.872{,}42_{(VA)} + 9.124{,}69_{(VA)} = 18.997{,}11_{(VA)}$.

Factor de potencia medio: cos φ = 0,607.
Si deseamos compensar hasta un cos φ = 0,98, según la Tabla E5-003, página E/49 del 1.er Volumen, debemos multiplicar por 1,12 la potencia activa.

■ Potencia activa total:

$P_{I106(VA)} = S_{I106(VA)} \cdot \cos \varphi = 18.997{,}11_{(VA)} \cdot 0{,}607 = 11.531{,}25_{(W)}$.

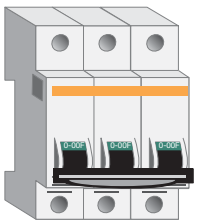
■ Potencia reactiva total:

$Q_{I106(VAr)} = 1{,}12 \cdot P_{I106(VA)} = 1{,}12 \cdot 11.531{,}25_{(W)} = 12.915_{(VAr)}$.

Batería de condensadores de 14,8 kVAr a 400 V.
Escalones 1-1-2, con bases de 3,7 kVAr-3,7 kVAr-3,7 kVAr-7,4 kVAr.

Intensidad: $I_{I106(Ar)} = \frac{Q_{(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \frac{14.800\ (VAr)}{1{,}73 \cdot 400\ (V)} = 21{,}39\ (Ar)$.

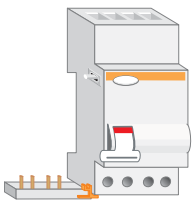
Controlador automático de energía reactiva.



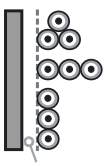
Q_{I6}



Q_{I7} y ID_{I107}



ID_{I106}



F

■ Aparamenta:

	Q_{I106}	Q_{I107}
□ Interruptor automático		
Modelo	C60N	DPN Vigi
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3	1+N
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	D	C
Intensidad nominal	25 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	23,70 A	5,60 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Bloque diferencial	ID_{I106}	ID_{I107}
Modelo	Vigi C60	Vigi
Intensidad	25 A	Incorporado
Clase	"si"	"si"
Número de polos	4	1+N
Sensibilidad IΔn	300 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A	3.000 A
□ Conexiones para el circuito de potencia		
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →		24 A
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm^2 →	33 A	
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$		
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$		
Intensidad real de circulación		
= 24 A · 0,96 · 0,75 =		17,28 A
= 33 A · 0,96 · 0,75 =	23,76 A	
□ Transformador de intensidad	TI_{I106}	
Cantidad	1 ud.	
Intensidad nominal In	40 A	
Corriente del secundario	5 A	
Sobrecarga permanente	1,2 In	
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C	
□ Conexiones para el secundario del TI		
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado		

Control de calidad y el consumo de la energía en la derivación

Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.

Puerto de conexión a la red interna RS48.

Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.

Conexiones para la toma de datos de la red.

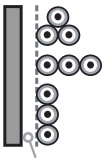
■ Aparamenta:

	Q_{I108}
□ Interruptor automático	
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A

L 6.4

Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	3 A
Temperatura de referencia	30 ºC
Temperatura de trabajo	45 ºC
Intensidad nominal a 45 ºC	2,7 A

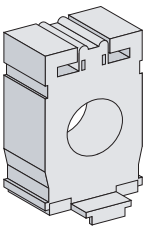
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



F

□ Bloque diferencial	**ID_{I108}**
Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A

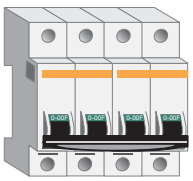
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 $mm^2 \rightarrow$ 24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A



TI_{I108}

□ Transformador de intensidad	**TI_{I108}**
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	40 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado



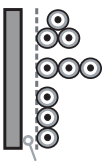
Q_{I109}

Control descargador de sobretensiones PRD

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{I109}**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20 A

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F. 2,5 $mm^2 \rightarrow$ 33 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A

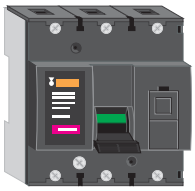


F

Control derivación alumbrado de la 1.ª planta

Potencia ramal 1.º = 9.872,42 W.
Potencia ramal 2.º = 9.124,69 W.
Potencia maniobra = 11 W.
Potencia total circuito P = 9.872,42 W + 9.124,69 W + 11 W = 19.008,11 W.

■ Intensidad: $I_{(A)} = \dfrac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{19.008,11_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,98} = 28,03_{(A)}$.



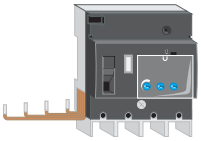
Q_{I102}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{I102}**
Modelo	NG125
Categoría de empleo	A
Número de polos	3+N
Poder de corte (kA)	25
Intensidad nominal	80 A
Temperatura de referencia	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	78 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F.16 mm² → 105 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 05 A · 0,96 · 0,75 = 5,6 A

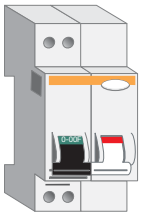


ID_{I102}

□ Bloque diferencial	**ID_{I102}**
Modelo	Vigi NG125
Intensidad	125 A
Clase	A S
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	300 mA
Temporización de retardo	60 ms
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 ms	5.000 A

Alumbrado de emergencia (señalización)

Las indicaciones de orientación en caso de emergencia son autónomas y se cargan desde la misma red de alumbrado, para una duración de una hora.
Se activan por el fallo de la red de alumbrado correspondiente por medio de dos TBS.

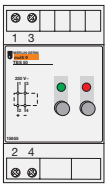


Q_{IE110} y Q_{IE111}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{IE110}**	**Q_{IE111}**
Modelo	DPN Vigi	DPN Vigi
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	6 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	5,60 A	5,60 A

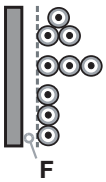
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



TBS - 50

□ Bloque diferencial	**ID_{IE110}**	**ID_{IE111}**
Modelo	Vigi	Vigi
Intensidad	Incorporado	
Clase	“si”	“si”
Número de polos	1+N	1+N
Sensibilidad IΔn	30 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 ms	3.000 A	3.000 A
□ Bloque emergencia	TBS-50	TBS-50

□ Conexiones para el circuito
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A



F

Coeficiente térmico $K_T = 0,96$.
Coeficiente por agrupamiento KA = 0,75.
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A.

Acondicionamiento y ventilación

Acondicionamiento

Desde el cuadro general de la planta alimentaremos el cuadro secundario de acondicionamiento.
En el cuadro secundario de accionamiento distribuiremos dos secciones de generación de agua climatizada y dos ramales de alimentación de los fancoils.

Control acondicionamiento sección 1.ª

■ Potencia ramal 3.º (circuito A3):

$$S_{A105/1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(65,3 + 62,4 + 61,9)}{3}_{(A)} = 43.734,4_{(VA)}.$$

$$P_{A105/1(W)} = S_{A105/1(VA)} \cdot \cos \varphi = 43.734,4_{(VA)} \cdot 0,8 = 34.987,52_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 3.º: $I_{A105/1(A)} = \frac{P_{A105/1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{34.987,52_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,8} = 63,2_{(A)}$.

Control acondicionamiento sección 2.ª

■ Potencia ramal 3.º (circuito A3):

$$S_{A105/2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(61,9 + 61,9 + 62,4)}{3}_{(A)} = 42.950,14_{(VA)}.$$

$$P_{A105/2(W)} = S_{A105/2(VA)} \cdot \cos \varphi = 42.950,14_{(VA)} \cdot 0,8 = 34.360,11_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 3.º: $I_{A105/2(A)} = \frac{P_{A105/2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{34.360,11_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,8} = 62,07_{(A)}$.

Control acondicionamiento ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º (circuito A3):

$$S_{A103(VA)} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1_{(A)} = 230_{(VA)}.$$

$$P_{A103(W)} = S_{A103(VA)} \cdot \cos \varphi = 230_{(VA)} \cdot 0,8 = 184_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{A103(A)} = \frac{P_{A103(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{184_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,8} = 1_{(A)}$.

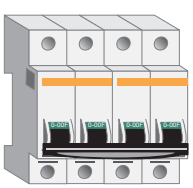
Control acondicionamiento ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º (circuito A2):

$$S_{A104(VA)} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1_{(A)} = 230_{(VA)}.$$

$$P_{A104(W)} = S_{A104(VA)} \cdot \cos \varphi = 230_{(VA)} \cdot 0,8 = 184_{(W)}.$$

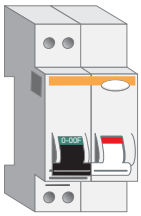
■ Intensidad ramal 2.º: $I_{A104(A)} = \frac{P_{A104(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{184_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0,8} = 1_{(A)}$.



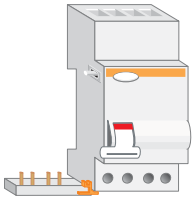
$Q_{A105/1}$ y $Q_{A105/2}$

■ Aparamenta:

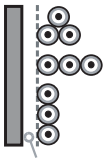
□ Interruptor automático e interruptores	$Q_{A105/1}$	$Q_{A105/2}$	$Q_{A103/A104}$
Modelo	C120N	C120N	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	1+N
Poder de corte (kA)	10	10	6



$Q_{A103/A104}$



$ID_{A105/1}$ e $ID_{A105/2}$



F

Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal In	80 A	80 A	3 A
Temperatura de referencia	30º	30º	30º
Temperatura de trabajo	45º	45º	45º
Intensidad nominal a 45 ºC	76,5 A	76,5 A	2,75 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)			
□ Bloque diferencial	**$ID_{A105/1}$**	**$ID_{A105/2}$**	
Modelo	Vigi C60	Vigi C60	Vigi incorp.
Intensidad	40 A	40 A	
Clase	"si" S	"si" S	"si"
Número de polos	4	4	1+N
Sensibilidad IΔn	300 mA	300 mA	300 mA
Retardo (ms)	(40) ms	(40) ms	
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	5.000 A	5.000 A	3.000 A
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):			
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →			24 A
tipo XLPE 3x. F. 10 mm^2 →	105 A	105 A	
Coeficiente térmico K_T = 0,96			
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75			
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A =			17,28
= 105 A · 0,96 · 0,75 = 75,6 A =	75,6 A	75,6 A	

Línea de ventilación

Desde el cuadro general de la planta distribuiremos por medio de una línea todas las cajas correspondientes a las cargas de ventilación. Está formado por una red trifásica con neutro, conductor de equipotencialidad, dos conductores de maniobra, una para los extractores de los servicios, otra para los extractores generales y para el extractor de la sala de baterías del SAI.

La maniobra y el control de los temporizadores se realiza desde el cuadro general de planta:

■ Potencia:

$$S_{V106(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(1{,}4 + 1{,}6 + 1{,}6)}{3}_{(A)} = 1.061{,}07_{(VA)}.$$

$$P_{A106(W)} = S_{A106(VA)} \cdot \cos \varphi = 1.061{,}07_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 848{,}85_{(W)}.$$

■ Intensidad: $I_{A106(A)} = \dfrac{P_{A106(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{848{,}85_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}54_{(A)}.$

Potencia línea de acondicionamiento y ventilación

El consumo de ventilación comparado con el de acondicionamiento es prácticamente despreciable.

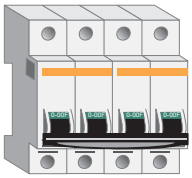
Las cargas (motores de jaula de ardilla) prácticamente no generan armónicos, pero si que crean un desfase importante entre el 0,86 de los motores de mayor potencia hasta 0,71 para los de menor potencia. Considerar un factor medio para el cálculo del 0,8 se considera una medida adecuada.

■ Potencia red de acondicionamiento: $S_{A105(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} =$

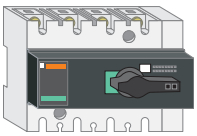
$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{[(125{,}8 + 1{,}4)\ (126{,}3 + 1{,}6)\ (125{,}3 + 1{,}6)]}{3}_{(A)} = 89.260{,}66_{(VA)}.$$

$$P_{A105(W)} = S_{A105(VA)} \cdot \cos \varphi = 89.260{,}66_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 71.408{,}53_{(W)}.$$

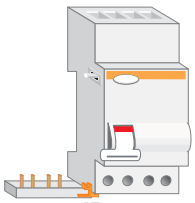
■ Intensidad: $I_{A105\,(VA)} = \dfrac{P_{A105\,(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{71.408{,}53\ _{(W)}}{1{,}73 \cdot 400\ _{(V)} \cdot 0{,}8} = 127{,}34\ _{(A)}$



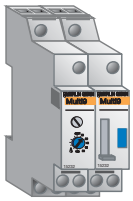
Q_{V106}



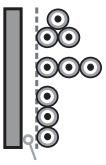
Q_{A105}



ID_{A106}



RTL



F

■ Aparamenta:

	Q_{V106}	Q_{A105}
□ Interruptor automático		
Modelo	C60N Vigi	INS160
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3+N	4
Poder de corte (kA)	6	
Característica de desconexión	C	
Intensidad nominal In	6 A	160 A
Temperatura de referencia	30º	
Temperatura de trabajo	45º	
Intensidad nominal a 45 ºC	5,60 A	Ith-160 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		

	ID_{A106}
□ Bloque diferencial	
Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A
□ Relé	RTL
Tipo RTL	16A
Número de unidades	2 ud

Tensión de mando 230...240 V CA (–15%/+6%)

□ Relé RTL. Permite realizar intermitencias poniendo una carga bajo tensión y sin tensión durante tiempos diferentes, de forma repetitiva

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →	24 A	
tipo XLPE 3x. F. 50 mm^2 →		188 A
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$		
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$		
Intensidad real de circulación =		
24 A · 0,96 · 0,75	17,28 A	
188 A · 0,96 · 0,75		135,36 A

Control batería de compensación del factor de potencia

Potencia total para el acondicionamiento planta 2.ª: 89.260,66 (VA).

Factor de potencia medio: cos φ = 0,8.

Si deseamos compensar hasta un cos φ = 0,98, según la Tabla E5-003, página E/49 del 1.er Volumen, debemos multiplicar por 0,541 la potencia activa:

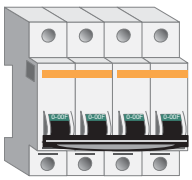
■ Potencia activa total: 71.408,53(W).

■ Potencia reactiva total:

$Q_{A107(VAr)} = 0{,}541 \cdot P_{I(VA)} = 0{,}541 \cdot 71.408{,}53_{(W)} = 38.632{,}02_{(VAr)}$.

■ Intensidad reactiva total: $I_{A107(Ar)} = \dfrac{Q_{A107(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \dfrac{38.632{,}02\ _{(VAr)}}{1{,}73 \cdot 400\ _{(V)}} = 55{,}11\ _{(VAr)}$.

Escalones 1-2-2-3-4-4; con bases de 2,5 kVAr; 2,5 kVAr-5 kVAr-5 kVAr-7,5 kVAr-10 kVAr-10 kVAr.
Controlador automático de energía reactiva.

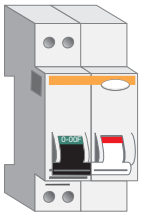


Q_{A107}

■ Aparamenta:

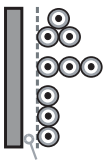
	Q_{A107}	Q_{A108}
□ Interruptor automático		
Modelo	C120N	DPN Vigi
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3	1+N
Poder de corte (kA)	10	6
Característica de desconexión	D	C
Intensidad nominal	80 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	64 A	5,60 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



Q_{A108} e ID_{A9}

	ID_{A107}	ID_{A108}
□ Bloque diferencial		
Modelo	Vigi C120	Vigi
Intensidad	125 A	Incorporado
Clase	"si"	"si"
Número de polos	4	1+N
Sensibilidad IΔn	300 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A	3.000 A



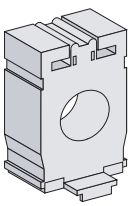
F

□ Conexiones para el circuito de potencia
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 16 mm^2 →	105 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96	
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75	
Intensidad real de circulación = 105 A · 0,96 · 0,75 =	75,6 A

□ Conexiones para el circuito de maniobra
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →	24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96	
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75	
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 =	17,28 A

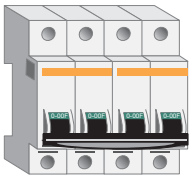


TI_{A106}

	TI_{A107}
□ Transformador de intensidad	
Cantidad	1 ud.
Intensidad nominal In	75 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado

Control de calidad y el consumo de la energía en la derivación
Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.

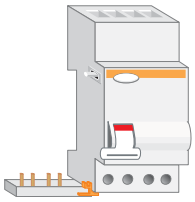


Q_{I109}

■ Aparamenta:

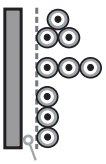
□ Interruptor automático	**Q_{A109}**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	3 A
Temperatura de referencia	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,7 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



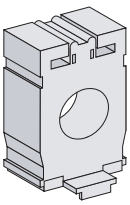
ID_{A109}

□ Bloque diferencial	**ID_{A109}**
Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A



F

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

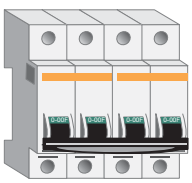


TI_{A109}

□ Transformador de intensidad	**TI_{A109}**
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	150 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado

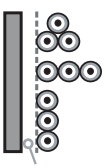
Control descargador de sobretensiones PRD



Q_{A110}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{A110}**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20 A



F

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm^2 → 33 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A

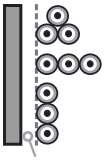
Control derivación acondicionamiento de la 1.ª planta
Potencia total circuito P = 71.408,53 W.
Intensidad: 127,34 A.



Q_{A102}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{A102}**
Modelo	Compact
Categoría de empleo	A
Número de polos	3+N
Poder de corte (kA)	25
Intensidad nominal	160 A
Temperatura de referencia	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	1.160 A
(Tabla H1-2-010, página H1/42 del 2.º Volumen)	
□ Relé magnetotérmico	**TM D**
Largo retardo Ir = 0,85 · In	128 A
Corto retardo Im = 8 · Ir	1.024 A
Instantáneo Ii = fijo > 11 In	1.760 A
□ Bloque diferencial	**ID_{A102}**
Modelo	Vigi Compact
Clase	A
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	300 mA
Retardo (ms)	150 ms



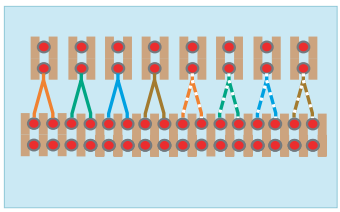
F

□ Conexiones para el circuito de acondicionamiento
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 50 mm^2 → 175 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 175 A · 0,96 · 0,75 = 75,6 A

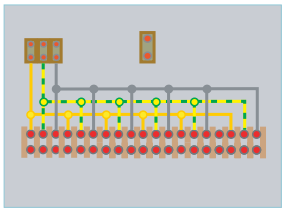
Departamentos independientes en el cuadro de planta

Red de comunicación:

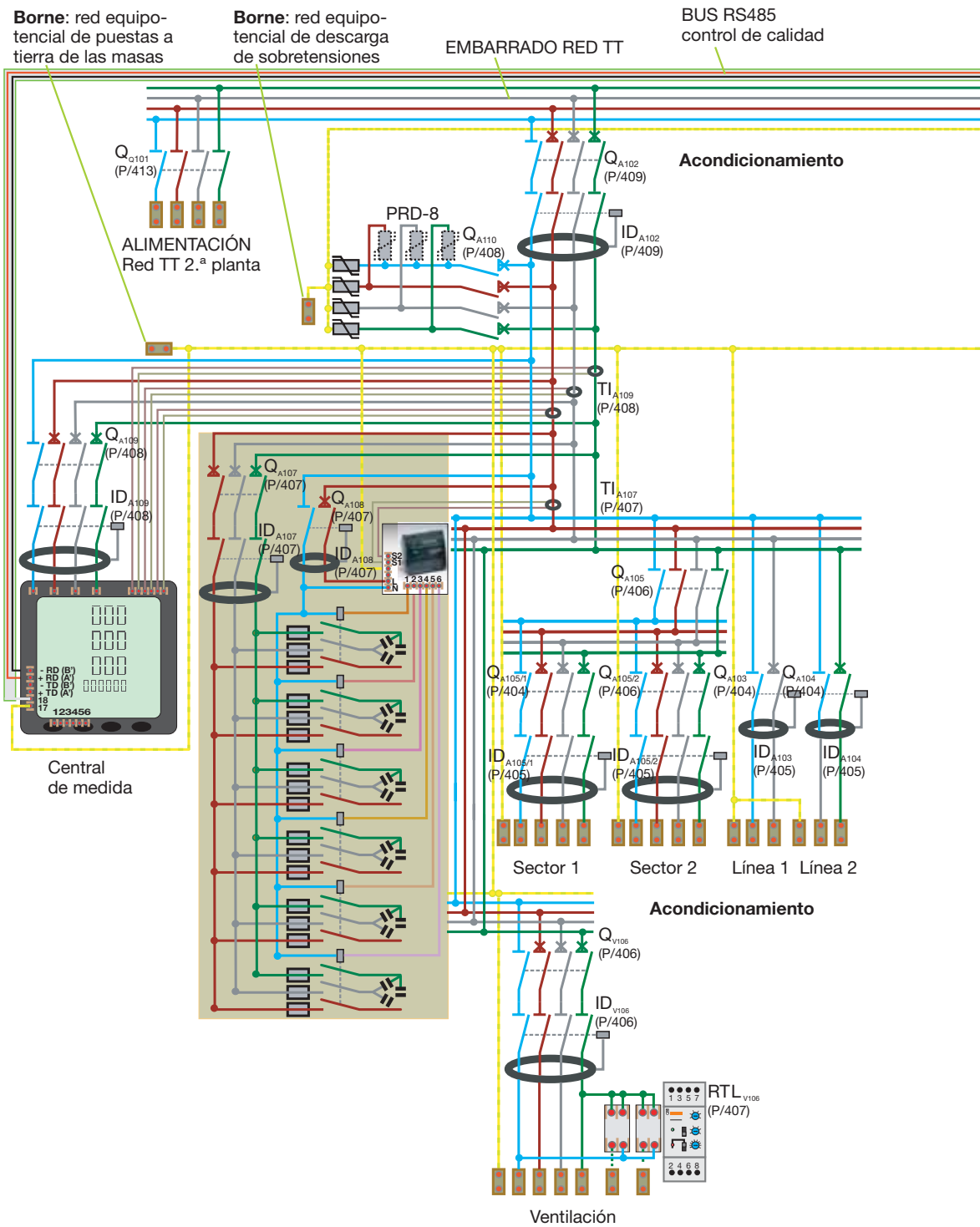
■ Disponemos de distribución de la red telefónica.
Debe realizarse de forma independiente de las redes de potencia, pero está sometida a una relación con la distribución de potencia. La descarga de las sobretensiones transitorias de la red a la malla de puesta a tierra.

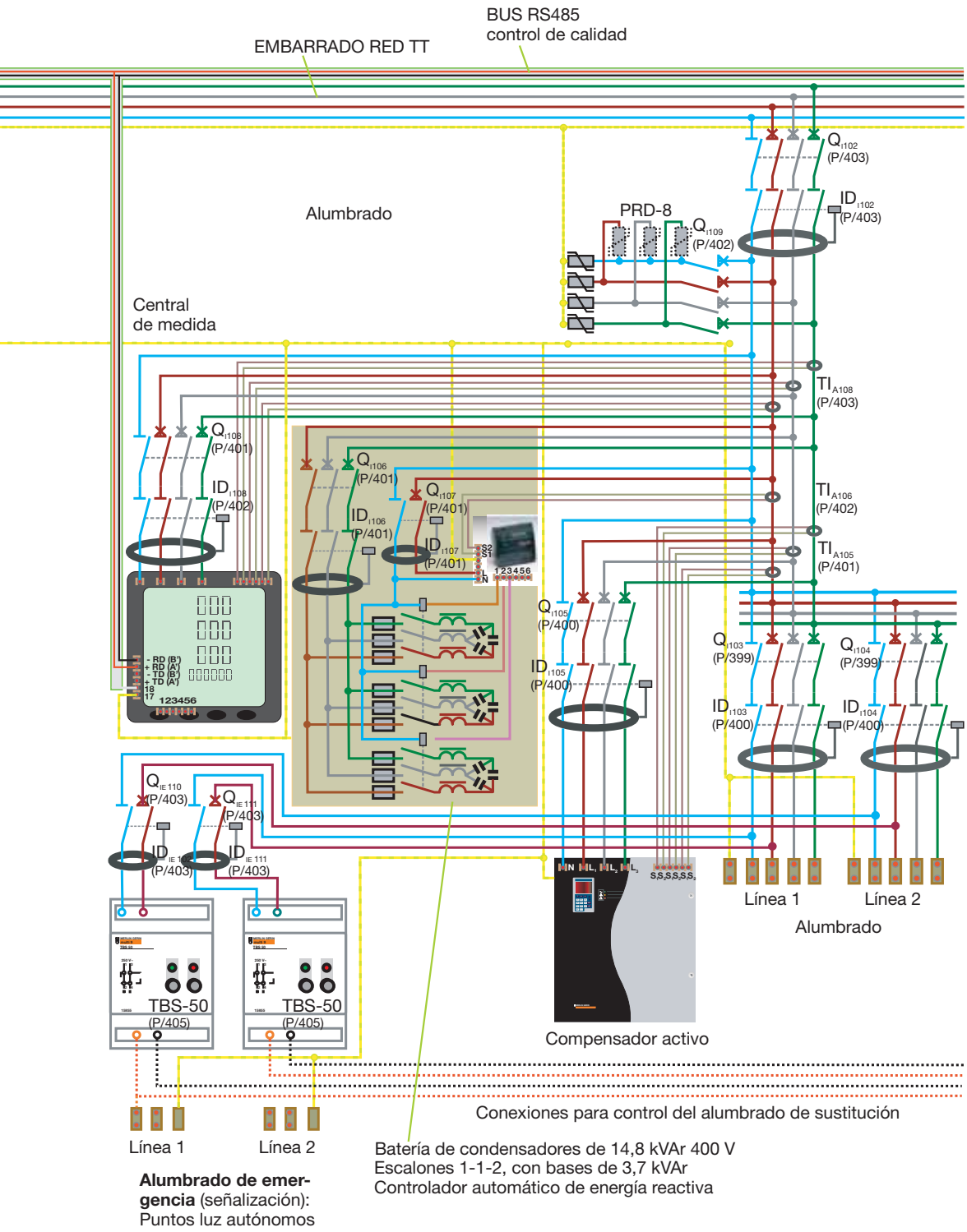


■ Disponemos de distribución de red de TV.
Deberemos distinguir dos casos: si procede directamente de ondas hercianas, o si la distribución es por cable. En el primer caso deberemos prever un descargador de sobretensiones y en el segundo será función de las condiciones de la red.

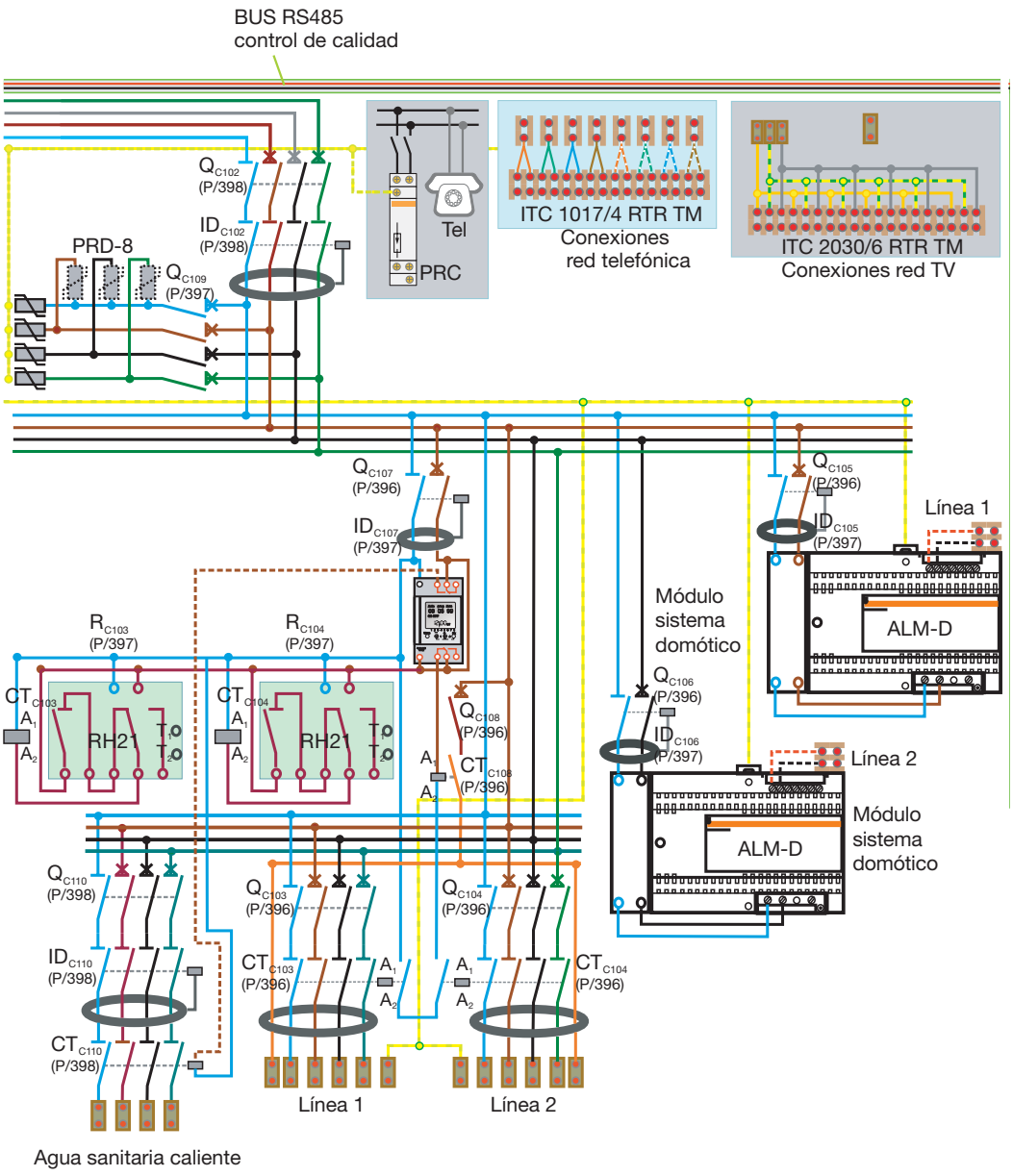


Cuadro distribución 2.ª planta. Red TT




BUS RS485
control de calidad
EMBARRADO RED TT
Alumbrado
PRD-8
Central
de medida
Q i102 (P/403)
ID i102 (P/403)
Q i109 (P/402)
TI A108 (P/403)
TI A106 (P/402)
TI A105 (P/401)
Q i108 (P/401)
ID i108 (P/402)
Q i106 (P/401)
ID i106 (P/401)
Q i107 (P/401)
ID i107 (P/401)
Q i105 (P/400)
ID i105 (P/400)
Q i103 (P/399)
ID i103 (P/400)
Q i104 (P/399)
ID i104 (P/400)
Q IE 110 (P/403)
Q IE 111 (P/403)
ID IE 111 (P/403)
TBS-50 (P/405)
TBS-50 (P/405)
Línea 1
Línea 2
Alumbrado
Compensador activo
Conexiones para control del alumbrado de sustitución
Línea 1
Línea 2
Batería de condensadores de 14,8 kVAr 400 V
Escalones 1-1-2, con bases de 3,7 kVAr
Controlador automático de energía reactiva
Alumbrado de emergencia (señalización):
Puntos luz autónomos

L
6.4



Conexiones para control del alumbrado de sustitución

Fig. L6.4-372: *cuadro distribución BT de la 2.ª o 3.ª planta, zona régimen TT.*

Red informática

Disponemos de una red interna de intercomunicación informática de todas las CPU's, periféricas con la central.

En función de la zona ceráunica del edificio es conveniente la instalación de un descargador de sobretensiones transitorias.

Al disponer de un edificio con jaula de Faraday exterior no se considera precisa su instalación.

Red en régimen IT

Desde la red de régimen IT se alimentan todas las cargas informáticas, las de alumbrado de reemplazamiento y las alarmas técnicas.

Distribuiremos en dos secciones, a la derecha y a la izquierda del mismo, a todas las dependencias de la primera planta.

Las cargas informáticas son generadoras de armónicos y ellas mismas son generadoras, produciendo un efecto multiplicador con valores de factor de cresta de 2,4 a 2,8 veces.

Su tasa global de distorsión es del orden del 93%, THDI = 93%.

Clasificación de las cargas de la 2.ª planta				
	Cos φ	**I(A) Fase**		
		L1	L2	L3
Conectores	0,7	**67**	**66,4**	**69**
Ramal izquierdo 1.º		32,5	33,2	34,2
Ramal derecho 2.º		34,5	33,2	34,8
Alarmas técnicas		**4**	**2**	**1**
Detección de humos				
Ramal 1.º	0,7	2		
Ramal 2.º	0,7	2		
Detección de intrusos			2	
Detección de fugas de agua				1

Tabla L6.4-373: *clasificación de las cargas IT de la 2.ª planta.*

Control del ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{IT302(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(32{,}5 + 33{,}2 + 34{,}2)}{3}_{(A)} = 23.343{,}3_{(VA)}.$$

$$P_{IT302(W)} = S_{IT302(VA)} \cdot \cos\varphi = 23.343{,}3_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 16.340{,}31_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{IT302(VA)} = \dfrac{P_{IT302(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{16.340{,}31_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}7} = 33{,}74_{(A)}.$

Tasa de armónicos: THDI = 93%.

Intensidad del ramal + THDI = $33{,}74_{(A)} \cdot 1{,}93 = 65{,}12_{(A)}$.

Control del ramal 2.º

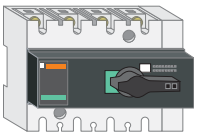
■ Potencia ramal 2.º:

$$S_{IT403(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(34{,}5 + 33{,}2 + 34{,}8)}{3}_{(A)} = 23.643{,}34_{(VA)}.$$

$$P_{IT403(W)} = S_{IT403(VA)} \cdot \cos\varphi = 23.643{,}34_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 16.550{,}33_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{IT403(A)} = \dfrac{P_{IT403(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{16.550{,}33_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}7} = 34{,}17_{(A)}.$

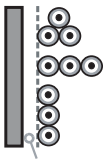
Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $34{,}62_{(A)} \cdot 1{,}93 = 66{,}80_{(A)}$.



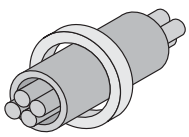
Q_{IT303} y Q_{IT403}

■ Aparamenta:

	Q_{IT303}	Q_{IT403}
□ Interruptor automático e interruptores		
Modelo	INS100	INS100
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal In	100 A	100 A
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. C11. F. 25 mm² →	123 A	123 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96		
Intensidad real de circulación		
= 105 A · 0,96 = 75,6 A =	118,08 A	118,08 A
□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-22**	**TA-32**
Tipo A	PA50	PA50



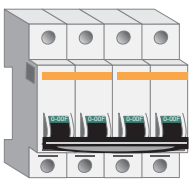
F



TA-22 y TA-25

Control de calidad y del consumo de la energía en la derivación

Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.



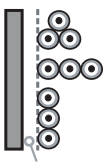
$Q_{IT304/308}$ y $Q_{IT403/408}$

■ Aparamenta:

	$Q_{IT304/308}$	$Q_{IT404/408}$
□ Interruptor automático		
Modelo	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,7 A	2,7 A

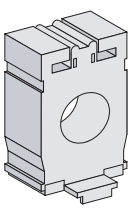
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A



F

	$TI_{IT304/308}$	$TI_{IT404/408}$
□ Transformador de intensidad		
Cantidad	3 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In	100 A	100 A
Corriente del secundario	5 A	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C	



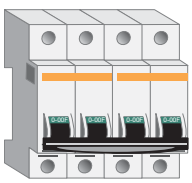
$TI_{IT304/308}$ y $TI_{IT404/408}$

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

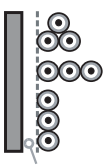
Control compensador activo de armónicos

■ Ramal 1.º:
Intensidad total ramal 1.º = 33,74 A.

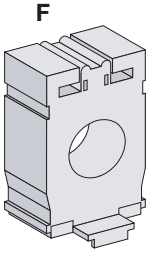
Intensidad total de armónicos: $I_{(TDHI)(A)}$ = (TDHI) 93% · $33,74_{(A)}$ = $31,38_{(A)}$.
Esponjamiento: 1,2 · 31,38 A = 37,66 A.
■ Ramal 2.º:
Intensidad total ramal 2.º = 34,17 A.
Intensidad total de armónicos: $I_{(TDHI)(A)}$ = (TDHI) 93% · $34,17_{(A)}$ = $31,77_{(A)}$.
Esponjamiento: 1,2 · 31,77 A = 38,12 A.
Con un compensador activo para cada ramal compensaremos adecuadamente los armónicos.
Según la Tabla K4-125, página K4/320 del 4.º Volumen, necesitamos para la protección del compensador activo en régimen IT con el neutro distribuido un Compact con relé electrónico, regulado a 2 · Ir y un bloque Vigi Compact.
En nuestro caso hemos considerado un factor de simultaneidad muy elevado (1), que difícilmente se dará.
Se acostumbran generar crestas en los armónicos del orden de 2,8 veces la nominal, por tanto estamos considerando intensidades de cresta del orden de los 100 A.



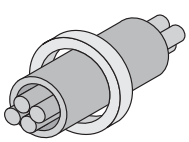
Q_{IT305} y Q_{IT405}



F



TI_{IT305} y TI_{IT405}



TA-21 y TA-24

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	**Q_{IT305}**	**Q_{IT405}**
Modelo	C120N	C120N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3+N	3+N
Poder de corte 380/415 V (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	100 A	100 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	96 A	96 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Conexiones (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. C11. F. 25 mm^2 →123 A		
Coeficiente térmico K_T = 0,96		
Intensidad real de circulación =		
123 A · 0,96 = 118,08 A	118,08 A	118,08 A
□ Transformador de intensidad	**TI_{IT305}**	**TI_{IT405}**
Cantidad	3 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In	40 A	40 A
Corriente del secundario	5 A	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a + 5 ºC	
□ Conexiones para el secundario del TI		
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado		
□ Núcleo toroidal control aislamiento	TA-20	TA-24
Tipo A	PA50	PA50

Control batería de compensación del factor de potencia

■ Ramal 1.º:
Potencia aparente S_{IT1} = 23.343,3 VA.
Potencia activa P_{IT1} = 16.340,31 W.
■ Ramal 2.º:
Potencia aparente S_{IT1} = 23.950,84 VA.
Potencia activa P_{IT1} =16.765,59 W.

Si deseamos compensar hasta un cos φ = 0,98, según la Tabla E5-003, página E/49 del 1.er Volumen, debemos multiplicar por 0,811 la potencia activa.

■ Potencia reactiva ramal 1.º:

$Q_{IT306(VAr)} = 0{,}811 \cdot P_{I(VA)} = 0{,}811 \cdot 16.340{,}31_{(W)} = 13.251{,}99_{(VAr)}$.

■ Intensidad reactiva total: $I_{IT306(Ar)} = \dfrac{Q_{IT306(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \dfrac{13.251{,}99\ (VAr)}{1{,}73 \cdot 400\ (V)} = 18{,}90\ (Ar)$.

Batería de condensadores de 14,8 kVAr a 400 V.
Escalones 1-1-2, con bases de 3,7 kVAr; 3,7 kVAr-3,7 kVAr-7,4 kVAr.

$I_{IT306(Ar)} = \dfrac{Q_{IT306(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \dfrac{14.800\ (VAr)}{1{,}73 \cdot 400\ (V)} = 21{,}11\ (Ar)$.

Controlador automático de energía reactiva.

■ Potencia reactiva ramal 2.º:

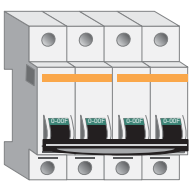
$Q_{IT406(VAr)} = 0{,}811 \cdot P_{I(VA)} = 0{,}811 \cdot 16.765{,}59_{(W)} = 13.596{,}9_{(VAr)}$.

■ Intensidad reactiva total: $I_{IT406(Ar)} = \dfrac{Q_{A206(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \dfrac{13{,}596{,}9\ (VAr)}{1{,}73 \cdot 400\ (V)} = 19{,}4\ (Ar)$.

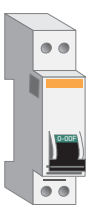
Batería de condensadores de 14,8 kVAr 400 V.
Escalones 1-1-2, con bases de 3,7 kVAr; 3,7 kVAr-3,7 kVAr-7,4 kVAr.

$I_{IT406(Ar)} = \dfrac{Q_{A206(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \dfrac{14.800\ (VAr)}{1{,}73 \cdot 400\ (V)} = 21{,}11\ (Ar)$.

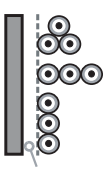
Controladorautomático de energía reactiva.



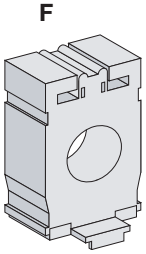
$Q_{IT306/IT406}$



$Q_{IT307/IT407}$



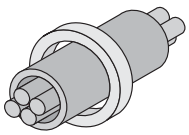
F



TI_{IT406}

■ Aparamenta:

	$Q_{IT306/IT406}$	$Q_{IT307/IT407}$
□ Interruptor automático		
Modelo	C60L	DPN
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3	1+N
Poder de corte (kA)	10	6
Característica de desconexión	C	B
Intensidad nominal	25 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	23 A	5,60 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Conexiones para el circuito de potencia		
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² →	33 A	
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$		
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$		
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 =	23,76 A	
□ Conexiones para el circuito de maniobra		
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →		24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$		
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$		
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 =		17,28 A
□ Transformador de intensidad	TI_{IT406}	
Cantidad	1 ud.	
Intensidad nominal In	40 A	

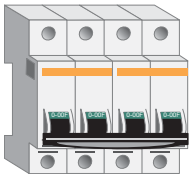


TA-19 y TA-22

Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 ºC
□ Conexiones para el secundario del TI	
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado	
□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-21-23**
Tipo A	PA50

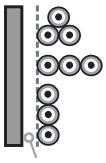
Control descargador de sobretensiones PRD

■ Aparamenta:



$Q_{IT109/IT209}$

□ Interruptor automático	**$Q_{IT309/IT409}$**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20 A



F

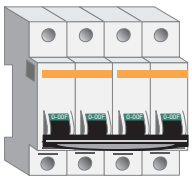
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² → 33 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A

Alimentación alarmas técnicas

Las fuentes de las alarmas técnicas se alimentan individualmente con tensión monofásica (L+N).
Disponemos de un interruptor automático general para las alarmas técnicas y un interruptor automático con protección diferencial para cada alimentación.

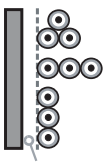
Control general alarmas técnicas interruptor general Q_{AT202}

■ Aparamenta:



Q_{AT202}

□ Interruptor automático	**Q_{AT202}**
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	6 A
Temperatura de referencia	30º
Temperatura de trabajo	45º
Intensidad nominal a 45 ºC	2,75 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	



F

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo PVC 3x. G. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,91
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,9
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

Control alimentación detección de humos

Dispondremos de dos fuentes de alimentación, una para el ramal de la derecha 1.º y otra para el de la zquierda 2.º
Interruptores Q_{AT103} y Q_{AT104}.

L
6.4

Control alimentación detección fugas de agua
Interruptores Q_{AT105}.

Control alimentación detección de intrusos
Interruptores Q_{AT106}.

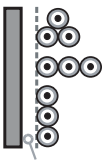


$Q_{AT103/AT104}$, Q_{AT105} y Q_{AT106}

■ Aparamernta:

□ Interruptor automático diferencial	$Q_{AT203/AT204}$	Q_{AT205}	Q_{AT206}
Modelo	DPN	DPN	DPN
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	1+N	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	6 A	6 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	5,60 A	5,60 A	5,60 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



F

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo PVC 3x. G. 1,5 mm^2 → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-19-20**	**TA-31**	**TA-30**
Tipo A	PA30	PA30	PA30

Control del ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{IT302(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(32{,}5 + 33{,}2 + 34{,}2)}{3}_{(A)} = 23.343{,}3_{(VA)}.$$

$$P_{IT302(W)} = S_{IT302(VA)} \cdot \cos\varphi = (23.343{,}3_{(VA)} \cdot 0{,}98) \cdot 11_{(W)} = 22.887{,}44_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º:

$$I_{IT302(VA)} = \frac{P_{IT302(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{22.887{,}44_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 33{,}75_{(A)}.$$

Control del ramal 2.º

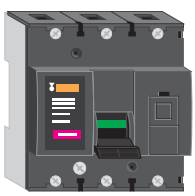
■ Potencia ramal 2.º:

$$S_{IT402(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(38{,}5 + 35{,}2 + 35{,}8)}{3}_{(A)} = 25.258_{(VA)}.$$

$$P_{IT402(W)} = S_{IT402(VA)} \cdot \cos\varphi = (25.258_{(VA)} \cdot 0{,}98) \cdot 11_{(W)} = 24.763{,}84_{(W)}.$$

■ Intrensidad ramal 2.º:

$$I_{IT402(VA)} = \frac{P_{IT402(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{24.763{,}84_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 36{,}51_{(A)}.$$

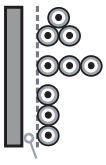


Q_{IT302} y Q_{IT402}

■ Aparamernta:

□ Interruptor automático	Q_{IT302}	Q_{IT402}
Modelo	Compact	Compact
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3+N	3+N
Poder de corte (kA)	25	25

Característica de desconexión	Relé electrónico	Relé electrónico
Intensidad nominal In	100 A	100 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	97,5 A	97,5 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		



F

□ Conexiones (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. C11. F. 25 mm^2 →	123 A	123 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96		
Intensidad real de circulación =		
123 A · 0,96	108,8 A	108,8 A

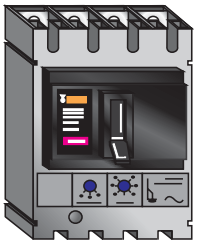
Control régimen IT

■ Potencia:

$$S_{IT201(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(71 + 68{,}4 + 70)}{3}_{(A)} = 48.929{,}8_{(VA)}.$$

$$P_{IT201(W)} = S_{IT101(VA)} \cdot \cos\varphi = 48.929{,}8_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 47.951{,}21_{(W)}.$$

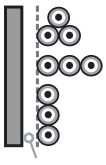
■ Intensidad: $I_{IT201(A)} = \dfrac{P_{IT201(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \dfrac{47.951{,}21\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}98} = 74{,}51\ (A).$



Q_{IT201}

■ Aparamernta:

□ Interruptor automático	Q_{IT201}
Modelo	INS160
Categoría de empleo	A
Número de polos	3+N
Intensidad nominal In	160 A
Temperatura de referencia	30º
Temperatura de trabajo	45º
Intensidad nominal a 45 °C	156 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	



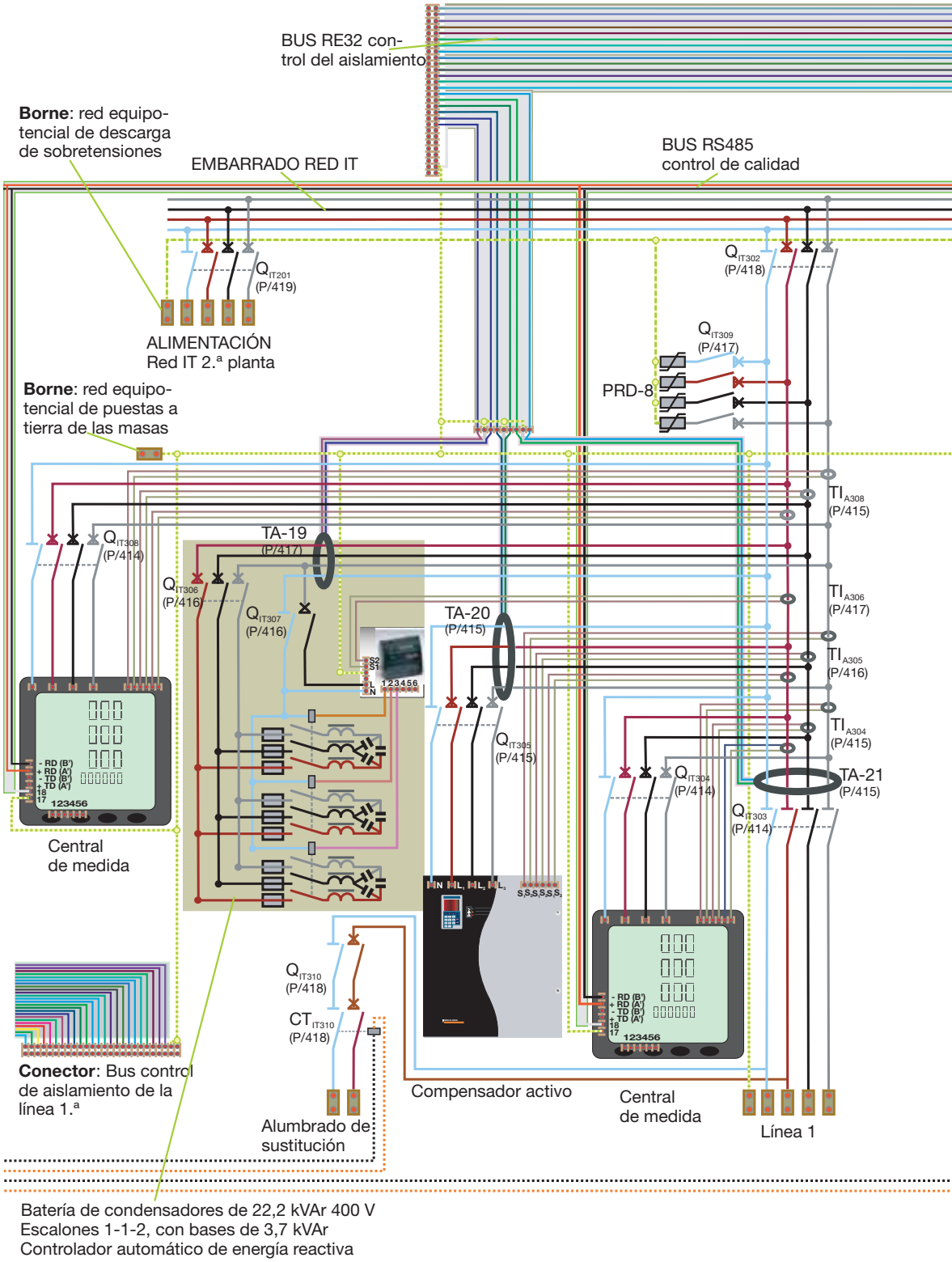
F

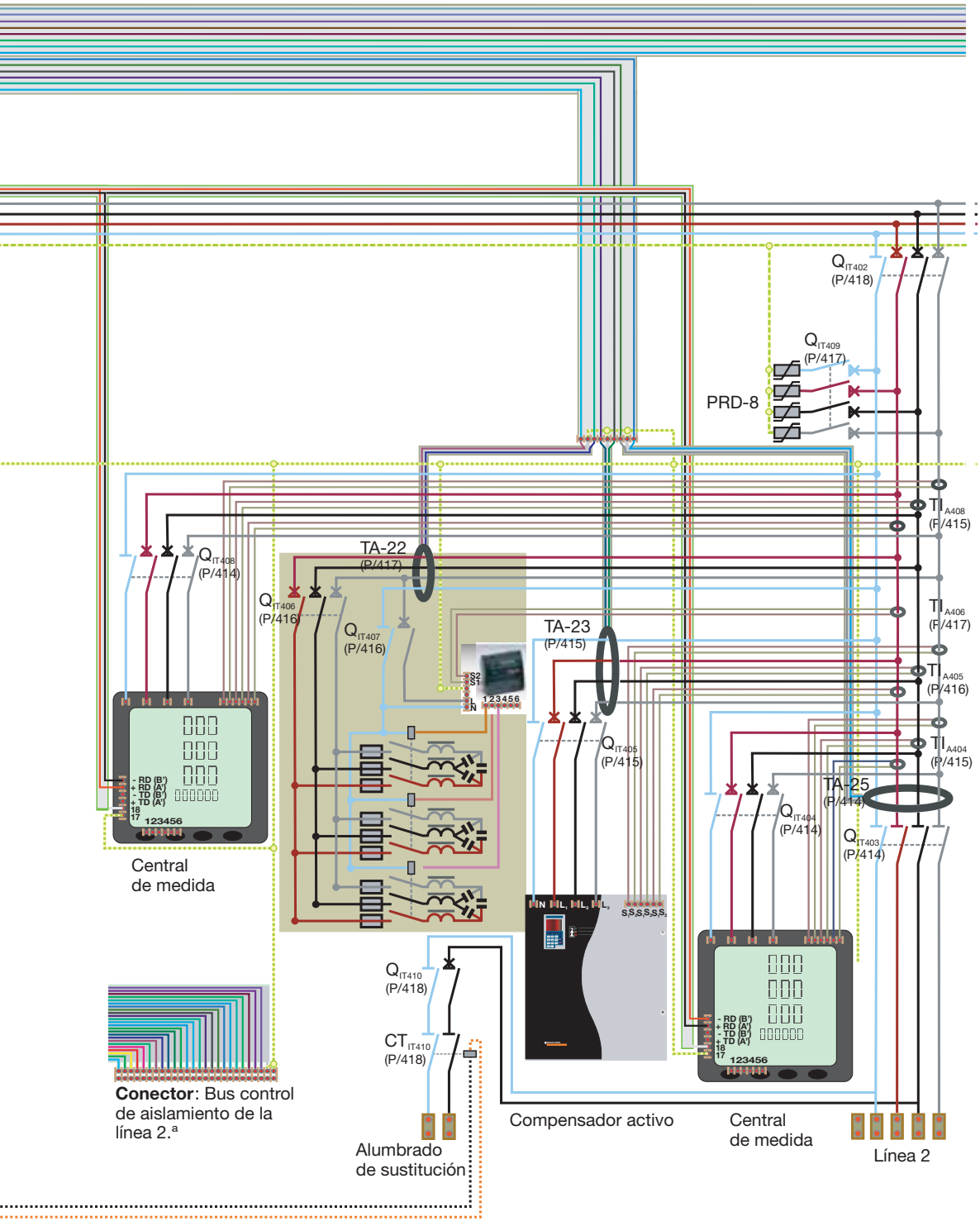
□ Conexiones (Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen):

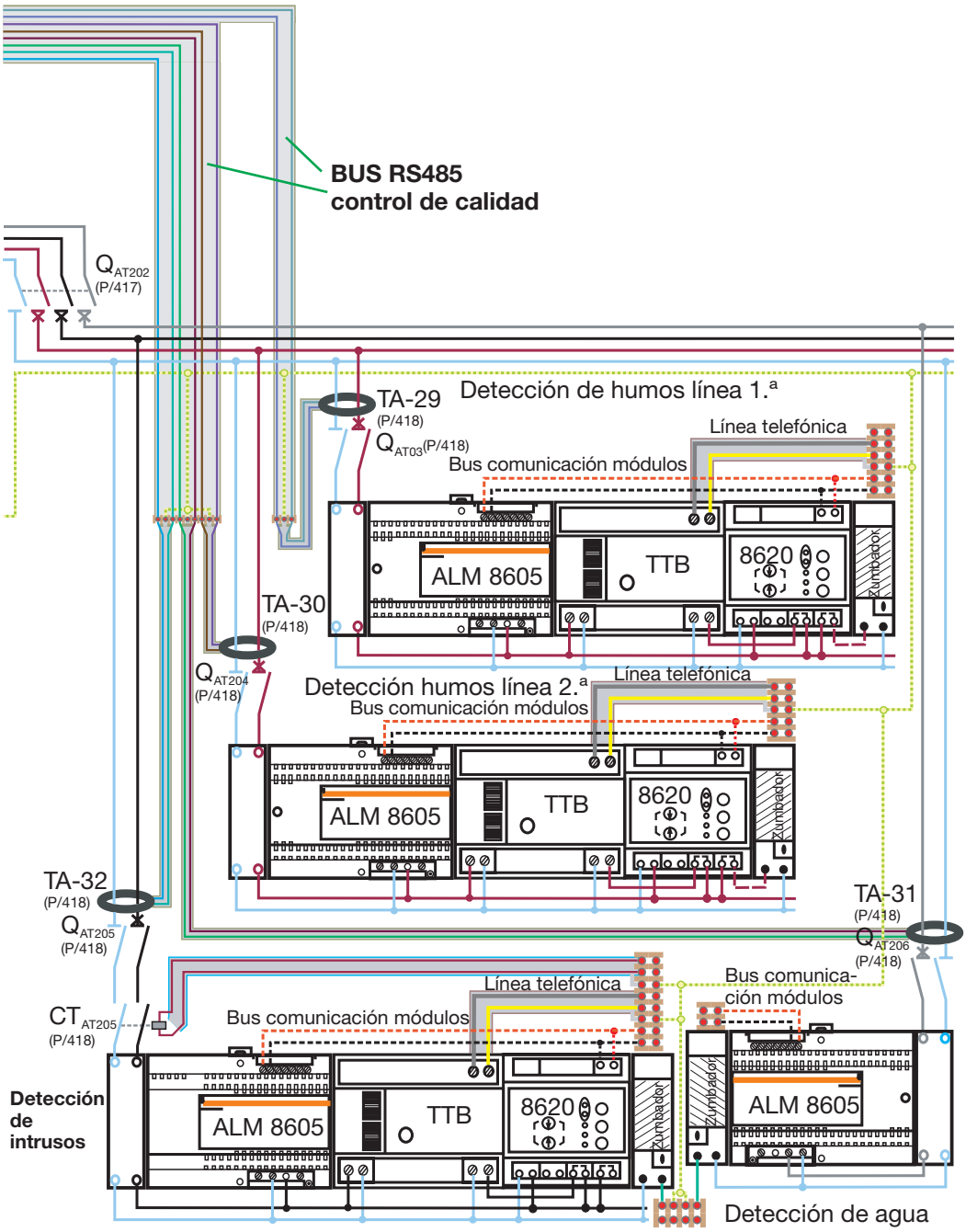
tipo XLPE 3x. C11. F. 25 mm^2 →	123 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96	
Intensidad real de circulación =	
123 A · 0,96	108,8 A

L
6.4

Cuadro distribución 2.ª planta. Red IT




Q_{IT402} (P/418)
Q_{IT409} (P/417)
PRD-8
TI_{A408} (P/415)
TI_{A406} (P/417)
TI_{A405} (P/416)
TI_{A404} (P/415)
Q_{IT408} (P/414)
Q_{IT406} (P/416)
Q_{IT407} (P/416)
TA-22 (P/417)
TA-23 (P/415)
Q_{IT405} (P/415)
TA-25 (P/414)
Q_{IT404} (P/414)
Q_{IT403} (P/414)
Q_{IT410} (P/418)
CT_{IT410} (P/418)
Central de medida
Conector: Bus control de aislamiento de la línea 2.ª
Alumbrado de sustitución
Compensador activo
Central de medida
Línea 2
Batería de condensadores de 22,2 kVAr 400 V
Escalones 1-1-2, con bases de 3,7 kVAr
Controlador automático de energía reactiva



Q_{202}(P/368): la expresión Q_{202} indica la referencia del interruptor y (P/368) indica la página de su descripción.

Fig. L6.4-374: *cuadro distribución BT de la 2.ª o 3.ª planta, zona régimen IT.*

Cuadro general

Red en régimen IT

Queda reducida a la alimentación de las derivaciones en régimen IT de las tres plantas, la generación del régimen IT y el aseguramiento de suministro con el SAI correspondiente.

Clasificación de las cargas				
	K	I (A) Fase		
		L1	L2	L3
Planta 1.ª	0,9	**58,96**	**59**	**57,1**
Línea 1.ª		22,44	22,45	24,5
Línea 2.ª		15,18	17,55	13,6
Línea 3.ª		21,34	19	19
Planta 2.ª	0,9	**71**	**68,4**	**70**
Línea 1.ª		32,5	33,2	34,2
Línea 2.ª		38,5	35,2	35,8
Planta 3.ª	0,9	**71**	**68,4**	**70**
Total	0,9	**200,96**	**195,8**	**197,1**

Tabla L6.4-375: *clasificación de las cargas de la red en régimen IT.*

Potencia ramal 1.º (planta 1.ª)

$$S_{ITP1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(58{,}96 + 59 + 57{,}1)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9\right] =$$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 58{,}35_{(A)} \cdot 0{,}9 = 36.342{,}454_{(VA)}.$$

$$P_{ITP1(W)} = S_{ITP1(VA)} \cdot \cos\varphi = 36.342{,}454_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 35.615{,}604_{(W)}.$$

$$I_{ITP1(A)} = \frac{P_{ITP1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{35.615{,}604_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 52{,}52_{(A)}.$$

Potencia ramal 2.º (planta 2.ª)

$$S_{ITP2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(71 + 68{,}4 + 70)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9\right] =$$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 69{,}8_{A)} \cdot 0{,}9 = 43.471{,}44_{(VA)}.$$

$$P_{ITP2(W)} = S_{ITP2(VA)} \cdot \cos\varphi = 43.471{,}44_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 42.602{,}011_{(W)}.$$

$$I_{ITP2(A)} = \frac{P_{ITP2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{42.602{,}011_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 62{,}82_{(A)}.$$

Potencia ramal 3.º (planta 3.ª)

$$S_{ITP3(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(71 + 68{,}4 + 70)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9\right] =$$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 69{,}8_{A)} \cdot 0{,}9 = 43.471{,}44_{(VA)}.$$

$$P_{ITP3(W)} = S_{ITP3(VA)} \cdot \cos\varphi = 43.471{,}44_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 42.602{,}011_{(W)}.$$

$$I_{ITP3(A)} = \frac{P_{ITP3(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{42.602{,}011_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 62{,}82_{(A)}.$$

Potencia régimen IT de las tres plantas

$S_{IT(VA)} = Ks \cdot (S_{ITP1(VA)} + S_{ITP2(VA)} + S_{ITP3(VA)}) =$

$= 0,9\ (36.342,454 + 43.471,44 + 43.471,44) =$

$= 0,9 \cdot 123.285,33_{(VA)} = 110.956,79_{(VA)}.$

$P_{IT(W)} = S_{IT(VA)} \cdot \cos \varphi = 110.956,79_{(VA)} \cdot 0,98 = 108.737,65_{(W)}.$

$$I_{IT(A)} = \frac{P_{IT(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{108.737,65_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,98} = 160,342_{(A)}.$$

Compensador activo de armónicos

Teóricamente ya hemos compensado los armónicos, pero prever un punto de análisis que corrija algún defecto circunstancial, antes de los SAI, es conveniente. Con un compensador activo filtraremos sobradamente los posibles residuos de armónicos.

Según la Tabla K4-125, página K4/320 del 4.º Volumen, necesitamos para la protección del compensador activo en régimen TT con el neutro distribuido un Compact con relé electrónico, regulado a $2 \cdot I_r$ y un bloque Vigi Compact.

Batería de compensación del factor de potencia

En todas las plantas hemos compensado, teóricamente, hasta un factor de potencia de 0,98.

Las impedancias de las conducciones, embarrados y aparamenta no son importantes para justificar la instalación de una batería, pero en previsión de posibles fallos de la instalación aguas abajo de los SAI, es conveniente.

Situaremos una batería para compensar el factor de potencia de un $\cos \varphi = 0,98$ a un teórico 0,99.

Si deseamos compensar hasta un $\cos \varphi = 0,99$, según la Tabla E5-003 de la página E/49 del 1.er Volumen, extrapolando debemos multiplicar por 0,0944 la potencia activa:

■ Potencia activa total:

$P_{IT(W)} = S_{IT(VA)} \cdot \cos \varphi = 110.280,06_{(VA)} \cdot 0,98 = 99.252,06_{(W)}.$

■ Potencia reactiva total:

$Q_{IT(VAr)} = 0,0944 \cdot P_{IT(W)} = 0,0944 \cdot 99.252,06_{(W)} = 9.369,4_{(VAr)}.$

Batería de condensadores, clase H de 18,5 kVAr a 400 V.

Escalones 1-1-1, con bases de 3,7 kVAr; 3,7 kVAr-3,7 kVAr-3,7 kVAr.

$$\text{Intensidad: } I_{(Ar)} = \frac{Q_{(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \frac{11.100_{(VAr)}}{1,73 \cdot 400_{(V)}} = 15,84_{(Ar)}.$$

Circuito alimentación controladores calidad de energía y de aislamiento del cuadro general

Para la alimentación de los controladores de aislamiento en el régimen IT y los controladores de la calidad de la energia, hemos previsto una línea de alimentación (fase + neutro) derivada del régimen IT para atender una intensidad de 20 A.

Fuente de alimentación ininterrumpida SAI

Utilizaremos tres SAI en redundancia 3/2, para toda la potencia cada uno de ellos, con la finalidad que en caso de avería de uno, otro pueda atender toda la carga durante una hora.

Tres SAI con un rendimiento a plena carga del 94%, por tanto de una potencia efectiva de 120 kVA · 0,94 = 112,8 kVA.

Se prevé que se instale en el vestíbulo 26, que está climatizado a una temperatura de 22 °C y próxima a una salida exterior de ventilación al exterior.

Aunque los SAI con batería incorporada escogidos utilizan baterías herméticas es conveniente situarlos próximos a posibles renovaciones de aire importantes.
Los SAI estarán dotados de un interface de comunicación "GTC Link" JBus (RS232 y/o RS485) que comunica con el Bus del control de calidad al ordenador central de control de la red eléctrica.

Las baterías de acumulación para el SAI

Consideramos una batería hermética de plomo de las siguientes características:

– Temperatura de trabajo 20 °C.
– Vida estimada de 5 a 7 años.
– Potencia de salida 120 kVA.
– Cos φ de la carga 0,8.
– Rendimiento del ondulador 95%.
– U en carga de un elemento: 2,4 V CC.
– U en flotación de un elemento: 2,27/2,30 V CC.
– $U_{máx}$ de entrada ondulador 463 V CC.
– $U_{mín}$ de entrada ondulador 340 V CC.
– Potencia de salida ondulador: $P_O = S \cdot \cos \varphi = 120 \text{ kVA} \cdot 0{,}8 = 96 \text{ kW}$.
– Potencia batería para el ondulador: $P_B = P_O/\eta = 96 \text{ kW}/0{,}95 = 101{,}05 \text{ kW}$.

■ Cálculo del número de elementos de la batería.
Debemos establecer la tensión de corte por elemento (tensión al final de la descarga) que cada fabricante fija en función del tiempo de descarga. En nuestro caso 1,75 V/elemento para 60 minutos.

$$\text{N.° elementos} = \frac{U_{\text{min (entrada ondulador)}}}{U_{\text{min (elemento)}}} = \frac{340 \text{ V CC}}{1{,}75 \text{ V CC (elemento)}} = 194{,}28 \text{ elementos}.$$

Si utilizamos monoblocs de 6 V $CC_{(3 \text{ elementos})}$: $\frac{194{,}28 \text{ elementos}}{3 \text{ elementos}} = 64{,}76 \cong 65$ ud.

Si utilizamos monoblocs de 12 V $CC_{(2 \cdot 3 \text{ elementos})}$: $\frac{194{,}28 \text{ elementos}}{6 \text{ elementos}} = 32{,}38 \cong 33$ ud.

■ Comprobación de la capacidad de carga del rectificador/cargador del SAI:
□ A - 6 V CC.
□ B - 12 V CC.
Las dos alternativas pueden ser cargadas por el rectificador del SAI.
■ Potencia de cada monobloc:
A - 6 V CC:

$$\frac{P_B}{\text{N.°}_{\text{monoblocs}}} = \frac{101{,}05 \text{ kW}}{65 \text{ ud.}} = 1.554{,}61 \text{ W/monobloc.}$$

B - 12 V CC:

$$\frac{P_B}{\text{N.°}_{\text{monoblocs}}} = \frac{101{,}05 \text{ kW}}{33 \text{ ud.}} = 13.062{,}12 \text{ W/monobloc.}$$

A partir de este punto debemos acudir a los catálogos de los fabricantes para definir el producto adecuado entre los estándares de fabricación:
□ Tensión mínima de descarga 1,75 V/elemento.
□ Autonomía 1 hora.
□ Potencia necesaria P_B = 101,05 W.
□ Potencia monobloc (A - 6 V CC): 1.554,61 W/monobloc.
□ Potencia monobloc (B -12 V CC): 3.062,12 W/monobloc.
■ Alternativa A - 6 V CC.
La mayor batería de 6 V/monobloc (batería de acumulación de las SAI) puede dar 690 W en una hora hasta 1,75 W/monobloc.
Como necesitamos 1,554,61 W/monobloc, tendremos:

$$\frac{1.554{,}61 \text{ W/monobloc}}{690 \text{ W}} = 2{,}25 \text{ monoblocs.}$$

Una batería compuesta por 3 series conectadas en paralelo y cada serie formada por unidades monobloc que nos proporcionen una capacidad de 540 Ah_{10}.

■ Alternativa B - 12 V CC.

La mayor batería de 12 V/monobloc puede dar 700 W en una hora hasta 1,75 W/monobloc.

Como necesitamos 3.062,12 W/monobloc, tendremos:

$$\frac{3.062{,}12 \text{ W/monobloc}}{700 \text{ W}} = 4{,}37 \text{ monoblocs.}$$

Una batería compuesta por 5 series conectadas en paralelo y cada serie formada por unidades monobloc que nos proporcionen una capacidad de 440 Ah_{10}.

La decisión dependerá de las características técnico-económicas de la solución.

La capacidad de la solución A (540 Ah_{10}) permite un trabajo más descargado a la batería.

El espacio de ocupación de la batería: observando los catálogos del fabricante la solución B ocupa un 12% más de superficie.

La solución B, según precios de catálogo, representa una inversión del 16% menor.

Las dos alternativas permiten mantener las necesidades planteadas en el proyecto, la solución dependerá de las posibilidades de espacio y económicas:

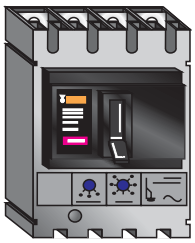
□ A - 6 V CC:

$$\frac{U_{máx}}{\text{N.° elementos}} = \frac{463 \text{ V CC}}{33 \text{ u.d.} \cdot 6 \text{ elementos}} = 2{,}33 \text{ V}_{\text{elementos}}.$$

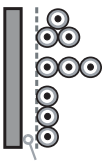
□ B - 12 V CC:

$$\frac{U_{máx}}{\text{N.° elementos}} = \frac{463 \text{ V CC}}{65 \text{ u.d.} \cdot 6 \text{ elementos}} = 2{,}37 \text{ V}_{\text{elementos}}.$$

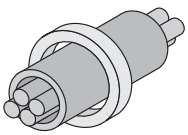
En nuestro caso hemos elegido unos SAI con batería incorporada para solucionar el problema.



Q_{ITP1}, Q_{ITP2} y Q_{ITP2}



F



TA-06, TA-07 y TA-08

Control salidas a las tres plantas

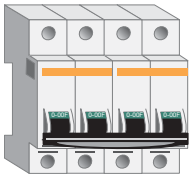
El control lo realizaremos por medio de tres interruptores automáticos denominados Q_{ITP1}, Q_{ITP2} y Q_{ITP3}.

■ Aparamenta:

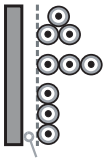
□ Interruptor automático e interruptores	**Q_{ITP1}**	**Q_{ITP2}**	**Q_{ITP3}**
Modelo	Compact	Compact	Compact
Relé electrónico			
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	4
Poder de corte (kA)	36	36	36
Intensidad nominal $I_n \cdot I_0 \cdot I_r = I_n \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}8 =$	160 A	160 A	160 A
Temperatura de referencia	45 °C	45 °C	45 °C
(Tabla H1-2-012, página H1/43 del 2.° Volumen)			
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):			
tipo XLPE 3x. F. 50 mm^2 →	188 A	188 A	188 A
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$			
Intensidad real de circulación			
$= 188 \text{ A} \cdot 0{,}96 =$	180,48 A	180,48 A	180,48 A
□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-07**	**TA-08**	**TA-09**
Tipo A	IA80	IA80	IA80

Control de calidad y del consumo de la energía en la derivación

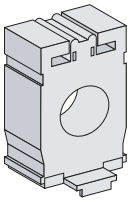
Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.



Q_{IT1P1}, Q_{IT1P2} y Q_{IT1P3}



F



TI_{IT1P1}, TI_{IT1P2} y TI_{IT1P3}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	QIT1P1	QIT1P2	QIT1P3
Modelo	C60N	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	4
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	B	B	B
Intensidad nominal	3 A	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,7 A	2,7 A	2,7 A

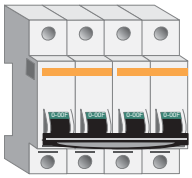
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

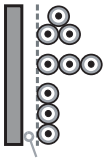
□ Transformador de intensidad	TI_{IT1P1}	TI_{IT1P2}	TI_{IT1P3}
Cantidad	3 ud.	3 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In	100 A	100 A	100 A
Corriente del secundario	5 A	5 A	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In	1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C		

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado

Control descargador de sobretensiones PRD-15



Q_{IT2P1},Q_{IT2P2},Q_{IT2P3}



F

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{IT2P1}	Q_{IT2P2}	Q_{IT2P3}
Modelo	C60N	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	4
Poder de corte (kA)	6	6	6
Característica de desconexión	C	C	C
Intensidad nominal	20 A	20 A	20 A

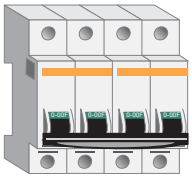
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm^2 → 33 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 33 A · 0,96 · 0,75 = 23,76 A

Control de calidad y del consumo de la energía

Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida situado antes de la corrección de los armónicos residuales y del factor de potencia, otro control situado después del compensador de armónicos y del factor de potencia.

L 6.4

Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.

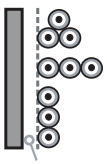


Q_{IT3}, Q_{IT7}

■ Aparamenta:

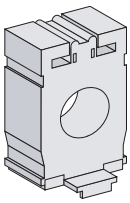
□ Interruptor automático	Q_{IT7}	Q_{IT11}
Modelo	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,7 A	2,7 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



F

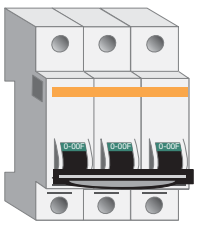
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A



TI_{IT3}, TI_{IT7}

□ Transformador de intensidad	TI_{IT7}	TI_{IT11}
Cantidad	3 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In	100 A	100 A
Corriente del secundario	5 A	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C	

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado



Q_{IT5}

Control batería condensadores y compensador activo:

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{IT9}	Q_{IT8}	Q_{IT10}
Modelo	C60N	DPN	Compact
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	3	1+N	3+N
Poder de corte (kA)	6	4,5	6
Relé			electrónico
Característica de desconexión	C	B	2 · Ir
Intensidad nominal	20 A	6 A	100 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C	
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C	
Intensidad nominal a 45 °C	19,40 A	5,60 A	

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

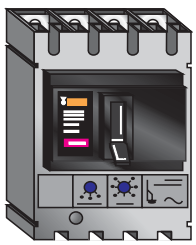


Q_{IT6}

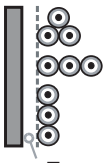
□ Conexiones para el circuito de potencia
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →		24 A	
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² →	33 A		
tipo XLPE 3x. F. 25 mm² →			123 A

Coeficiente térmico K_T = 0,96
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75
Intensidad real de circulación =

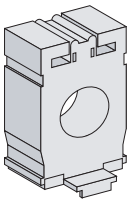


Q_{IT4}



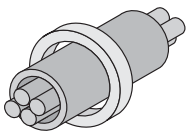
F

33 A · 0,96 · 0,75	23,76 A		
123 A · 0,96 · 0,75			88,56 A
□ Conexiones para el circuito de maniobra			
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen)			
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →		24 A	
Coeficiente térmico K_T = 0,96			
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75			
Intensidad real de circulación =			
24 A · 0,96 · 0,75		17,28 A	



TI_{IT5} ,TI_{IT4}

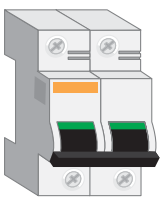
□ Transformador de intensidad	**TI_{IT9}**	**TII_{T10}**
Cantidad	1 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In	200 A	100 A
Corriente del secundario	5 A	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C	
□ Conexiones para el secundario del TI		
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado		
□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-05**	**TA-06**
Tipo A	IA80	IA80



TA-04, TA-05

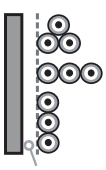
Control circuito alimentación controladores calidad de energía y de aislamiento del cuadro general

■ Aparamenta:

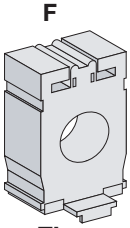


Q_{IT8}, Q_{IT15}

□ Interruptor automático	**Q_{IT5}**	**Q_{IT4}**
Modelo	C60N	DPN N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	1+N	1+N
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	3 A	20 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,75 A	18,56 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Conexiones para el circuito de potencia		
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →	24 A	24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96		
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75		
Intensidad real de circulación =		
24 A · 0,96 · 0,75	17,28 A	17,28 A

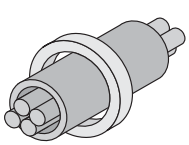


F



TI_{IT8}

□ Transformador de intensidad	**TI_{IT8}**
Cantidad	1 ud.
Intensidad nominal In	40 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C
□ Conexiones para el secundario del TI	
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado.	
□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-04**
Tipo A	TA30



TA-03

L 6.4

Control de la potencia de las tres plantas y los SAI

$S_{IT(VA)} = Ks \cdot (S_{ITP1(VA)} + S_{ITP2(VA)} + S_{ITP3(VA)}) =$

$= 0,9 \cdot (44.772,87_{(VA)} + 38.880,27_{(VA)} + 38.880,27_{(VA)}) =$

$= 0,9 \cdot 122.533,41_{(VA)} = 110.280,06_{(VA)}$

$P_{n(W)} = S_{In(VA)} \cdot \cos \varphi = 110.280,06_{(VA)} \cdot 0,98 = 108.074,45_{(W)}$.

$$I_{IT(A)} = \frac{P_{n(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{108.074,45_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,98} = 159,36_{(A)}.$$

Rendimiento del SAI = 0,93.

Potencia de alimentación del SAI: $S_{SAI} = \frac{120 \text{ kVA}}{0,93} = 129 \text{ kVA}$.

Potencia de pérdidas del SAI: $S_{pSAI} = 129 \text{ kVA} - 120 \text{ kVA} = 9 \text{ kVA}$.

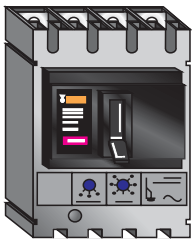
Potencia a suministrar al SAI: $S_n = 110,28 \text{ kVA} + 9 \text{ kVA} = 119,28 \text{ kVA}$.

Potencia activa necesaria:

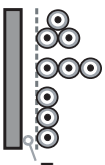
$P_{n(W)} = S_{In(VA)} \cdot \cos \varphi = 119.280_{(VA)} \cdot 0,98 = 116.894,4_{(W)}$.

Intensidad necesaria:

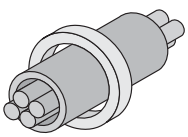
$$I_{IT(A)} = \frac{P_{n(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{116.894,4_{(W)}}{1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0,98} = 172,18_{(A)}.$$



Q_{ITP9}, Q_{ITP10}



F



TA-01/02/03

Control de la potencia de las tres plantas

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático e interruptores	$Q_{IT01/02/03}$	Q_{ITG}
Modelo	INS200	Compact
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)		36
Intensidad nominal $I_n \cdot I_0 \cdot I_r = I_n \cdot 0,5 \cdot 0,93 = 180$	200	Relé electrónico
Temperatura de referencia		45 °C
(Tabla H1-2-012, página H1/43 del 2.º Volumen)		
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. 70 mm² →		244 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$		
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$		
Intensidad real de circulación =		
105 A · 0,96 · 0,75 =		175,68 A
□ Núcleo toroidal control aislamiento	**TA-01/02/03**	
Tipo A	MA120	

Control de la potencia de las tres plantas aguas arriba de los SAI

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático e interruptores	$Q_{TT11/12/13}$	$Q_{TT11-3/12-3/13-3}$
Modelo	Compact	INS250-200
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)	36	
Intensidad nominal $I_n \cdot I_0 \cdot I_r = I_n \cdot 0,8 \cdot 0,88 =$	176 A	200 A
Temperatura de referencia	45 °C	
(Tabla H1-2-012, página H1/43 del 2.º Volumen)		

Relé Micrologic	7,0 A
Sensibilidad IΔn	1 A
Retardo (ms)	60 ms

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 70 mm^2 →	244 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96	
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75	
Intensidad real de circulación =	
105 A · 0,96 · 0,75	175,68 A

Red en régimen TT

Queda reducida a la alimentación de las derivaciones en régimen TT de las tres plantas.

Clasificación de las cargas					
	K	Cos φ	I (A) Fase		
			L1	L2	L3
Planta 1.ª	0,9	0,8	32,2	33,1	33
	0,9	0,98	170,34	169,61	171,61
Planta 2.ª	0,9	0,8	43,1	44,1	42,6
	0,9	0,98	153,47	151,77	151,86
Planta 3.ª	0,9	0,8	43,1	44,1	42,6
	0,9	0,98	153,47	151,77	151,86
Suministro red IT			160,34	160,34	160,34
Total	0,8	0,96	**756,02**	**754,79**	**753,87**

Tabla L6.4-376: *cargas de las derivaciones del régimen IT.*

Potencia ramal 1.º (planta 1.ª)

$$S_{TTP1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(202{,}54 + 202{,}71 + 202{,}61)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9 \right] =$$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 182{,}36_{(A)} = 126.193{,}12_{(VA)}.$$

$$P_{TTP1(W)} = (S_{TTP1(VA)} \cdot \cos \varphi) + 11_{(W)} = (126.193{,}12_{(VA)} \cdot 0{,}96) + 11_{(W)} = 121.156{,}39_{(W)}.$$

$$I_{TTP1(A)} = \frac{P_{TTP1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{121.156{,}39_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}96} = 182{,}38_{(A)}.$$

Potencia ramal 2.º (planta 2.ª)

$$S_{TTP2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(196{,}57 + 195{,}87 + 194{,}46)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9 \right] =$$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 176{,}07_{(A)} = 121.840{,}43_{(VA)}.$$

$$S_{TTP2T} = S_{TTP2} + S_{A103} + S_{A104} + S_{V105} = 121.840{,}43 + 230 + 1.061{,}07 = 123.361{,}58_{(VA)}.$$

$$P_{TTP2(W)} = (S_{TTP2T(VA)} \cdot \cos \varphi) + 11_{(W)} = (123.361{,}5_{(VA)} \cdot 0{,}96) + 11_{(W)} = 118.438{,}04_{(W)}.$$

$$I_{TTP2(A)} = \frac{P_{TTP2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{118.438{,}04_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}96} = 178{,}28_{(A)}.$$

Potencia ramal 3.º (planta 3.ª)

$$S_{TTP3(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(196{,}57 + 195{,}87 + 194{,}46)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9 \right] =$$
$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 176{,}07_{(A)} = 121.840{,}43_{(VA)}.$$

$$S_{TTP3T} = S_{TTP3} + S_{A203} + S_{A204} + S_{V205} = 121.840{,}43 + 230 + 230 + 1.061{,}07 =$$
$$= 123.361{,}58_{(VA)}.$$

$$P_{TTP3(W)} = (S_{TTP3T(VA)} \cdot \cos \varphi) + 11_{(W)} = (123.361{,}5_{(VA)} \cdot 0{,}96) + 11_{(W)} = 118.438{,}04_{(W)}.$$

$$I_{TTP3(A)} = \frac{P_{TTP3(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{118.438{,}04_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}96} = 178{,}28_{(A)}.$$

Potencia del régimen IT de las tres plantas

$$S_{IT(VA)} = Ks \cdot (S_{ITP1(VA)} + S_{ITP2(VA)} + S_{ITP3(VA)}) =$$
$$= 0{,}9 \cdot (36.342{,}454 + 43.471{,}44 + 43.471{,}44) =$$
$$= 0{,}9 \cdot 123.285{,}33_{(VA)} = 110.956{,}79_{(VA)}.$$

$$P_{IT(W)} = S_{IT(VA)} \cdot \cos \varphi = 110.956{,}79_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 108.737{,}65_{(W)}.$$

$$I_{IT(A)} = \frac{P_{IT(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{108.737{,}65_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 160{,}342_{(A)}.$$

Potencia del SAI.
Un SAI, que lleva incorporado un filtro de armónicos híbrido THM y suministra una potencia de salida de 120 kVA y una potencia de entrada de 120 kVA/0,93 = 129 kVA por tanto unas pérdidas de 9 kVA.
En una redundancia 3/2 debemos prever 3 unidades de SAI, por tanto debemos aportar las perdidas de los tres SAI.

Potencia de las tres plantas

$$S_{TT(VA)} = Ks \cdot (S_{TTP1(VA)} + S_{TTP2T(VA)} + S_{TTP3T(VA)}) =$$
$$= 0{,}8 \cdot (126.123{,}12_{(VA)} + 123.361{,}5_{(VA)} + 123.361{,}5_{(VA)} + 137.956{,}79_{(VA)}) =$$
$$= 0{,}8 \cdot 510.802{,}91_{(VA)} = 408.642{,}32_{(VA)}.$$

$$P_{TT(W)} = S_{TT(VA)} \cdot \cos \varphi = 408.642{,}32_{(VA)} \cdot 0{,}95 = 388.210{,}2_{(W)}.$$

$$I_{TT(A)} = \frac{P_{TT(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{388.210{,}2_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}95} = 590{,}52_{(A)}.$$

Los coeficientes Ks aplicados corresponden a las recomendaciones de la IEC, ver Tabla B4-006, página B/83 del 1.er Volumen.

Compensador activo de armónicos

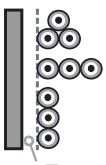
Teóricamente ya hemos compensado los armónicos, pero prever un punto de análisis que corrija algún defecto circunstancial antes de la conexión a la red de suministro es conveniente.
Con un compensador activo filtraremos sobradamente los posibles residuos de armónicos.
Según la Tabla K4-125, página K4/320 del 4.º Volumen, necesitamos para la protección del compensador activo en régimen TT con el neutro distribuido un Compact con relé electrónico, regulado a $2 \cdot I_r$ y un bloque Vigi Compact.



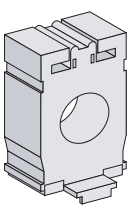
Q_{TT6}, ID_{TT6}

	Q_{TT6}
■ Aparamenta:	
□ Interruptor automático	Compact
Modelo	
Categoría de empleo	A

Número de polos	3+N
Poder de corte 380/415 V (kA)	25
Relé	electrónico
Intensidad nominal	100 A
Intensidad nominal a 45 °C	1 · 100 A
(Tabla H1-2-012, página H1/43 de 2.º Volumen)	
□ Bloque diferencial	**ID_{TT6}**
Modelo	Vigicompact
Intensidad	100 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 μs	3.000 A
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):	
tipo XLPE 3x. F. 35 mm^2 →	154 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96	
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75	
Intensidad real de circulación = 154 A · 0,96 · 0,75	110,88 A
□ Transformador de intensidad	**TI_{TT6}**
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	600 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C
□ Conexiones para el secundario del TI	
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado	



F



TI_{TT6}

Batería de compensación del factor de potencia

En todas las plantas hemos compensado, teóricamente, hasta un factor de potencia de 0,98 excepto las líneas de conectores y los transformadores de aislamiento de la red de régimen IT.

La falta de compensación en las redes de conectores da un cos φ medio en la planta de 0,96 y la potencia de los arrollamientos de los transformadores hace bajar al conjunto hasta un cos φ de 0,95.

Las impedancias de las conducciones, embarrados y aparamenta no son importantes para justificar la instalación de una batería, pero en previsión de posibles fallos de la instalación precedente y para ajustar la instalación a un factor de potencia de 0,98 antes de la conexión a la red de sumnistro, es conveniente una batería de compensación de 0,95 a 0,98. Situaremos una batería para compensar el factor de potencia de un 0,95 a un 0,98.

Si deseamos compensar hasta un cos φ = 0,98, según la Tabla E5-003, página E/49 del 1.er Volumen, extrapolando, debemos multiplicar por 0,171 la potencia activa:

■ Potencia activa total:

$P_{TT(W)} = S_{TT(VA)} \cdot \cos \varphi = 438.397{,}37_{(VA)} \cdot 0{,}95 = 416.477{,}5_{(W)}$.

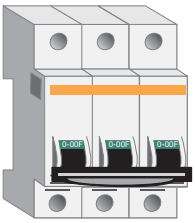
■ Potencia reactiva total:

$Q_{TT(VAr)} = 0{,}171 \cdot P_{IT(W)} = 0{,}171 \cdot 416.477{,}5_{(W)} = 71.217{,}65_{(VAr)}$.

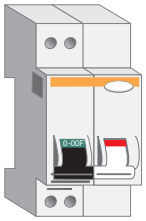
Batería de condensadores, clase estándar de 67,2 kVAr a 400 V.

Escalones 1-2-3-4-6-8, con bases de 2,8 kVAr; 2,8 kVAr-5,5 kVAr-8,4 kVAr-11,2 kVAr-16,8 kVAr-22,4 kVAr.

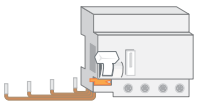
$$\text{Intensidad: } I_{(Ar)} = \frac{Q_{(VAr)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)}} = \frac{67.200_{(VAr)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)}} = 95{,}86_{(Ar)}.$$



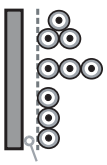
Q_{TT4}



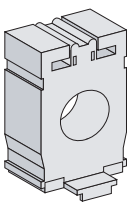
Q_{TT5}



ID_{TT4}, ID_{TT5}



F



TI_{TT4}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{TT4}	Q_{TT5}
Modelo	NG125N	DPN N Vigi
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3	1+N
Poder de corte (kA)	10	6
Característica de desconexión	C	C
Intensidad nominal	125 A	6 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	118 A	5,60 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

□ Bloque diferencial	ID_{TT4}	ID_{TT5}
Modelo	Vigi NG	Vigi
Intensidad	125 A	Incorporado
Clase	"si"	"si"
Número de polos	4	1+N
Sensibilidad IΔn	300 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	3.000 A

□ Conexiones para el circuito de potencia
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 35 mm^2 →	154 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96	
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75	
Intensidad real de circulación = 154 A · 0,96 · 0,75	110,88 A

□ Conexiones para el circuito de maniobra
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):

tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm^2 →	24 A
Coeficiente térmico K_T = 0,96	
Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75	
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75	17,28 A

□ Transformador de intensidad	TI_{TT4}
Cantidad	1 ud.
Intensidad nominal In	600 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm^2 para 750 V, trenzado

Control alimentación régimen IT

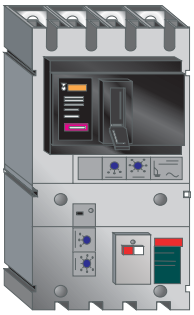
El control lo realizaremos por medio de tres interruptores automáticos denominados Q_{TT14}, Q_{TT15} y Q_{TT16}.

Control de calidad y del consumo de la energía en la derivación

Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.
El control lo realizaremos por medio de dos interruptores automáticos denominados Q_{TT14-1}, Q_{TT15-1} y Q_{TT16-1}.

Control descargador de sobretensiones PRD-8

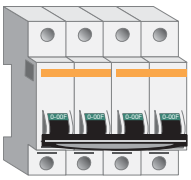
El control lo realizaremos por medio de dos interruptores automáticos denominados Q_{TT14-2}, Q_{TT15-2} y Q_{TT16-2}.



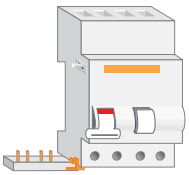
$Q_{TT11\ /\ TT12\ y\ TT13}$
$ID_{TT11\ /\ TT12\ y\ TT13}$

Control alimentación SAI régimen IT, control de calidad y del consumo de la energía en la derivación, control descargador de sobretensiones PRD-8

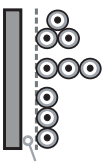
■ Aparamenta:



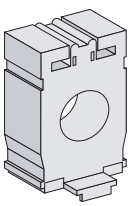
$Q_{TT11-1\ /\ TT12-1\ y\ TT13-1}$
$Q_{TT11-2\ /\ TT12-2\ y\ TT13-2}$



$ID_{TT11-1/\ TT12-1\ y\ TT13-1}$



F



$TI_{TT11-1/TT12-1\ y\ TT13-1}$

□ Interruptor automático e interruptores	$Q_{TT14/}$ TT15 y TT16	$Q_{TT14-1/}$ TT15-1 y TT16-1	$Q_{TT14-2/}$ TT15-2 y TT16-2
Modelo	Compact	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	4	4	4
Poder de corte (kA)	36	6	6
Característica de desconexión		B	C
Intensidad nominal $I_n \cdot I_0 \cdot I_r = I_n \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}88 =$	198 A		
Intensidad nominal		6	20
Temperatura de referencia	45 °C	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo		45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C		2,7 A	18,40 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)	*		
(Tabla H1-2-012, página H1/43 del 2.º Volumen)		*	*

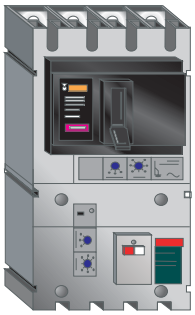
□ Bloque diferencial	$ID_{TT14/}$ TT15 y TT16	$ID_{TT14-1/}$ TT15-1 y TT16-1	$ID_{TT14-2/}$ TT15-2 y TT16-2
Modelo	Vigi Compact	Vigi	
Intensidad	250 A	25 A	
Clase	A	"si"	
Número de polos	4	4	
Sensibilidad $I_{\Delta n}$	30 mA	30 mA	
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	3.000 A	

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):			
tipo XLPE 3x. F. 70 mm² →	244 A		
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →		24 A	
tipo XLPE 3x. F. 2,5 mm² →			33 A
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$			
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$			
Intensidad real de circulación =			
244 A · 0,96 · 0,75	175,68 A		
24 A · 0,96 · 0,75		17,28 A	
33 A · 0,96 · 0,75			23,76 A

□ Transformador de intensidad	$TI_{TT11-1/}$ TT12-1 y TT13-1
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	200 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

L
6.4

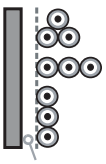


$Q_{TT8/TT10\ y\ TT12}$
$ID_{TT8/TT10\ y\ TT12}$

Control alimentación de las tres plantas (1.ª, 2.ª y 3.ª) en régimen TT

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{TT8}	Q_{TT10}	Q_{TT12}
Modelo	Compact	Compact	Compact
Categoría de empleo	A	A	A
Número de polos	3+N	3+N	3+N
Poder de corte (kA)	36	36	36
Intensidad nominal $I_n \cdot I_0 \cdot I_r = I_n \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}95 =$	190 A		
Intensidad nominal $I_n \cdot I_0 \cdot I_r = I_n \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}93 =$		186 A	186 A
Temperatura de referencia	45 °C	45 °C	
Intensidad nominal a 45 °C	$I_r \cdot 1$	$I_r \cdot 1$	$I_r \cdot 1$
(Tabla H1-2-012, página H1/43 del 2.º Volumen)			
□ Bloque diferencial	ID_{TT8}	ID_{TT10}	ID_{TT12}
Modelo	Vigi compact		
Intensidad	250 A	250 A	250 A
Clase	A S	A S	A S
Número de polos	4	4	4
Sensibilidad IΔn	1 A	1 A	1 A
Retardo (ms)	(150) ms	(150) ms	150) ms
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	3.000 A	

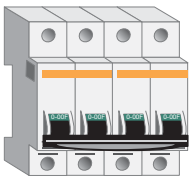


F

□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):			
tipo XLPE 3x. F. 95 mm^2 →	296 A	296 A	296 A
Coeficiente térmico $K_T = 0{,}96$			
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0{,}75$			
Intensidad real de circulación = 296 A · 0,96 · 0,75	213,12 A	213,12 A	213,12 A

Control de calidad y del consumo de la energía de las plantas

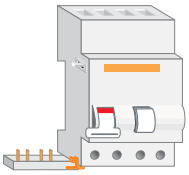
Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.
El control lo realizaremos por medio de dos interruptores automáticos denominados Q_{TT7}, Q_{TT9}, Q_{TT11} y Q_{TT6}.



$Q_{TT9/TT10/TT13}$, Q_{TT6}

■ Aparamenta:

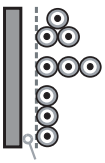
□ Interruptor automático	$Q_{TT9/TT11/TT13}$	Q_{TT7}
Modelo	C60N	C60N
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	4	4
Poder de corte (kA)	6	6
Característica de desconexión	B	B
Intensidad nominal	3 A	3 A
Temperatura de referencia	30 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,7 A	2,7 A
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		
□ Bloque diferencial	$ID_{TT9/TT11/TT13}$	ID_{TT7}
Modelo	Vigi C60	Vigi C60



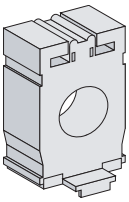
$TI_{TT7/TT9/TT11}$, TI_{TT6}

Intensidad	25 A	25 A
Clase	"si"	"si"
Número de polos	4	4
Sensibilidad IΔn	30 mA	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A	3.000 A

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A



F



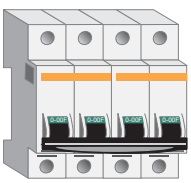
$TI_{TT7/TT9/TT11}$, TI_{TT6}

□ Transformador de intensidad	$TI_{TT9/TT11/TT13}$	TI_{TT7}
Cantidad	3 ud.	3 ud.
Intensidad nominal In	200 A	600 A
Corriente del secundario	5 A	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C	–5 a +55 °C

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

Control de calidad y del consumo de la energía de las plantas

Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de un Circuit Monitor Serie 4.000.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.
El control lo realizaremos por medio de dos interruptores automáticos denominados Q_{TT3}.

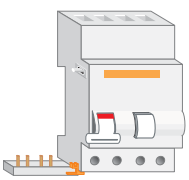


Q_{TT3}

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	Q_{TT3}
Modelo	C60N
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	3 A
Temperatura de referencia	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,7 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)

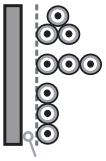


ID_{TT3}

□ Bloque diferencial	ID_{TT3}
Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A

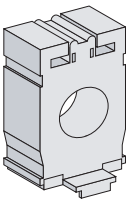
□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A

L 6.4



F

Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A



TI_{TT3}

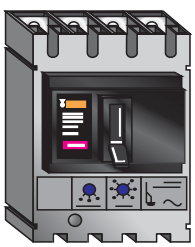
□ Transformador de intensidad	**TI_{TT3}**
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	600 A
Corriente del secundario	5 A
Sobrecarga permanente	1,2 In
Temperatura de trabajo	–5 a +55 °C

□ Conexiones para el secundario del TI
Conductor de Cu de 1 mm² para 750 V, trenzado

Control alimentación del consumo total. Doble suministro Cías. A y B

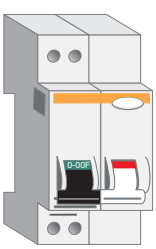
Alimentación potencia interruptores automáticos Q_{TT1} y Q_{TT2} e interruptores de maniobra para el conmutador automático de suministros de las Cías. Q_{TT1-3} y Q_{TT2-3}.

■ Aparamenta:



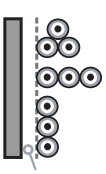
$Q_{TT1/TT2}$

□ Interruptor automático	**$Q_{TT1/TT2}$** Modelo	**$Q_{TT1-3/TT2-3}$** Compact
Categoría de empleo	A	A
Número de polos	3+N	1+N
Poder de corte (kA)	36	10
Característica de desconexión		B
Intensidad nominal		6 A
Intensidad nominal $I_n \cdot I_0 \cdot I_r = I_n \cdot 1 \cdot 0,93 =$	585,9 A	
Temperatura de referencia	45 °C	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	In · 1	5,60 A
(Tabla H1-2-012, página H1/43 del 2.º Volumen)	*	
(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)		*



$ID_{TT1-3/TT2-3}$

□ Bloque diferencial		**$ID_{TT1-3/TT2-3}$** Incorporado
Modelo		
Intensidad		
Clase		"si"
Número de polos		2
Sensibilidad IΔn		30 mA
Retardo (ms)		
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs		3.000 A
□ Conexiones (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen):		
tipo XLPE 3x. F. 2·150 mm² →	2·404 A	
tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² →		24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$		
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$		
Intensidad real de circulación =		
2 · 404 A · 0,96 · 0,75	581,76 A	
24 A · 0,96 · 0,75		17,28 A
□ Mando eléctrico	MT630	
Tiempo de respuesta: Apertura	< 600 ms	
Cierre	< 80 ms	
Cadencia de maniobras ciclos/min	4	
Tensión del mando CA	220/240 V	
Consumo apertura o cierre	⩽ 500 VA	

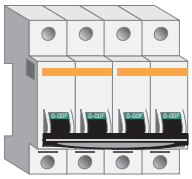


F

□ Placa soporte	Compact
□ Interenclavamiento eléctrico IVE	Compact
□ Elemento de mando	ACP
□ Automatismo	UA
□ Acoplamiento de conexiones aguas abajo	Compact

Control de calidad y del consumo de la energía de las alimentaciones

Controlador de la calidad y medida del consumo por medio de una central de medida.
Puerto de conexión a la red interna RS485.
Conductor de conexión bus interno de dos hilos con blindaje.
Conexiones para la toma de datos de la red.
El control lo realizaremos por medio de dos interruptores automáticos denominados Q_{TT1-2} y Q_{TT2-2}.

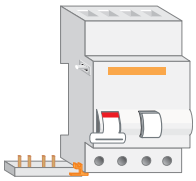


$Q_{TT1-1\ y\ TT2-1}$

■ Aparamenta:

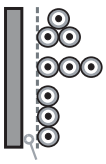
□ Interruptor automático	$Q_{TT1-2\ y\ TT2-2}$
Modelo	C60L
Categoría de empleo	A
Número de polos	4
Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	B
Intensidad nominal	3 A
Temperatura de referencia	30 °C
Temperatura de trabajo	45 °C
Intensidad nominal a 45 °C	2,7 A

(Tabla H1-2-007, página H1/40 del 2.º Volumen)



$ID_{TT1-2\ y\ TT2-2}$

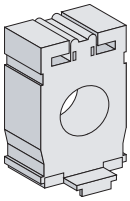
□ Bloque diferencial	$ID_{TT1-2\ y\ TT2-2}$
Modelo	Vigi C60
Intensidad	25 A
Clase	"si"
Número de polos	4
Sensibilidad IΔn	30 mA
Inmunidad a disparos intempestivos hasta intensidad de cresta, onda 8/20 µs	3.000 A



F

□ Conexiones para el circuito de toma de señal de la red
(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 1,5 mm² → 24 A
Coeficiente térmico $K_T = 0,96$
Coeficiente por agrupamiento $K_A = 0,75$
Intensidad real de circulación = 24 A · 0,96 · 0,75 = 17,28 A

□ Transformador de intensidad	$TI_{TT1-2\ y\ TT2-2}$
Cantidad	3 ud.
Intensidad nominal In	600 A



$TI_{TT1-2\ y\ TT2-2}$

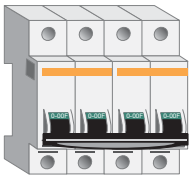
Control descargador de sobretensiones PRD-40 en las alimentaciones

El control lo realizaremos por medio de dos interruptores automáticos denominados Q_{TT1-1} y Q_{TT2-1}.

■ Aparamenta:

□ Interruptor automático	$Q_{TT1-1\ y\ TT2-1}$
Modelo	C60L
Categoría de empleo	A
Número de polos	4

L
6.4



$Q_{TT1\text{-}1\ y\ TT2\text{-}1}$

Poder de corte (kA)	6
Característica de desconexión	C
Intensidad nominal	20
Temperatura de referencia	30º
Temperatura de trabajo	45º
Intensidad nominal a 45 °C	18,40 A

(Tabla H1-2-012, página H1/43 del 2.º Volumen)

Conducción desde el cuadro general de baja tensión (CGBT), hasta el cuadro de distribución de la primera planta (CDP 1.ª), el de la segunda planta (CDP 2.ª), y el de la tercera planta (CDP 3.ª)

Al cuadro de la primera planta

Disponemos de dos conexiones, una en régimen TT y otra en régimen IT.

Al estar el CGBT y el CDP 1.ª en la misma planta, se han juntado en un solo espacio y las conexiones se han realizado por cable:

■ En régimen TT:

□ Potencia: P_{TTP1} = 122.719,63 W.

□ Intensidad: I_{TTP1} = 184,73 A.

□ Conexiones entre CGBT y CDP 1.ª (Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen), tipo XLPE 3x. F. 95 mm^2 → 296 A:

– Coeficiente térmico: K_T = 0,96.

– Coeficiente por agrupamiento: K_A = 0,75.

– Intensidad real de circulación = 296 A · 0,96 · 0,75 = 213,12 A.

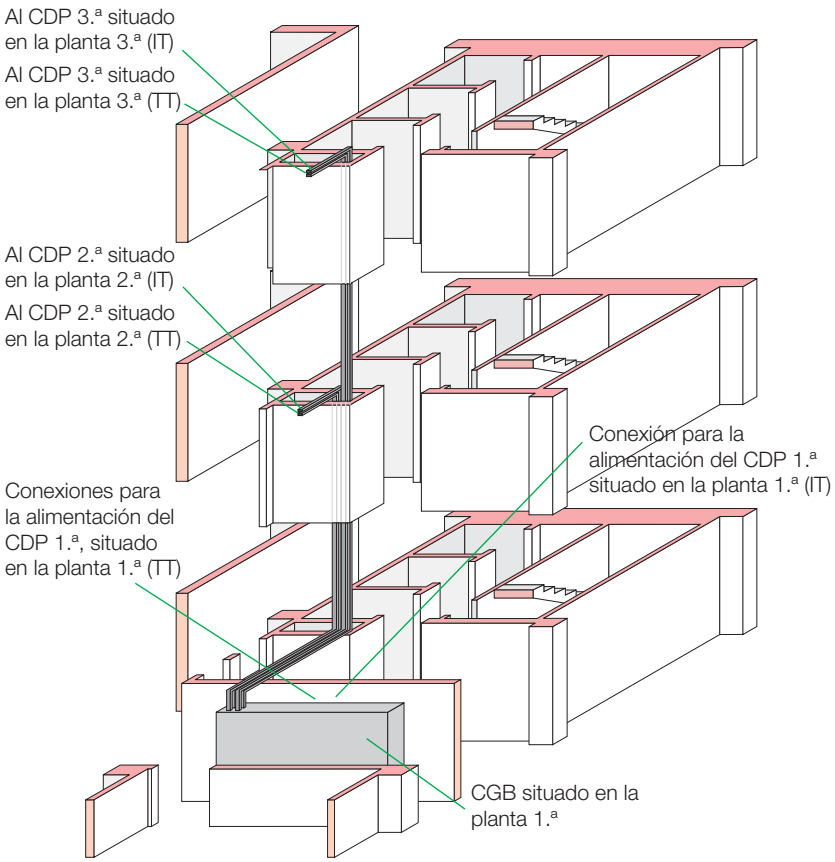


Fig. L6.4-377: *conexiones del cuadro general de baja tensión a los cuadros generales de distribución en las plantas.*

□ Caída de tensión:

$$\Delta U = R \cdot I = \rho \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \ \Omega mm^2/m \ \frac{1{,}8 \text{ m}}{95 \text{ mm}^2} \cdot 184{,}73 \text{ A} = 0{,}0788 \text{ V}.$$

■ En régimen IT:

□ Potencia: P_{ITP1} = 43.877,42 W.

□ Intensidad: I_{ITP1} = 64,70 A.

□ Conexiones entre CGBT y CDP 1.ª

(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen): tipo XLPE 3x. F. 16 mm^2 → 105 A:

– Coeficiente térmico: K_T = 0,96.

– Coeficiente por agrupamiento: K_A = 0,75.

– Intensidad real de circulación = 105 A · 0,96 · 0,75 = 75,6 A.

□ Caída de tensión:

$$\Delta U = R \cdot I = \rho \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \ \Omega mm^2/m \ \frac{1{,}8 \text{ m}}{16 \text{ mm}^2} \cdot 64{,}70 \text{ A} = 0{,}164 \text{ V}.$$

Al cuadro de la segunda planta

Disponemos de dos conexiones, una en régimen TT y otra en régimen IT.

Del CGBT al CDP 2.ª; debemos distribuir por el techo de la primera planta el cajón de comunicación entre plantas de las instalaciones eléctricas, y por el techo de la segunda planta hasta el cuadro de distribución de la planta.

La conducción la realizaremos con canalizaciones prefabricadas:

■ En régimen TT:

□ Potencia: P_{TTP2} = 119.517,68 W.

□ Intensidad: I_{TTP2} = 179,91 A.

□ Las características de la canalización prefabricada son:

Tipo	KSA 250
Resistencia	0,216 mΩ/m
Reactancia	0,192 mΩ/m
Impedancia	0,3510 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,23 mΩ/m
Longitud	7 m

□ Caída de tensión:

$$\Delta U = Z \cdot I = \frac{0{,}351 \text{ m}\Omega/\text{m} \cdot L}{1.000} \cdot 179{,}91 \text{ A} = \frac{0{,}351 \text{ m}\Omega/\text{m} \cdot 7 \text{ m}}{1.000} \cdot 179{,}91 \text{ A} = 0{,}442 \text{ V}.$$

■ En régimen IT:

□ Potencia: P_{ITP2} = 38.102,66 W.

□ Intensidad: I_{ITP2} = 56,19 A.

□ Las características de la canalización prefabricada son:

Tipo	KN 100
Resistencia	0,8 mΩ/m
Reactancia	0,2 mΩ/m
Impedancia	2,25 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,73 mΩ/m
Longitud	7 m

$$\Delta U = Z \cdot I = \frac{2{,}25 \text{ m}\Omega/\text{m} \cdot L}{1.000} \cdot 56{,}19 \text{ A} = \frac{2{,}25 \text{ m}\Omega/\text{m} \cdot 7 \text{ m}}{1.000} \cdot 56{,}19 \text{ A} = 0{,}885 \text{ V}.$$

Al cuadro de la tercera planta

Disponemos de dos conexiones, una en régimen TT y otra en régimen IT.

Del CGBT al CDP 3.ª debemos distribuir por el techo de la primera planta el cajón de comunicación entre plantas de las instalaciones eléctricas, y por el techo de la tercera planta hasta el cuadro de distribución de la planta.

La conducción la realizaremos con canalizaciones prefabricadas:

■ En régimen TT:

□ Potencia: P_{TTP3} = 119.517,68 W.

□ Intensidad: I_{TTP3} = 179,91 A.

□ Las características de la canalización prefabricada son:

Tipo	KSA 250
Resistencia	0,216 mΩ/m
Reactancia	0,192 mΩ/m
Impedancia	0,3510 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,23 mΩ/m
Longitud	12,5 m

□ Caída de tensión:

$$\Delta U = Z \cdot I = \frac{0{,}351\ m\Omega/m \cdot L}{1.000} \cdot 179{,}91\ A = \frac{0{,}351\ m\Omega/m \cdot 12{,}5\ m}{1.000} \cdot 179{,}91\ A = 0{,}789\ V.$$

■ En régimen IT:

□ Potencia: P_{ITP3} = 38.102,66 W.

□ Intensidad: I_{ITP3} = 56,19 A.

□ Las características de la canalización prefabricada son:

Tipo	KN 63
Resistencia	1,9 mΩ/m
Reactancia	0,2 mΩ/m
Impedancia	2,25 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,73 mΩ/m
Longitud	12,5 m

□ Caída de tensión:

$$\Delta U = Z \cdot I = \frac{2{,}25\ m\Omega/m \cdot L}{1.000} \cdot 56{,}19\ A = \frac{2{,}25\ m\Omega/m \cdot 12{,}5\ m}{1.000} \cdot 56{,}19\ A = 1{,}58\ V.$$

L
6.4

Derivación individual, conducción desde el cuadro de protección y medida hasta el cuadro general de baja tensión (CGBT)

La alimentación del cuadro general, desde las dos Cías. contratadas, lo realizaremos desde la salida de los cuadros de protección y medida con dos canalizaciones prefabricadas KSA de 630 A, 230/400 V, 50 Hz. Que transcurrirán por el techo del primer sótano hasta el cajón de subida a las diferentes plantas, y desde la primera planta hasta el CGBT por el techo de la planta.

Para el total de cada planta, en los cuadros de distribución por planta, al disponer de una red de conectores, una red de alumbrado y una red de acondicionamiento, o sea tres circuitos, hemos aplicado un coeficiente de Ks = 0,9.

En el cuadro general, al disponer de cuatro circuitos, un circuito para cada planta y otro para la red de régimen IT, hemos aplicado un coeficiente de Ks = 0,8:

■ Los cálculos de potencia e intensidad realizados:

$$S_{TT(VA)} = Ks \cdot (S_{TTP1(VA)} + S_{TTP2(VA)} + S_{TTP3(VA)} + S_{IT(VA)} + S_P) =$$

$$= 0{,}8 \cdot (127.382{,}95_{(VA)} + 124.497{,}59_{(VA)} + 124.497{,}59_{(VA)} + 110.280{,}06_{(VA)} +$$

$$+ 13.870_{(VA)}) = 0{,}8 \cdot 487.122{,}06_{(VA)} = 389.697{,}64_{(VA)}.$$

$$P_{TT(W)} = S_{TT(VA)} \cdot \cos\varphi = 389.697{,}64_{(VA)} \cdot 0{,}95 = 370.212{,}75_{(W)}.$$

$$I_{TT(A)} = \frac{P_{TT(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{370.212{,}75\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}95} = 563{,}15_{(A)}.$$

■ Las características de la canalización prefabricada son:

Resistencia	0,074 mΩ/m
Reactancia	0,070 mΩ/m
Impedancia	0,123 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,074 mΩ/m
Longitud	33 m

□ Caída de tensión:

$$\Delta U = Z \cdot I = \frac{0{,}123\ \text{m}\Omega/\text{m} \cdot L}{1.000} \cdot 563{,}15\ \text{A} = \frac{0{,}123\ \text{m}\Omega/\text{m} \cdot 33\ \text{m}}{1.000} \cdot 563{,}15\ \text{A} = 2{,}286\ \text{V}.$$

Resistencia del conductor de protección desde el cuadro de protección y medida hasta el CGBT:

$R_{T2} = L \cdot m\Omega/m = 33\ m \cdot 0{,}00106\ m\Omega/m = 0{,}035\ m\Omega$.

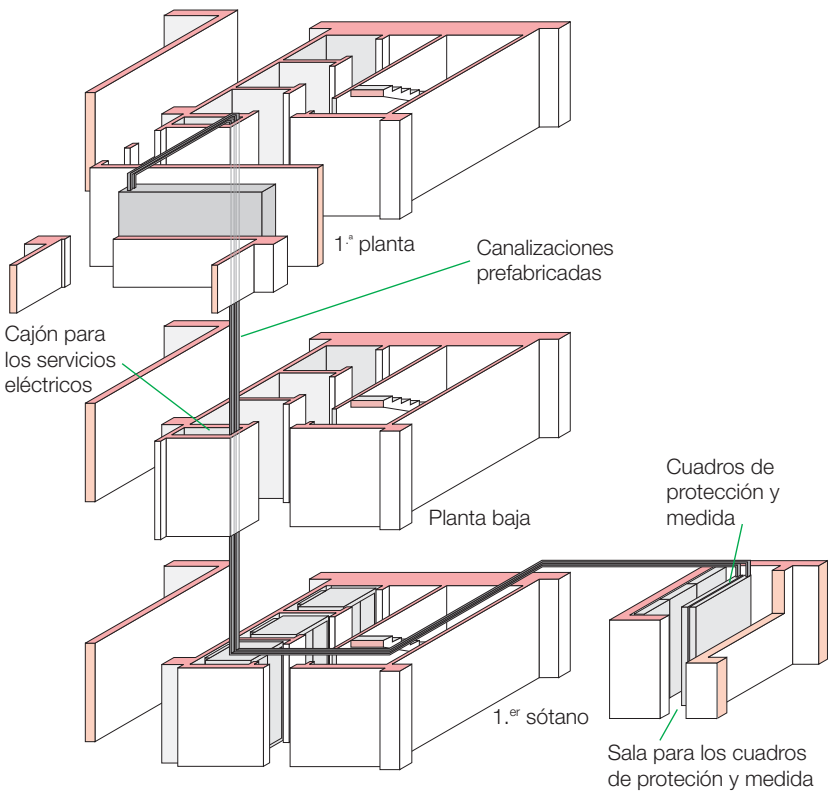


Fig. L6.4-378: *conexiones de los cuadros de protección y medida de las dos Cías. suministradoras, hasta el cuadro general de distribución de baja tensión.*

Nota: en el cálculo de la potencia total hemos aplicado los coeficientes de simultaneidad recomendados por la IEC (Comité Electrotécnico Internacional) (ver Tabla B4-006, página B/83 del 1.er Volumen).

Si pretendemos contratar los 370 kW del consumo previsto, la Cía. suministradora nos puede proponer un equipo de control y medida T-300 de hasta 400 kW con fusibles de 800 A y un interruptor automático de 630 A.

Línea general de alimentación:

■ La Cía. A suministra desde el centro de alimentación situado en el edificio, con una línea individual para cada abonado, desde su cuadro de BT en el centro de transformación hasta el cuadro de protección y medida:

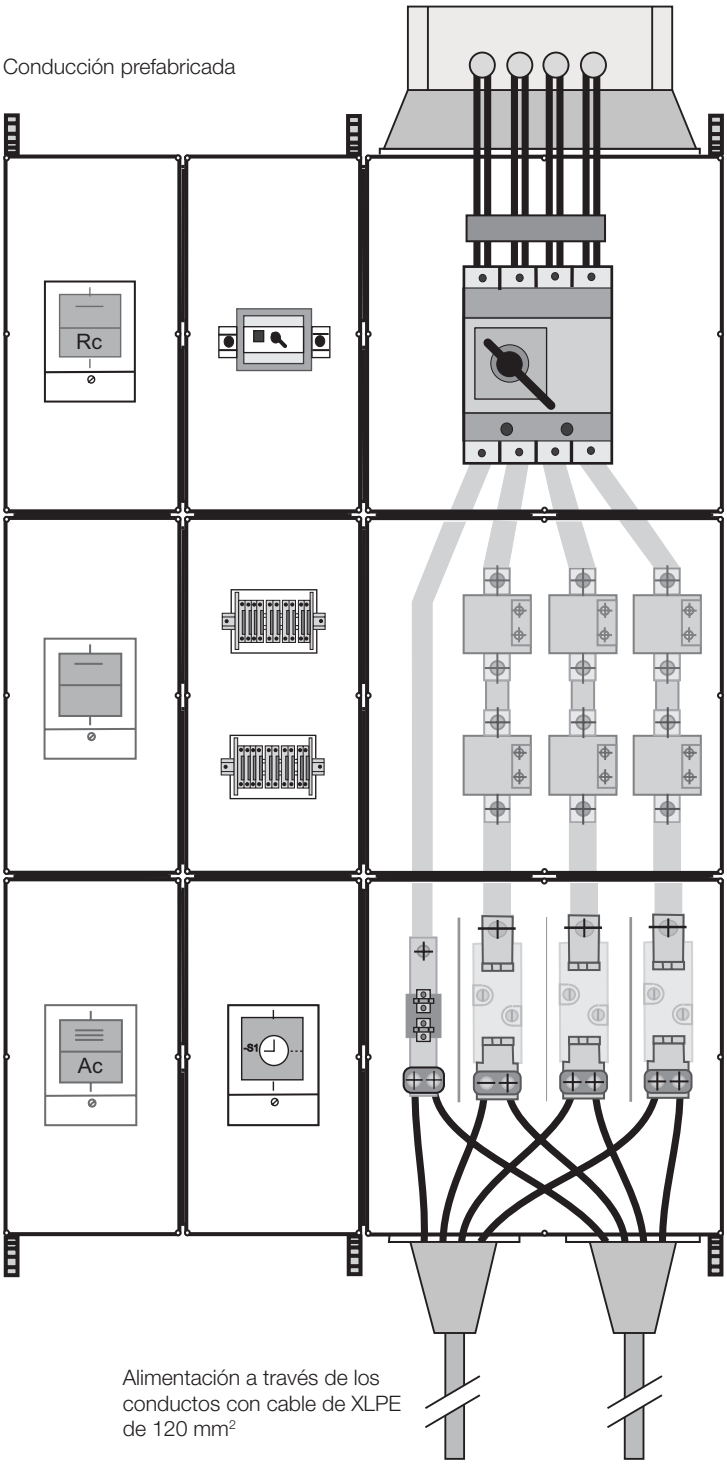


Fig. L6.4-379: *cuadro de protección y medida Cía. A.*

□ Descripción de la línea.
La línea correspondiente al abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª es de cobre de 120 mm^2, una longitud de 18 m y un aislamiento de XLPE, soportados en una bandeja que transcurre adosada al techo del aparcamiento.
Alimenta con dos conductores por fase y uno para el neutro.
Conductor de Cu y aislamiento de XLPE de 120 mm^2, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen le corresponde una intensidad de 348 A.
La temperatura ambiente del sótano se considera al entorno de los conductores de unos 30 °C:
– Factor de corrección por temperatua ambiente (AA).
Para 30 °C con conductores XLPE, K_t = 1,1 (ver Tabla F7-133, página F/257 del 1.er Volumen).
– Factor de corrección por agrupamiento.
Ref. 4. Capa única en una superficie perforada vertical u horizontal. Para 2 circuitos K_a = 0,9 (ver Tabla F7-134, página F/257 del 1.er Volumen).
□ Intensidad capaz de conducir = 2 ud. · 348 A · K_t · K_a = 2 ud. · 348 A · 1,1 · 0,9 = = 689,04 A.
□ Caída de tensión:

$$\Delta U = R \cdot I = \rho \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225\ \Omega mm^2/m \frac{1{,}8\ m}{2 \cdot 120\ mm^2} \cdot 585{,}9\ A = 0{,}989\ V.$$

■ La Cía. B suministra desde la red de baja tensión a través de una caja general de protección (CGP) individual para cada abonado.
Para el abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª ha previsto una caja de esquema 11 con dos líneas individuales paralelas hasta el cuadro de protección y medida:
□ Descripción de la línea.
La línea correspondiente al abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª es de cobre de 120 mm^2, una longitud de 11 m y un aislamiento de XLPE en un tubo.
Alimenta con dos conductores por fase y uno para el neutro.
Conductor de Cu, y aislamiento de XLPE de 120 mm^2, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen le corresponde una intensidad de 348 A.
La temperatura ambiente del sótano se considera al entorno de los conductores de unos 35 ºC:
– Factor de corrección por temperatua ambiente (AA).
Para 35 ºC con conductores XLPE, K_t = 1,05 (ver Tabla F7-133, página F/257 del 1.er Volumen).
– Factor de corrección por agrupamiento.
Ref. 1. Agrupados en una superficie empotrados o embutidos. Para 2 circuitos K_a = 0,8 (ver Tabla F7-134, página F/257 del 1.er Volumen).
□ Intensidad capaz de conducir = 2 ud. · 348 A · K_t · K_a = 2 ud. · 348 A · 1,05 · 0,8 = = 584,64 A.
□ Caída de tensión:

$$\Delta U = R \cdot I = \rho \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225\ \Omega mm^2/m \frac{11\ m}{2 \cdot 120\ mm^2} \cdot 585{,}9\ A = 0{,}604\ V.$$

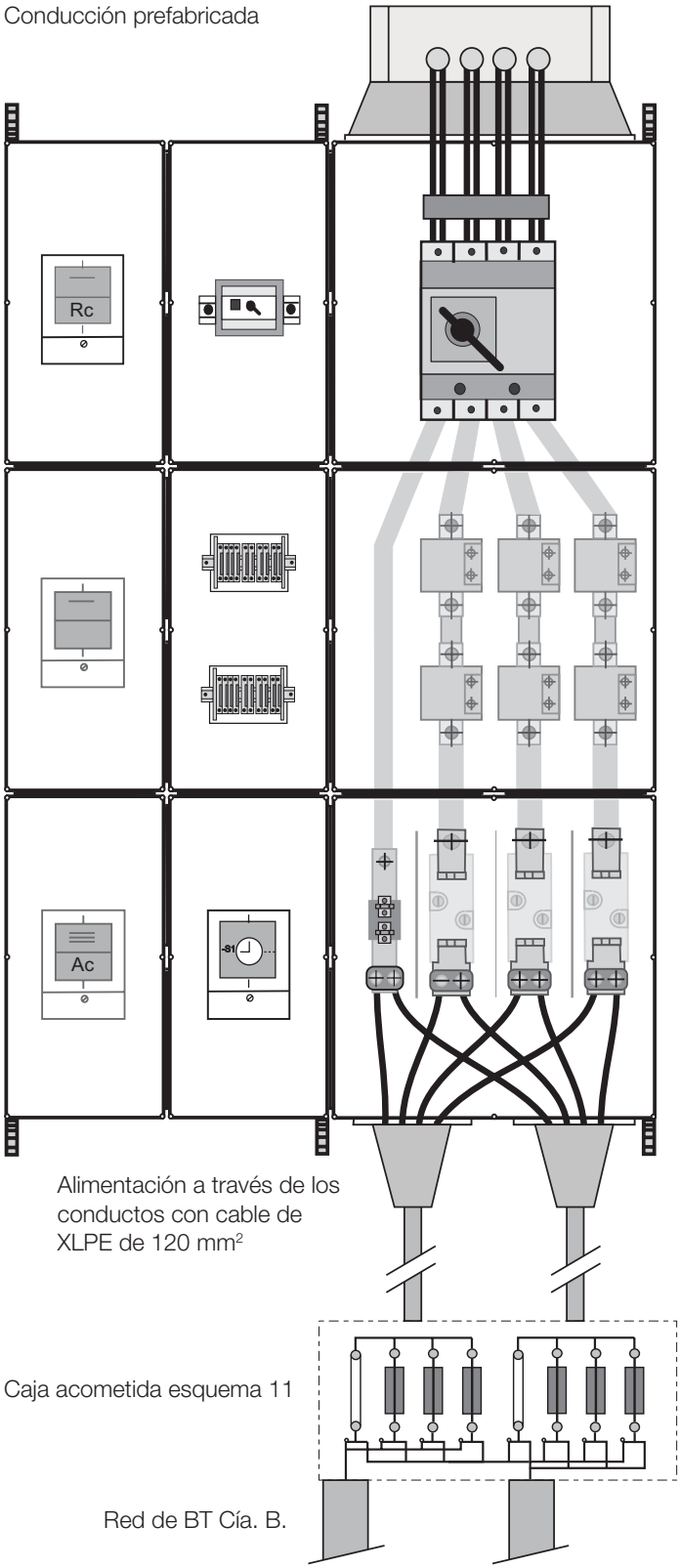


Fig. L6.4-380: *cuadro de protección y medida Cía. B*

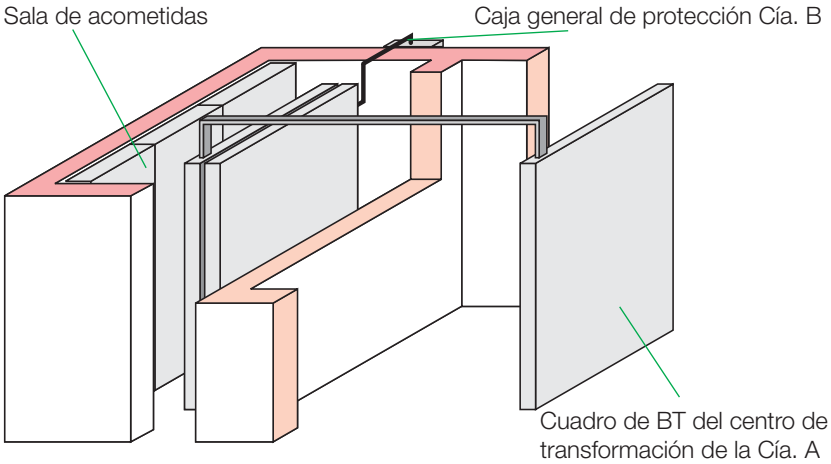


Fig. L6.4-381: *conexiones del centro de transformación de la Cía. A desde la caja de control y medida de la Cía. B a los cuadros de protección y medida de las dos Cías. suministradoras.*

Control de aislamiento

Desde la línea de alimentación de la maniobra para el control del aislamiento y la calidad de la energía, derivamos:

Para el control del aislamiento hemos previsto:

- Un controlador permanente de aislamiento Vigilohm.
- Un interface de comunicación.
- 8 unidades controladores-localizadores.
- 116 unidades localizadores de fugas (toroidales).

Los localizadores de fugas (toroidales) los conectaremos a los controladores localizadores por medio de conectores y conductores multipolares:

□ Conector y conductor para el cuadro general de baja tensión:

TA-01 TA-02 TA-03 TA-04 TA-05 TA-06 TA-07 TA-16

□ Conector y conductor para el cuadro general de distribución de la primera planta

TA-16 TA-15 TA-14 TA-13 TA-12 TA-11 TA-10 TA-09 TA-17 TA-18 TA-19

□ Conector y conductor para el cuadro general de distribución de la segunda planta:

TA-20 TA-21 TA-22 TA-23 TA-24 TA-32 TA-31 TA-30 TA-29 TA-28

□ Conector y conductor para el cuadro general de distribución de la tercera planta:

TA-27 TA-26 TA-25 TA-33 TA-34 TA-35 TA-36 TA-37 TA-38 TA-39

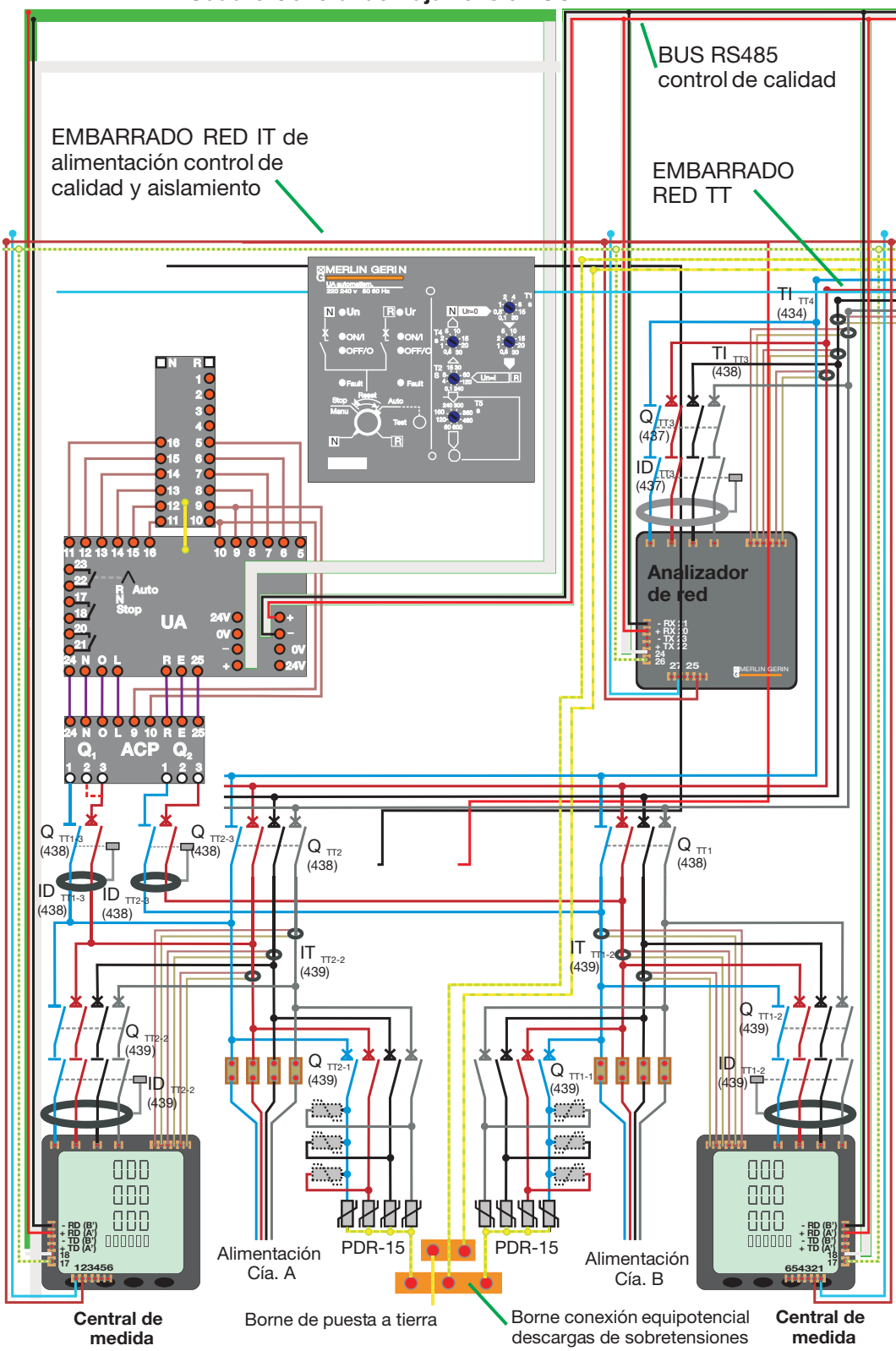
□ Conector y conductor para los cuadros secundarios de la primera planta, correspondientes a la línea 1.ª:

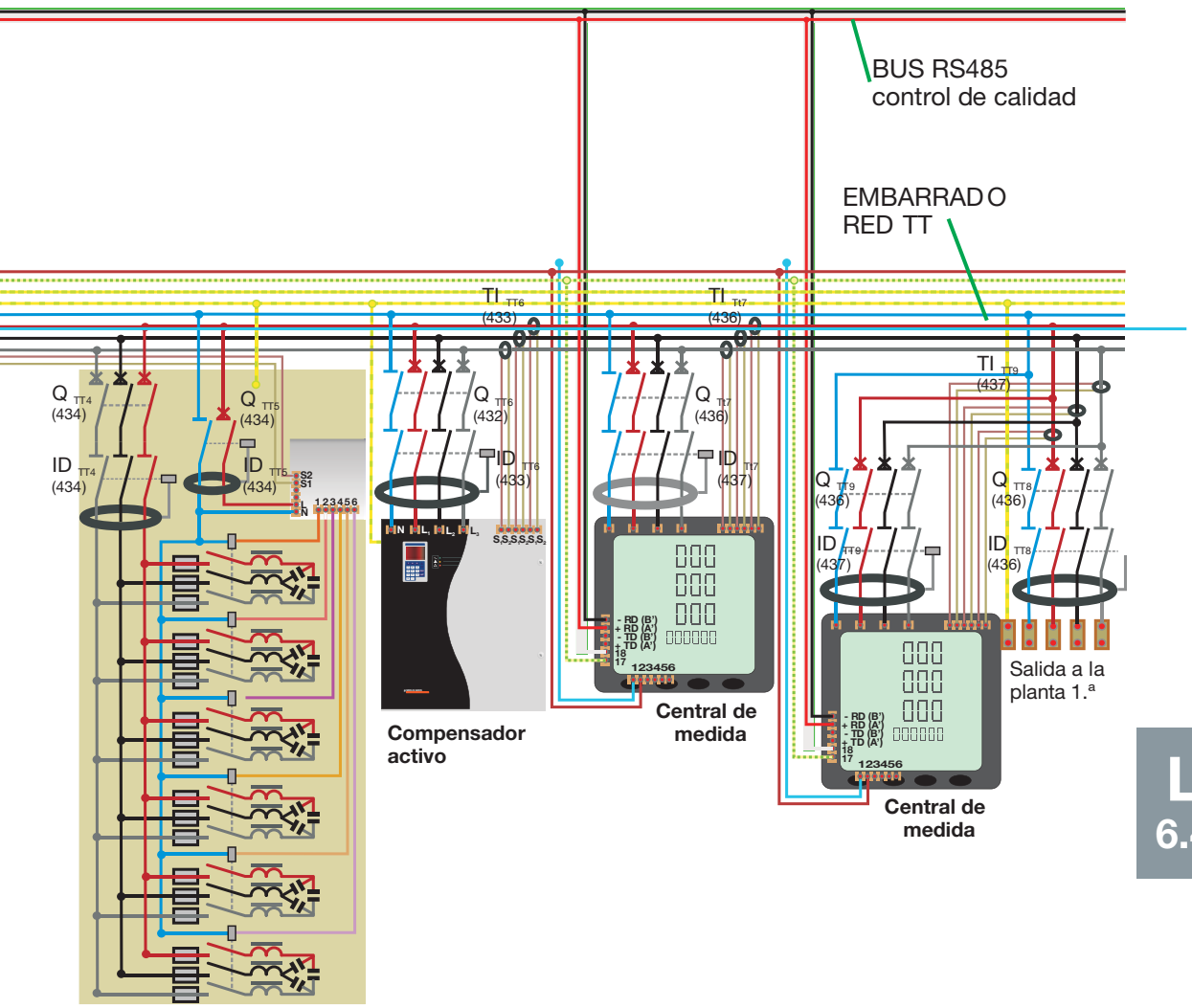
IT-09	TA-40	IT-10	TA-48	IT-11	TA-44	IT-14	TA-41	IT–50	TA-61
			TA-47	IT-12	TA-43	IT-15	TA-49	IT–51	TA-60
			TA-46	IT-13	TA-42				
			TA-45						

□ Conector y conductor para los cuadros secundarios de la primera planta, correspondientes a las líneas 2.ª y 3.ª:

Cuadro	Toma	Cuadro	Toma	Cuadro	Toma	Cuadro	Toma
IT-01	TA–52	IT-02	TA–59	IT-03	TA–56	IT-06	TA-62
	TA–53		TA–58	IT-04	TA-64	IT-07	TA-61
	TA–54		TA–57	IT-05	TA-63	IT-08	TA-60
	TA–55		TA-65				
			TA-66				
			TA-67				

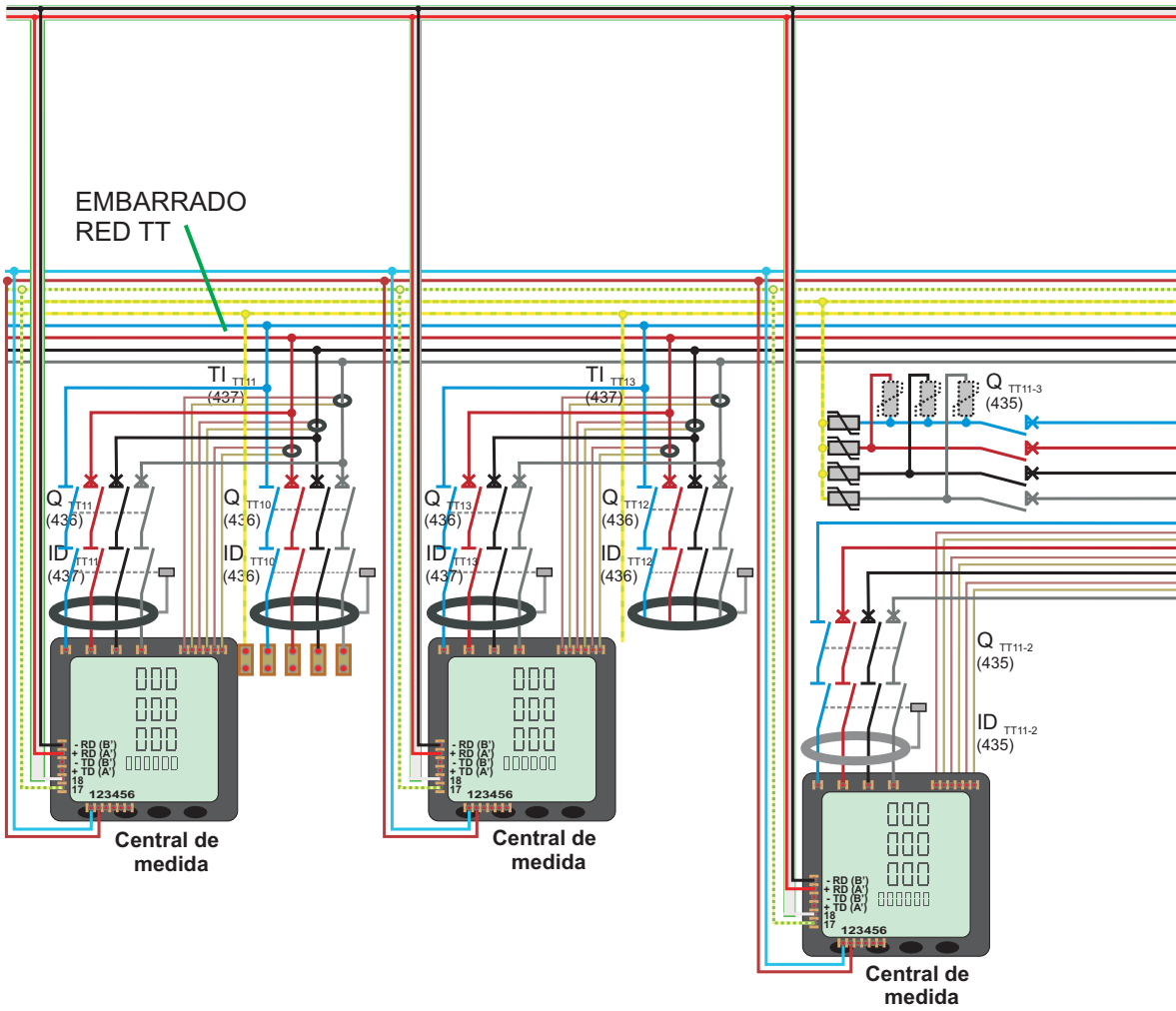
Cuadro General de Baja Tensión CGBT

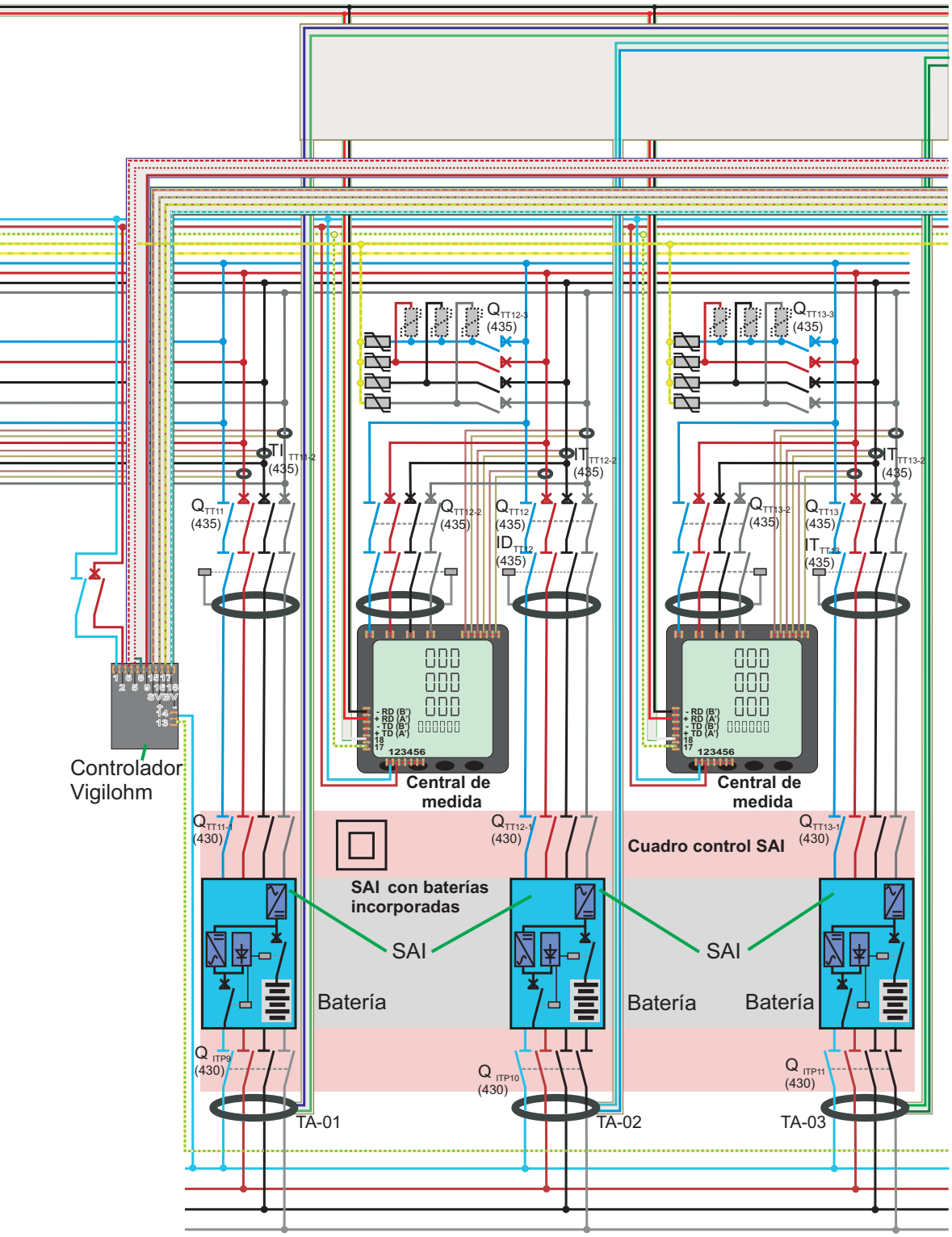


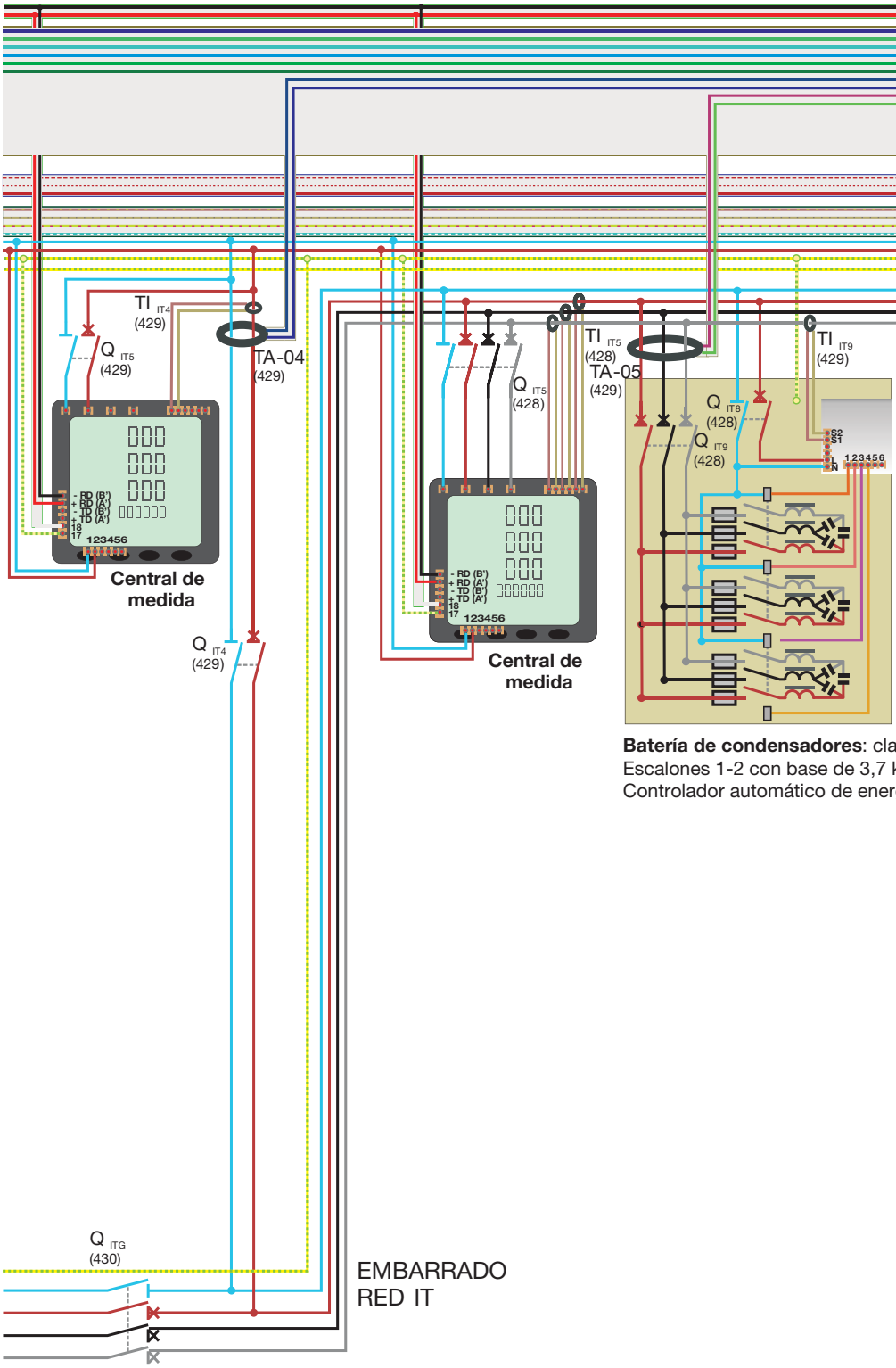


Batería de condensadores: clase estándar de 6,7 kVA
Escalones 1-2-3-4-6-8 con base de 2,8 kVA
Controlador automático de energía reactiva

L
6.4

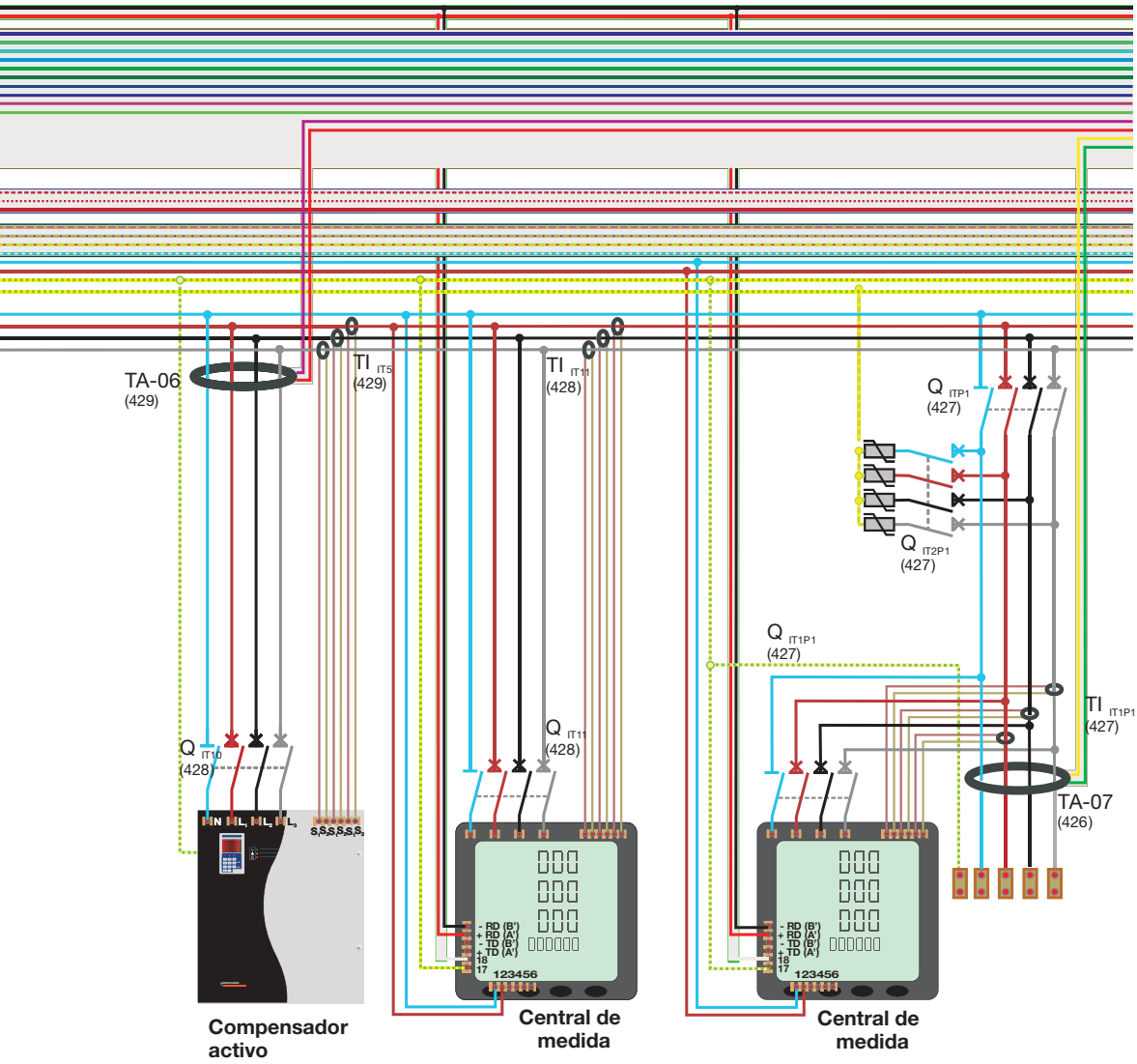

EMBARRADO
RED TT
TI TT11 (437)
TI TT13 (437)
Q TT11 (436)
ID TT11 (437)
Q TT10 (436)
ID TT10 (436)
Q TT13 (436)
ID TT13 (437)
Q TT12 (436)
ID TT12 (436)
Q TT11-3 (435)
Q TT11-2 (435)
ID TT11-2 (435)
- RD (B')
+ RD (A')
- TD (B')
+ TD (A')
18
17
123456
Central de medida
Central de medida
Central de medida

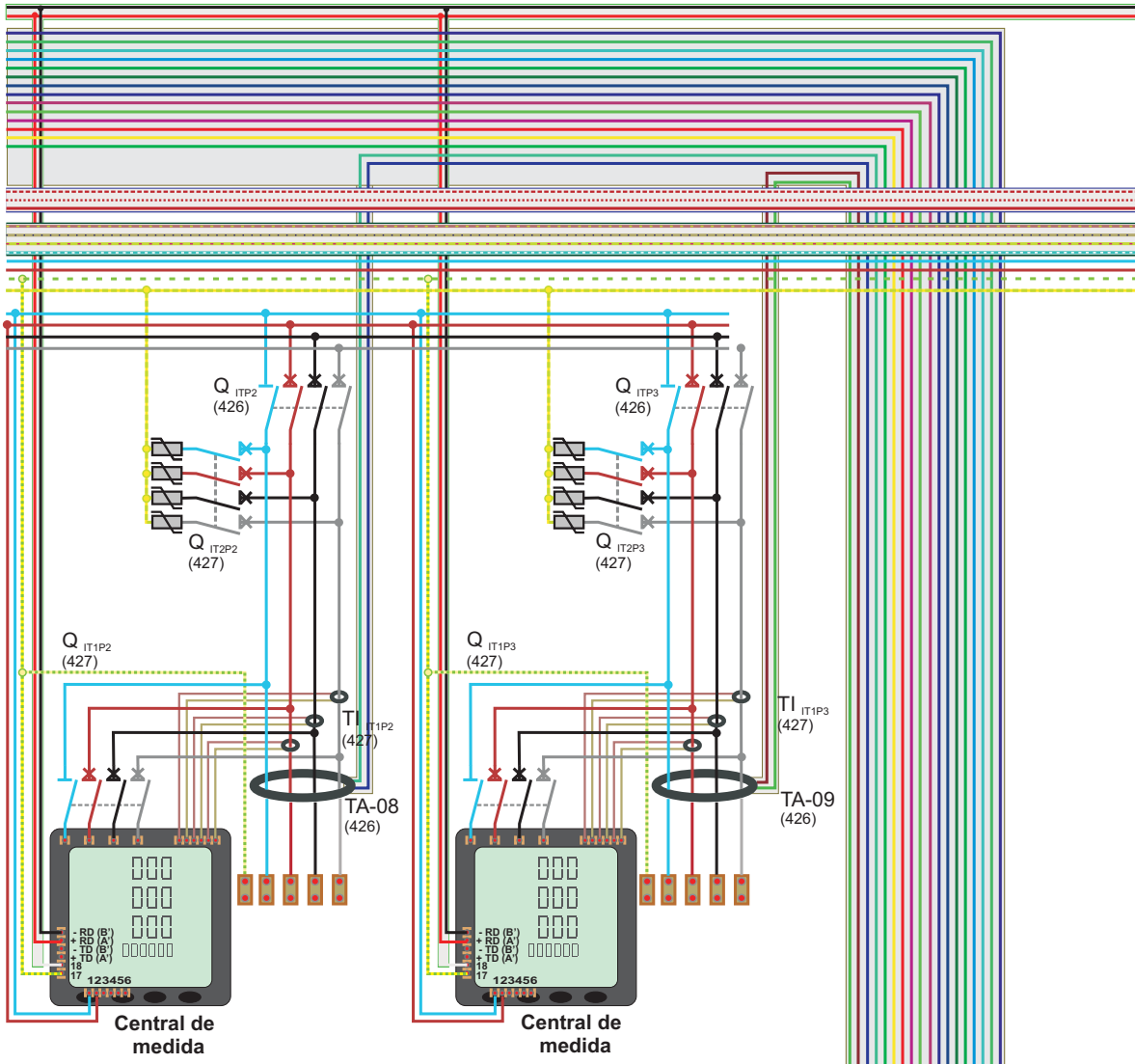

Controlador Vigilohm
Central de medida
Central de medida
Cuadro control SAI
SAI con baterías incorporadas
SAI
SAI
Batería
Batería
Batería
TA-01
TA-02
TA-03

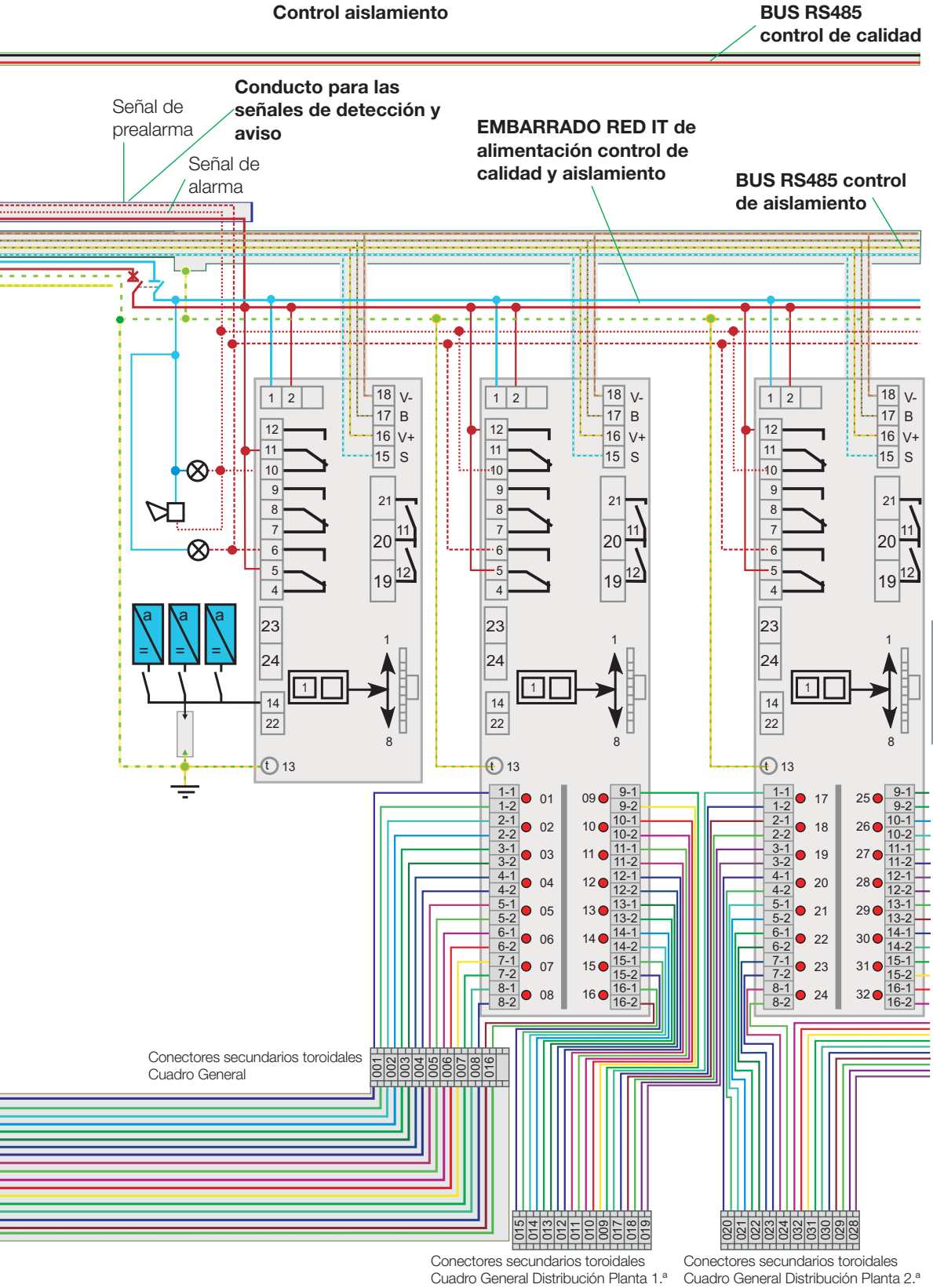


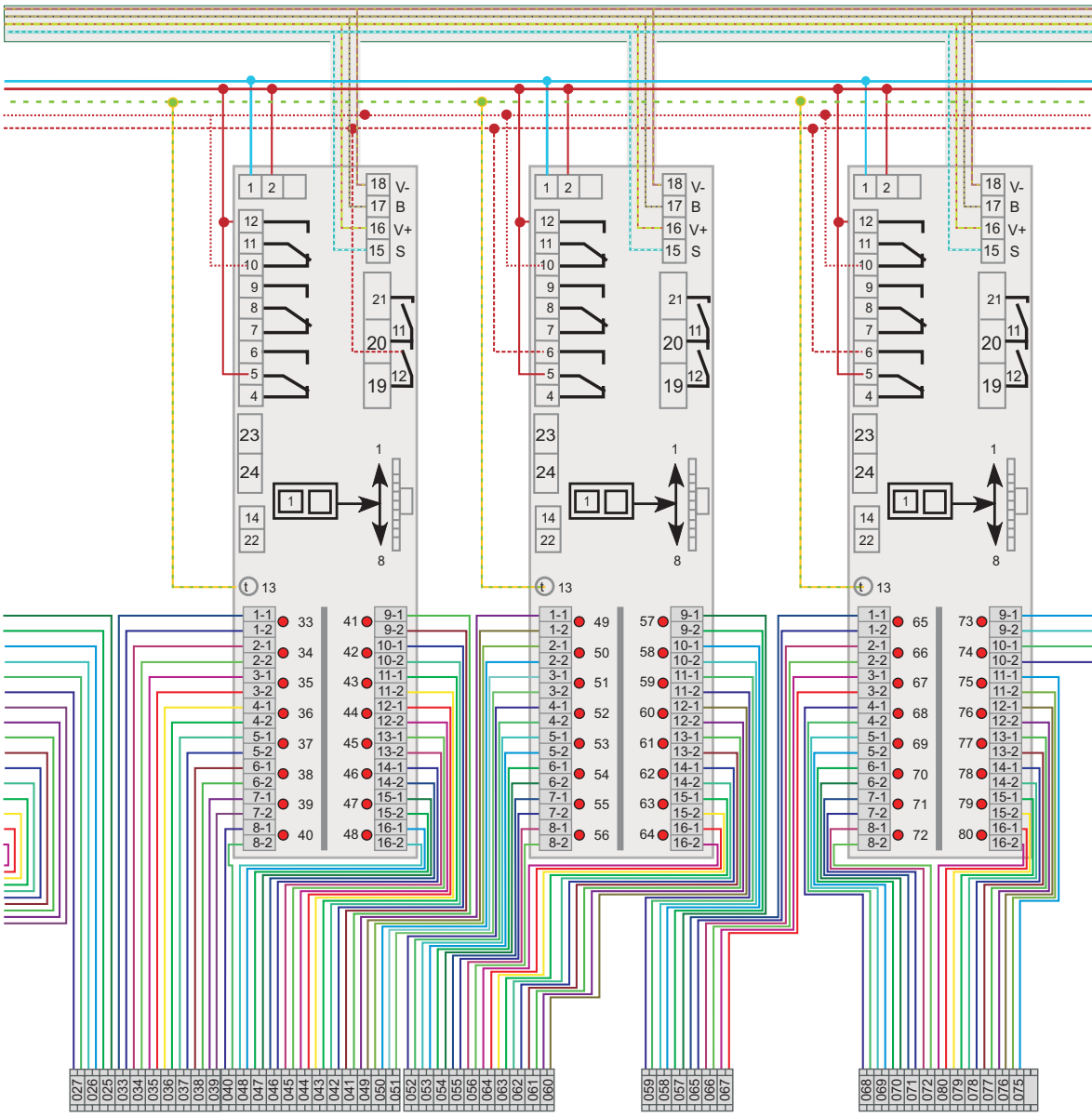
Batería de condensadores: clase H de 11,1 kVA
Escalones 1-2 con base de 3,7 kVA
Controlador automático de energía reactiva

L
6.4


TA-06
(429)
TI IT5
(429)
TI IT11
(428)
Q ITP1
(427)
Q IT2P1
(427)
Q IT1P1
(427)
TI IT1P1
(427)
Q IT10
(428)
Q IT11
(428)
TA-07
(426)
Compensador activo
Central de medida
Central de medida


Q ITP2 (426)
Q IT2P2 (427)
Q IT1P2 (427)
TI IT1P2 (427)
TA-08 (426)
- RD (B')
+ RD (A')
- TD (B')
+ TD (A')
18
17
123456
Central de medida
Q ITP3 (426)
Q IT2P3 (427)
Q IT1P3 (427)
TI IT1P3 (427)
TA-09 (426)
- RD (B')
+ RD (A')
- TD (B')
+ TD (A')
18
17
123456
Central de medida


Control aislamiento
BUS RS485
control de calidad
Señal de
prealarma
Señal de
alarma
Conducto para las
señales de detección y
aviso
EMBARRADO RED IT de
alimentación control de
calidad y aislamiento
BUS RS485 control
de aislamiento
Conectores secundarios toroidales
Cuadro General
Conectores secundarios toroidales
Cuadro General Distribución Planta 1.ª
Conectores secundarios toroidales
Cuadro General Distribución Planta 2.ª


Conectores secundarios toroidales Cuadro General Distribución Planta 3.ª
Conectores secundarios toroidales Cuadros Secundarios línea 1.ª Planta 1.ª
Conectores secundarios toroidales Cuadros Secundarios línea 2.ª Planta 1.ª
Conectores secundarios toroidales Cuadros Secundarios línea 3.ª Planta 1.ª
Conectores secundarios toroidales Cuadros Secundarios línea 1.ª Planta 2.ª

EMBARRADO RED IT de alimentación control de calidad y aislamiento

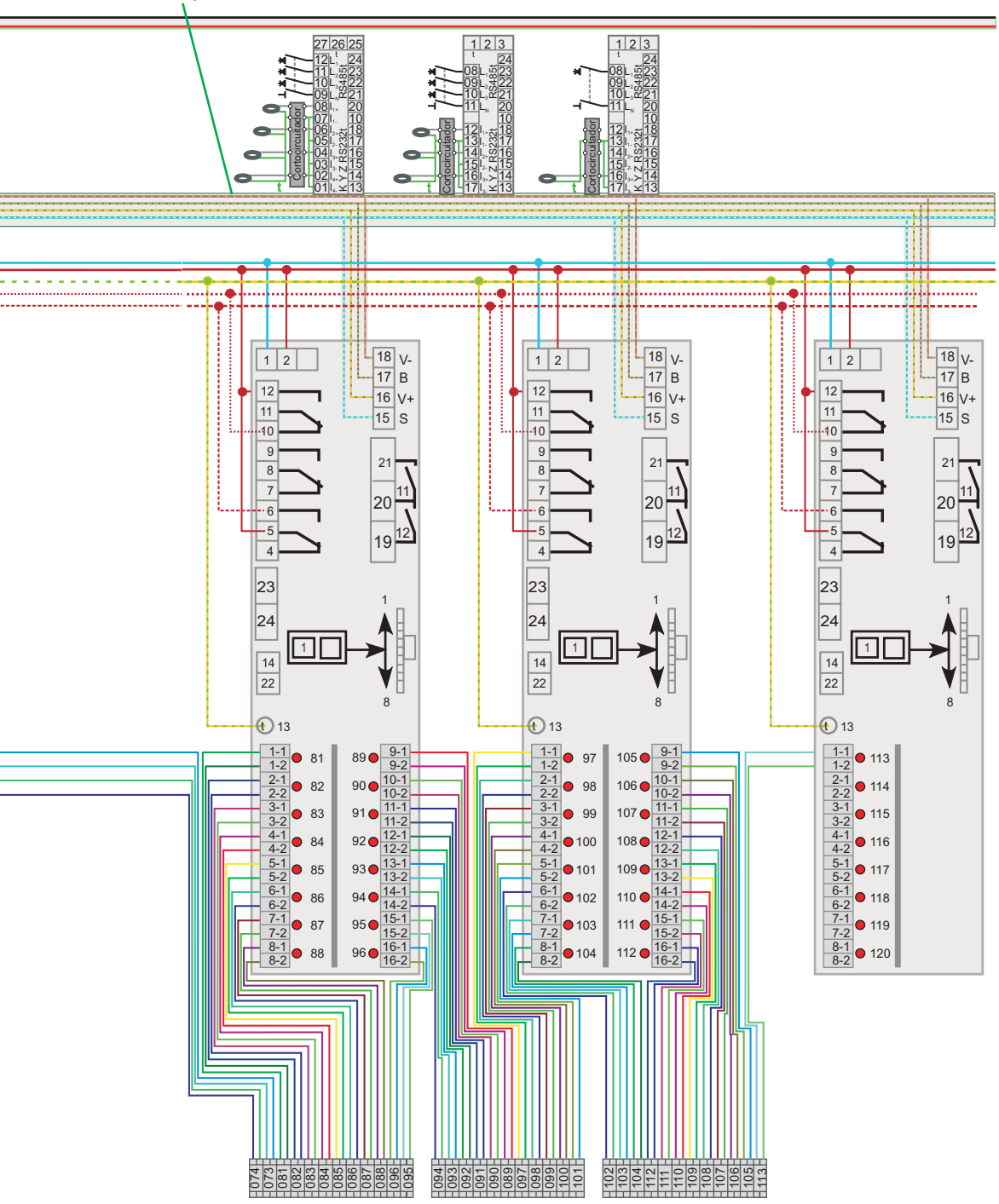
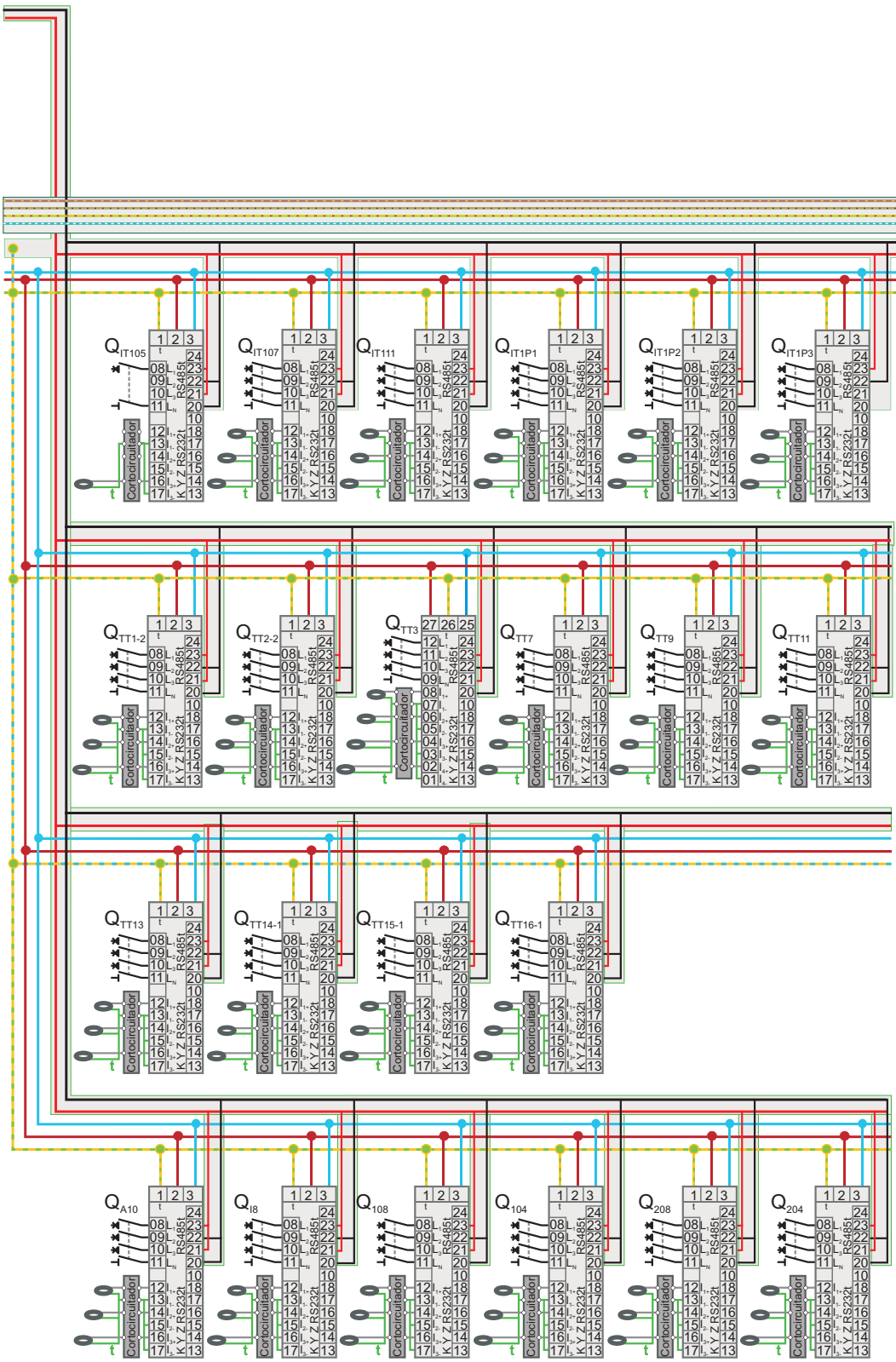
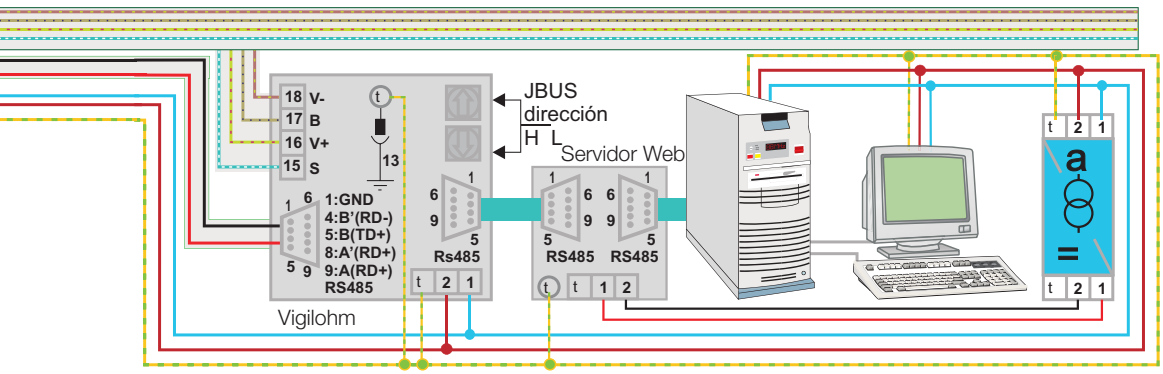
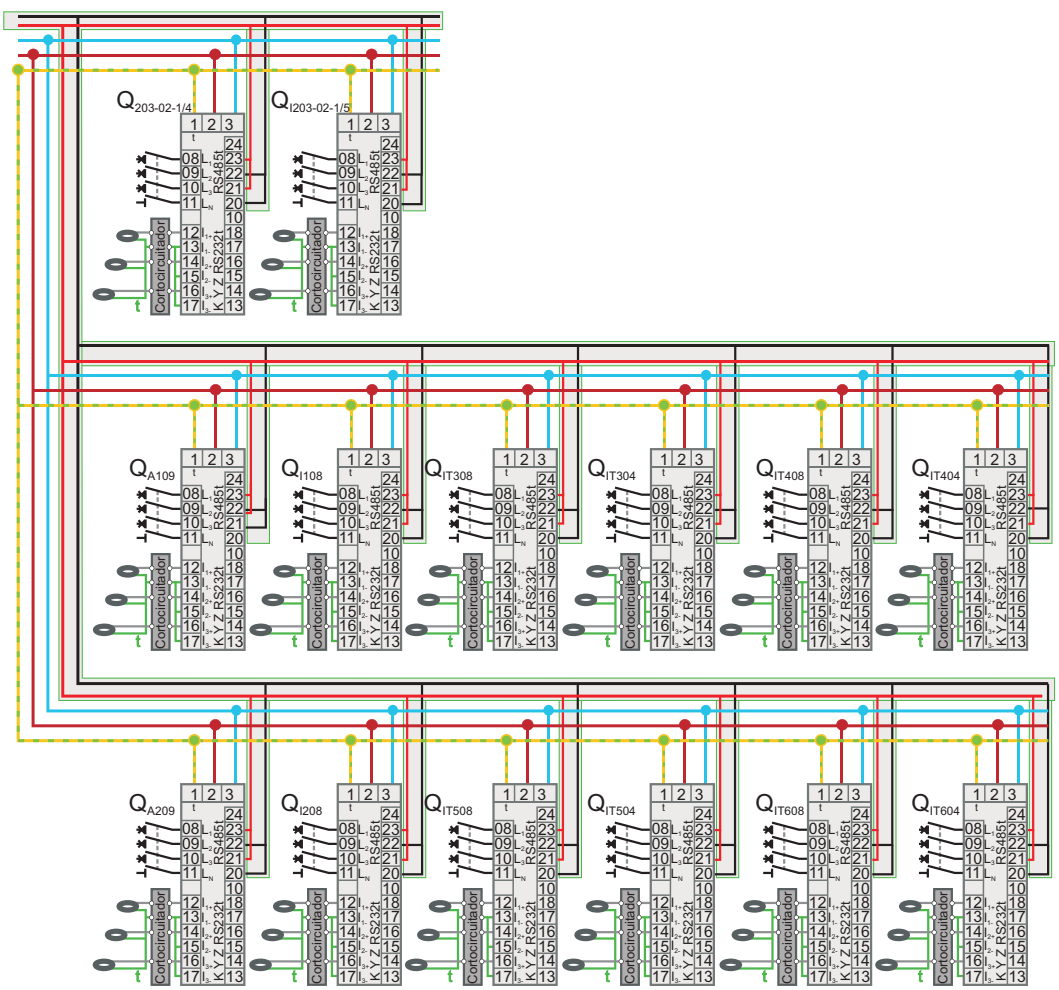


Fig. L6.4-382: *esquemas del cuadro general.*


Q IT105
Q IT107
Q IT111
Q IT1P1
Q IT1P2
Q IT1P3
Q TT1-2
Q TT2-2
Q TT3
Q TT7
Q TT9
Q TT11
Q TT13
Q TT14-1
Q TT15-1
Q TT16-1
Q A10
Q I8
Q 108
Q 104
Q 208
Q 204
Contocirculador

Equipo informático de control del circuito eléctrico





L
6.4

□ Conector y conductor para los cuadros secundarios de la segunda planta, correspondientes a la línea 1.ª:

IT-2-01	TA-68	IT-2-03	TA-72	IT-2-04	TA-79	IT-2-05	TA-77	IT-2-06	TA-76
	TA-69		TA-80		TA-78				TA-75
IT-2-02	TA-70								
	TA-71								

□ Conector y conductor para los cuadros secundarios de la segunda planta, correspondientes a la línea 2.ª:

IT-2-07	TA-74	IT-2-09	TA-82	IT-2-10	TA-84	IT-2-11	TA-86	IT-2-12	TA-88
IT-2-08	TA-73		TA-83		TA-85		TA-87	IT-2-13	TA-96
	TA-81								TA-95

□ Conector y conductor para los cuadros secundarios de la tercera planta, correspondientes a la línea 1.ª:

IT-3-01	TA-94	IT-3-03	TA-90	IT-3-04	TA-97	IT-3-05	TA-99	IT-3-06	TA-100
	TA-93		TA-89		TA-98				TA-101
IT-3-02	TA-92								
	TA-91								

□ Conector y conductor para los cuadros secundarios de la tercera planta, correspondientes a la línea 2.ª:

IT-3-07	TA-102	IT-3-09	TA-112	IT-3-10	TA-110	IT-3-11	TA-108	IT-3-12	TA-106
IT-3-08	TA-103		TA-111		TA-109		TA-107	IT-3-13	TA-105
	TA-104								TA-113

Dos señales acústicas y luminosas para indicar la prealarma y la alarma.

L
6.4

Búsqueda de averías

En el momento en que se ha perdido aislamiento hasta el umbral de prevención se inicia la búsqueda de la avería.
El detector toroidal nos indica el tramo en que se encuentra y entonces podemos tomar decisiones. Pero siempre tendremos que localizar el punto.
Esta localización puede ser muy simple e incluso evidente con una simple inspección ocular, pero en función del tipo de instalación puede ser muy laboriosa, sobre todo en instalaciones subterráneas.
En el ejemplo que nos ocupa la instalación está prevista para una fácil identificación pero no siempre puede ser igual, por tanto describiremos un apartado de búsqueda de pérdidas de aislamiento.

Para el control de la calidad hemos previsto

- Un analizador de red.
- Un Servidor Web.
- 32 centrales de medida.

Para el control del circuito eléctrico

- Una CPU.
- Una pantalla.
- Un teclado.
- Una impresora.

(Ver el esquema del cuadro general Fig. L6.4-382, páginas L/1142 a L/1153).

Localización de averías en cables de energía

Cables de distribución

Introducción

Aunque los cables son diseñados y fabricados cuidadosamente para que soporten ciertas características especiales (tensión, temperatura, humedad, flexibilidad), éstos una vez instalados quedan expuestos a muchos peligros que en muchas ocasiones son causantes de averías.

La mayor parte de las averías son producidas por contactos accidentales que suceden durante la excavación adyacente a la instalación. En algunos casos el cable es totalmente destruido y la avería es evidente, pero en otros casos el cable es parcialmente destruido o simplemente rasgado y puede transcurrir mucho tiempo hasta que la avería sea patente. Este deterioro del aislamiento puede producirse por humedad o por pérdidas del dieléctrico.

Otras causas de averías son debidas a defectos en juntas y terminaciones causadas por un calentamiento, movimientos termomecánicos, rayos, corrosión, vibración e ionizaciones internas.

Las características y los métodos de localización de averías en sistemas de alta tensión presentan problemas diferentes a los de baja tensión, por ello deben ser tratados por separado. Independientemente de la tensión aplicada, para que la localización del defecto sea eficiente, el tiempo y el coste deben mantenerse lo más bajos posible.

La tabla siguiente muestra los cuatro pasos o estados principales para localizar un defecto.

Pasos principales en la localización de defectos	
Estado	**Operación**
Diagnóstico	Confirmar el tipo de defecto que existe y cuáles son sus características
Precondicionamiento	Cambiar las características del defecto (si es necesario) para que éste pueda detectarse con los equipos disponibles. Actualmente con los equipos modernos no es necesario
Prelocalización	Realizar una prueba desde los extremos del cable para obtener la distancia aproximada del defecto
Localización exacta	Realizar una prueba en el lugar indicado en el estado anterior (normalmente encima del terreno) para confirmar el punto exacto del defecto

Tabla L6.4-383: *pasos principales para la localización de defectos.*

Características de los defectos

Los defectos pueden dividirse en defectos serie y shunt. Un defecto serie se produce cuando uno o más elementos metálicos de un cable (alma o pantalla) están deteriorados o rotos. Normalmente un defecto serie se hace aparente cuando se pierde la continuidad en un conductor por lo menos, y causa un circuito abierto. Un defecto shunt se produce cuando el aislamiento en un conductor o entre conductores está deteriorado. Un defecto shunt en un cable tipo manguera puede afectar a varios conductores, pero la mayoría de los defectos son entre fase y tierra. En cables unipolares apantallados todos los defectos tipo shunt son entre conductor y pantalla, es decir defectos contra tierra. También puede ocurrir una combinación de defectos serie y shunt a la vez.

Los defectos tipo shunt serie pueden representarse por el circuito eléctrico equivalente de la Fig. L6.4-384 en la página siguiente.

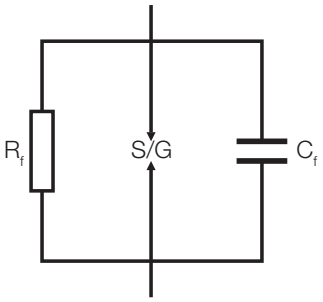


Fig. L6.4-384: *circuito equivalente de un defecto en un cable.*

En la Fig. L6.4-384, R_f representa la resistencia de defecto, S/G un descargador y C_f la capacidad de defecto. Los valores de los elementos pueden variar para cada defecto y son completamente independientes el uno del otro. El voltaje de ruptura U_b del descargador S/G viene determinado por la separación de los dos extremos metálicos del defecto (electrodos), que pueden conectarse por la carbonización del aislamiento y convertirse en un defecto shunt o en un defecto serie. El valor de la resistencia del defecto está directamente relacionada con el grado de carbonización del dieléctrico, y el valor de la capacidad varía con la cantidad de humedad presente.
Desde que aparecieron los nuevos métodos de localización de averías basados en los principios de programación de ondas a través del cable, en lugar de los métodos anteriores basados en puentes, los defectos se dividen entre baja y alta resistencia. La división entre estos dos tipos de defectos es aquel valor de resistencia que equivale a diez veces la impedancia del cable bajo prueba.

Principales tipos de defectos		
Tipo de defecto	R_f	Descargador S/G
Serie (abierto)	∞	Rompe con un impulso o en CC
Baja resistencia	$<10Z_0$	Rompe con un impulso si Rf no es demasiado baja
Alta resistencia	$>10Z_0$	Rompe bajo un impulso
Centelleo		Rompe con un impulso o en CC
Intermitente		Rompe bajo CC, permanente

Tabla L6.4-385: *principales tipos de defectos.*

La impedancia de un cable monofásico y apantallado puede determinarse por la ecuación: $Z_0 = \frac{60}{\sqrt{e}} \cdot \ln\left(\frac{D_c + 2T_c}{D_c}\right) \Omega$.

La impedancia de una fase en un cable manguera de tres fases, con las otras dos fases al aire, viene determinada por la ecuación:

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{e}} \cdot \ln\left(\frac{D_c + 3T_c + T_b}{D_c}\right) \Omega.$$

La impedancia de un cable trifásico extrusionado XLPE con pantalla semiconductora viene determinada por la ecuación:

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{e}} \sqrt{\ln\left(\frac{D_c + 2\,(T_i + T_c + T_0)}{D_c}\right) + \ln\left(\frac{D_c + 2\,(T_i + T_c)}{D_c + 2T_i}\right)}\ \Omega.$$

Donde:
D_c = Diámetro del alma conductora.
T_c = Grosor del aislamiento del conductor.
T_b = Grosor del aislamiento externo.
T_i = Grosor de la pantalla interior.
T_o = Grosor de la pantalla exterior.

Diagnóstico

Normalmente la primera indicación de que existe un defecto viene dado por las protecciones del sistema. Para confirmar la existencia de un defecto y medir su resistencia se precisa: realizar una prueba de aislamiento utilizando para ello un medidor de aislamiento tipo Megger o un generador de alta tensión. Si la prueba de aislamiento indica que el conductor está correcto, deberá revisarse la continuidad del cable antes de energizar de nuevo a éste.

La continuidad también puede detectarse usando un ecómetro para mirar desde el extremo del cable. Una ventaja del ecómetro es que no es necesario aplicar un puente en el otro extremo, sin embargo es aconsejable confirmar que el reflejo viene del otro extremo del cable y no de un abierto. La principal ventaja de utilizar un ecómetro para comprobar la continuidad es que refleja fácilmente el extremo del conductor, por ejemplo en una junta rota.

Precondicionamiento

Dependiendo del tipo de equipo disponible para prelocalizar el defecto, puede ser necesario alterar las características del defecto, es decir, convertir un defecto de alta resistencia a baja resistencia, o un centelleo inestable a un defecto resistivo estable. Las características del defecto pueden variarse haciendo pasar una corriente a través del defecto con el objeto de carbonizar el aislamiento. Esto se realiza energizando de nuevo el cable o mediante el abandono del cable defectuoso durante el tiempo suficiente para que penetre la humedad. De estas alternativas es evidente que la primera es la mejor y para ello existen equipos denominados quemadores de defectos.

Un quemador debe ser capaz de producir suficiente tensión como para iniciar la rotura de un defecto de alta resistencia, pero también debe ser capaz de incrementar y disminuir paulatinamente la intensidad y la tensión a medida que la resistencia disminuya. En la Tabla L6.4-386 se muestran las respuestas de dos quemadores según su aplicación (T108 para cables de AT y el T121 para cables de BT y telecomunicación). Mientras que un quemador dé razonables resultados en aislamientos de papel, excepto para los defectos de arco o centelleo e intermitentes, los quemadores no tienen demasiada efectividad en cables secos de aislamientos poliméricos, particularmente el XLPE.

Un quemado de defectos indiscriminado puede posteriormente perjudicar al cable y perjudicar la localización precisa del defecto, que es el paso más importante, ya que se pretende encontrar el defecto con una sola excavación.

Por todo ello no es aconsejable el uso de quemadores y sí los equipos basados en nuevas técnicas.

Niveles de salida de los quemadores		
Quemador	**Tensión máx.**	**Intensidad máx.**
T121	3 kV CC	2 A
T108	15 kV CC	0,4 A
	10 kV CC	0,75 A
	5 kV CC	1,5 A
	1 kV CC	7,5 A
	240 V CA	30 A
	100 V CA	75 A

Tabla L6.4-386: *niveles de salida de los quemadores.*

Prelocalización

La prelocalización consiste en obtener con la mayor precisión posible la distancia del defecto.

Durante muchos años el puente de Murray y otros métodos de puentes fueron los más utilizados. Sin embargo, actualmente han sido desplazados por otros basados en la propagación de ondas, aunque no podemos dejar de mencionarlos, ya que para cierto tipo de defecto tipo shunt y derivaciones a tierra pueden ser útiles.

En el puente de Murray mostrado en la Fig. L6.4-387, cuando el galvanómetro se equilibra, la distancia de defecto viene determinada por la ecuación:

$$D = \frac{Q}{P + Q} \cdot 2L.$$

Donde:
D = Distancia de defecto.
L = Longitud del cable.
P = Resistencia fija del puente.
Q = Resistencia variable del puente.

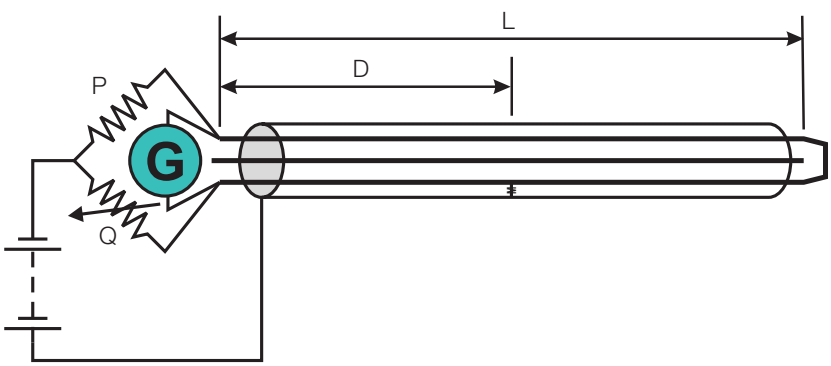


Fig. L6.4-387: *Puente de Murray.*

Con una batería o fuente de alimentación (por ejemplo una batería de coche) capaz de suministrar la suficiente intensidad a través de la resistencia del defecto, y si las resistencias de las conexiones externas se mantienen bajas, el puente de Murray dará unos excelentes resultados.

Si la resistencia del defecto es alta, y no puede ser reducida por métodos de quemado, es posible invertir el puente, cambiando la posición del galvanómetro y de las baterías para incrementar la sensibilidad. Estos equipos son capaces de detectar defectos de hasta 200 MΩ, pudiéndose prelocalizar defectos del tipo shunt entre conductores, entre conductor y pantalla y entre conductor y tierra.

Cuando un trazado de una conducción está formado por cables de diferentes secciones, deberá calcularse la longitud equivalente de cada sección de cable.

Los defectos por falta de continuidad pueden ser hallados por un puente de capacidad. Este método sirve siempre que la rotura es limpia, pero si hay humedad en el cable entonces la situación se complica ya que la capacidad dispersa dificulta enormemente la lectura. También resulta difícil si la resistencia del defecto es inferior a 1.000 Ω.

El método de prelocalización de defectos en cables basado en la propagación de ondas, resuelve los problemas de las diferentes secciones del cable y los problemas que presenta el puente de capacidad.

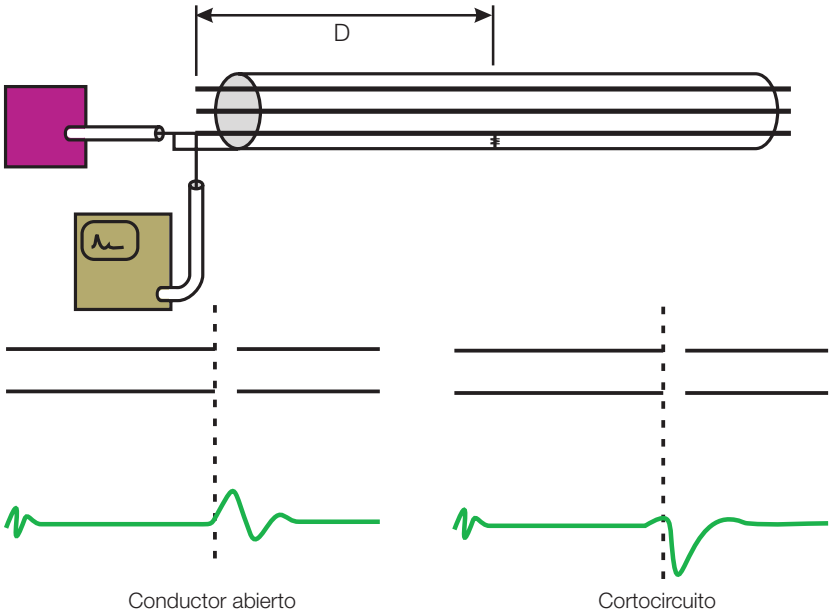


Fig. L6.4-388: *Método de ecometría y ejemplo de formas de onda.*

El tiempo T (µs) que tarda el impulso de baja tensión para ir desde el generador hasta el defecto y regresar, puede utilizarse para calcular la distancia del defecto si se conoce la velocidad de propagación o el coeficiente dieléctrico del cable:

$$D = \frac{T \cdot V}{2} \text{ (m).}$$

Donde:
D = Distancia hasta el defecto.
V = Velocidad de propagación del cable (m/µs).

El éxito del ecómetro depende de la interpretación de las señales reflejadas desde el defecto y de las demás señales reflejadas procedentes de los cambios de impedancia, por ejemplo derivaciones y empalmes. La amplitud de la señal reflejada depende del valor de R_f o de la impedancia del cable. En la Fig. L6.4-389 se muestra la amplitud del reflejo tanto para defectos serie como shunt.

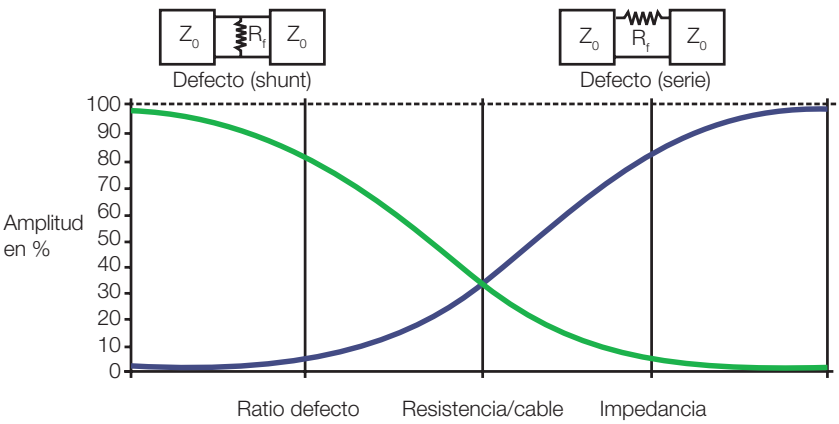


Fig. L6.4-389: *amplitud del reflejo en función de la resistencia del defecto.*

Puede observarse que la línea que divide entre baja y alta resistencia en defectos shunt (R_f/Z_0 = 10) representa una reflexión mayor o menor que el 5%.
Con impedancias de cables de potencia comprendidas entre 10 y 100Ω, el límite que habíamos definido de 10 Z_0 significa que la mayoría de los defectos no francos pueden ser prelocalizados sin precondicionar previamente. Por comparación entre una línea buena y otra mala, todos los abiertos aplicando una tensión shunt se comportan bastante capacitativos, dando una reflexión negativa como si se tratase de un defecto de baja resistencia.
La comparación simultánea en pantalla entre una línea defectuosa y una línea buena facilita enormemente la localización de defectos. Los ecómetros modernos incluyen comparación y diferencia de señales con el fin de obtener en pantalla sólo el defecto. Incorporan una pantalla en donde se indican todos los parámetros, la distancia del defecto y operan con batería interna.
Si un defecto de alta resistencia o de arco no puede ser precondicionado (quemado), hay que abandonar las técnicas de ecometría de baja tensión en favor de un método de alta tensión tal como el método de impulso corriente.
El método de impulso corriente es un sistema muy bueno y rápido para localizar averías ya que no es necesario precondicionar previamente. Este método utiliza un generador de alta tensión que sirve a la vez para localizar la posición exacta del defecto y para prelocalizar. La Fig. L6.4-397, página L/1166 representa la evolución de la señal a través del cable a partir del instante en que se cierra el circuito con un defecto de alta resistencia.

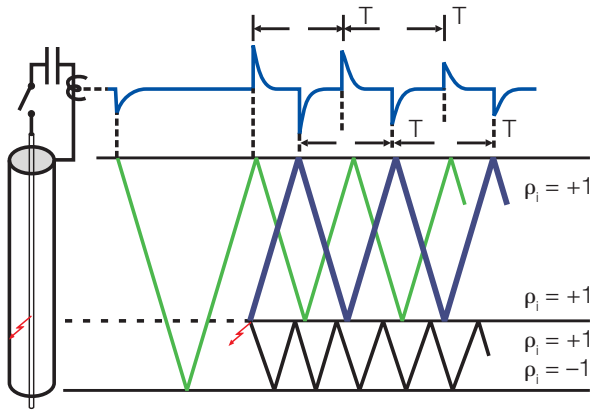


Fig. L6.4-390: *diagrama del método de impulso corriente.*

En un defecto de alta resistencia, cuando el generador de tensión es descargado sobre el cable y provoca un impulso, la onda de corriente viaja a lo largo del cable, pasa por el defecto, se invierte en el extremo abierto del cable, vuelve de nuevo al generador pasando por el defecto y el pulso de polaridad opuesta es captado por el acoplador lineal. La rotura del defecto como puede observarse en la Fig. 6.4-390 nunca ocurre inmediatamente cuando la onda de corriente llega al defecto, debido a un fenómeno conocido como tiempo de ionización del defecto. No obstante, cuando se produce la rotura, dos nuevas ondas se generan en el defecto y son lanzadas a ambos lados del defecto. Estas ondas viajan a través del cable y se dirigen hacia los extremos de éste, en donde dependiendo de la impedancia del equipo conectado, las ondas se reflejan de nuevo hacia el defecto.
Una vez se produce el arco en el defecto, el gas ionizado por la tensión crea un camino de baja resistencia entre los dos pares de electrodos (los dos conductores metálicos que crean el defecto) por tanto, todas las ondas que lleguen al defecto procedentes de los extremos del cable serán reflejas de nuevo por el defecto. La trasciente de corriente que aparece en los extremos del cable es función de la longitud que tiene el cable entre el extremo y el defecto.
Dos trascientes se crean, la de tensión y la de corriente, pero la más simple de detectar es la de corriente, por este motivo siempre que hablemos de trasciente

nos referimos a la de corriente. Ésta se detecta utilizando un acoplador lineal en el camino de retorno al generador. La distancia al defecto puede determinarse por el intervalo de tiempo T, entre dos reflexiones sucesivas del pulso de rotura en el defecto.
Tal como se muestra en la Fig. L6.4-397, página L/1166, el método de impulso corriente puede utilizarse para todo tipo de defectos en cables con sólo interpretar las formas de onda de la trasciente. Como las formas de onda son de tan corta duración es esencial utilizar un registrador de tiempo real.
Hoy en día existen equipos dotados de dos memorias digitales capaces de guardar las ondas. Mediante dos cursores verticales en pantalla, el operador puede realizar medidas de la distancia del defecto entre dos puntos de la traza.
El equipo de impulso corriente se utiliza también para prelocalizar defectos de centelleo e intermitentes usando un generador de prueba de CC para conseguir que salte el arco en el defecto.
Actualmente este equipo también puede llevar incorporado un ecómetro, para prelocalizar averías francas sin utilizar el generador de ondas de choque, con lo que se obtiene un equipo muy versátil y portátil con todas las prestaciones del equipo de impulso corriente.

Localización exacta

La localización exacta del defecto sobre el terreno es esencial para la localización del punto exacto de la excavación. El método más común es el de escuchar la señal acústica que se produce en el defecto al aplicar una descarga constante por medio de unos condensadores incorporados en el interior del equipo del generador de impulsos de tensión variable.

Margen de tensión	Capacidad	Energía acumulada
Bicco test T210		
28 kV	1 µF	392 J
14 kV	4 µF	392 J
7 kV	16 µF	392 J
Combinación tensión/capacidad (Modelo T219)		
5 kV	30 µF	375 J
2,5 kV	120 µF	375 J

Tabla L6.4-391: *márgenes de tensión.*

En algunos casos la señal acústica es tan fuerte que puede detectarse encima del suelo sin necesidad de ningún equipo especial, pero en general resultará ventajoso utilizar un micrófono en el suelo y amplificar la onda.
Además de la señal acústica en el equipo se incorpora un detector magnético, que responde al paso del impulso de corriente procedente del generador. El método magnético permite al usuario asegurarse que opera el generador y permite localizar la orientación del cable, con el fin de posicionar correctamente el micrófono, a la vez que es un simple método de confirmar que la señal acústica coincide con los impulsos que viajan a través del cable.
La localización precisa no siempre podrá utilizarse, en algunos casos será difícil generar una buena señal audible, por ejemplo: debería evitarse un quemado prolongado. Una vez que el defecto es franco y de muy baja resistencia, llevará a la creación de un arco de corta duración y resultará imposible la creación de una señal acústica. En tales casos es muy importante realizar una prelocalización lo más exacta posible con el fin de evitar diferentes tanteos de excavación, antes de identificar la precisa localización del defecto.

Si se produce un defecto de baja resistencia entre dos conductores, o entre un conductor y tierra, es posible la localización exacta utilizando un generador de audiofrecuencia o BIMEC.
El generador de audiofrecuencia se conecta entre los dos conductores defectuosos, y la señal radiada por el cable es trazada a lo largo de la ruta. Como se indica en la Fig. L6.4-392, la señal inducida en una bobina tendrá subidas y bajadas debido al enrollamiento de los conductores entre el generador y el defecto.

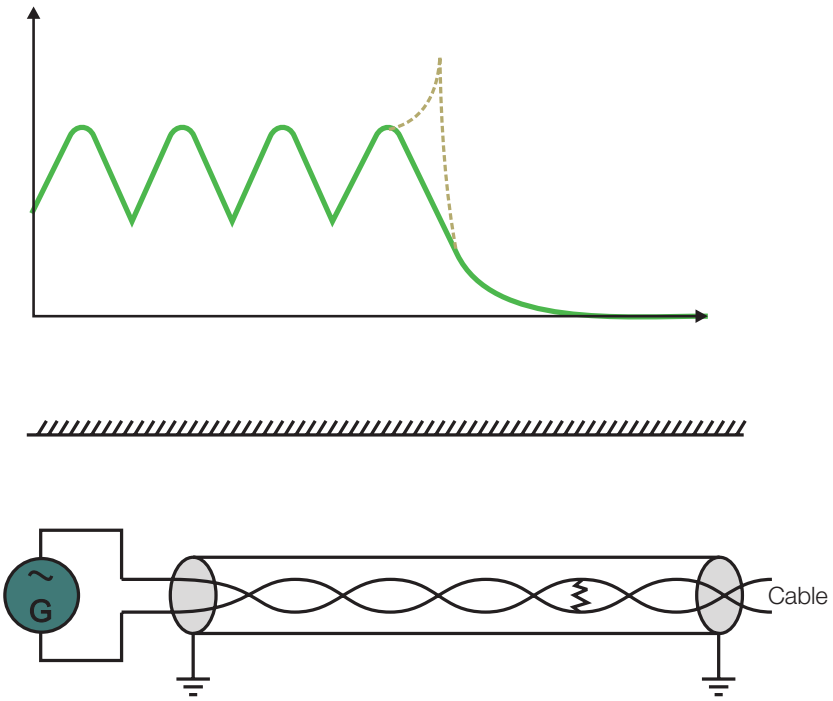


Fig. L6.4-392: *método BIMEC para localización de defectos entre conductores.*

Después del defecto la señal desaparecerá completamente o caerá gradualmente sin ninguna subida posterior. Esta característica de subida y bajada es positiva ya que identifica que la señal proviene del cable defectuoso y no es producida por otro servicio metálico enterrado próximo a éste. Teniendo en cuenta estas condiciones, el método BIMEC para localización exacta puede utilizarse sin prelocalizar anteriormente y sin recordar el tipo de cable, longitud o trazado.

Trazado de cables

Es común desconocer el trazado preciso del cable o lo que es peor tenerlo mal registrado. Si existe alguna duda sobre la ruta, la longitud precisa, o la profundidad del cable averiado, es recomendable llevar a cabo un trazado del cable antes de empezar la fase de localización exacta del defecto. El trazado puede llevarse a cabo de dos formas mediante un generador de audiofrecuencia. La primera, y la más preferible, es la conductiva que consiste en conectar dos conductores de cable (Fig. L6.4-393), pero con un puente entre ambos conductores en el extremo opuesto. Con esta conexión se puede trazar la ruta del cable sin ambigüedad pues se observa la característica del efecto de subida y bajada de la señal.

Si no es posible utilizar el método entre conductores, la señal puede aplicarse al cable conectado al generador de forma conductiva entre pantalla y tierra o entre un conductor (generalmente se utiliza el neutro) y tierra o utilizando el método inductivo. En el método inductivo la señal induce al cable por inducción, ya sea mediante una antena interna del equipo que se coloca junto al cable, por ejemplo en un punto conocido de la ruta, o ya sea mediante un transformador de pinza especial que debe conectarse alrededor del cable (Fig. 6.4-393).

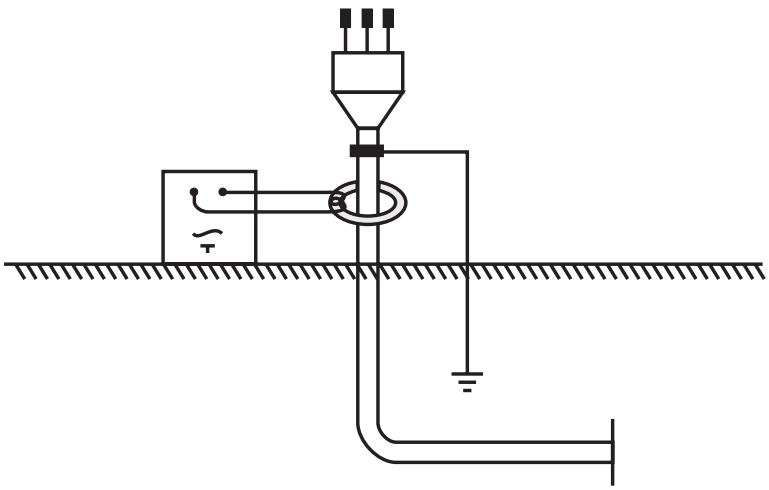
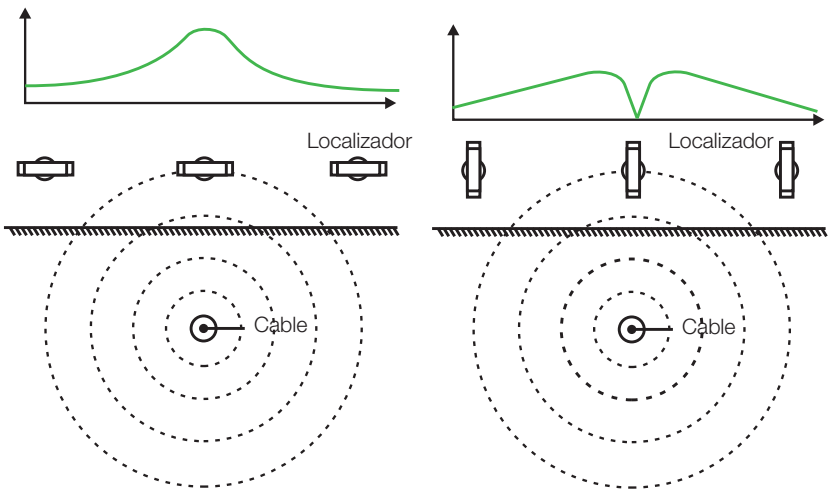


Fig. L6.4-393: *método inductivo para localizar cables y tuberías.*

La Fig. L6.4-394 muestra la respuesta de la bobina de búsqueda cuando se orienta horizontalmente, verticalmente y a 45º. Nótese que cuando la bobina está en posición vertical y encima del cable, se aprecia una caída muy aguda y permite una mayor precisión de donde se encuentra el cable, que cuando la bobina se encuentra en posición horizontal donde la señal es máxima cuando ésta está encima del cable. La orientación horizontal permite determinar la dirección del cable con solo girar la bobina horizontalmente y observar cuando la señal es máxima.



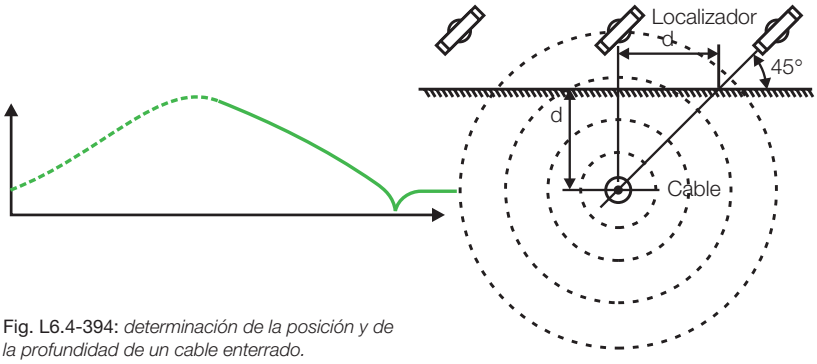


Fig. L6.4-394: *determinación de la posición y de la profundidad de un cable enterrado.*

Cables de transmisión

Introducción

Los cables de transmisión son tendidos con más cuidado y normalmente a mayor profundidad que los cables de distribución, y consecuentemente están expuestos a menos riesgos por contactos accidentales. Normalmente las averías de los cables de transmisión están más asociadas con las juntas y accesorios que con el cable propiamente dicho.

Existen tres diferencias básicas en los métodos de localización de averías para cables de transmisión comparados con los de distribución. La primera y evidente es que la tensión necesaria para probar y localizar averías es mayor, y muchas de las técnicas que se aplican con facilidad en cables de distribución son impracticables. La segunda diferencia es que los cables de distribución son normalmente instalados con sus vainas y juntas aisladas de la masa general de tierra, excepto en puntos específicos, y son necesarias técnicas especiales para localizar averías en el aislamiento exterior.

La tercera diferencia es que hasta recientemente todos los cables de transmisión eran presurizados y eran necesarios métodos de localización de fugas de gases y aceites.

Principales defectos de aislamiento

Los principales defectos de aislamiento van acompañados por la pérdida de presión interna en el cable, y la fuerza del aislamiento es más baja de lo normal.

A menudo, el nivel de aislamiento será todavía demasiado alto para que el defecto rompa con un generador de impulsos de proporciones manejables.

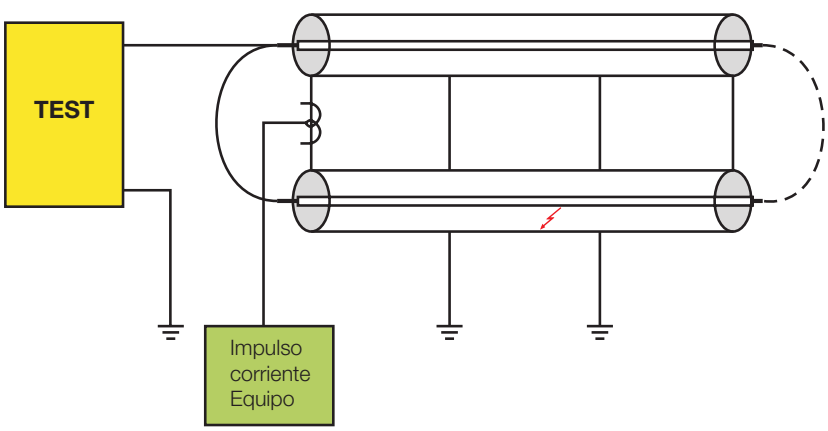


Fig. L6.4-395: *método de impulsos corriente para cable de transmisión.*

La mayoría de los defectos en cables de transmisión son de tipo arco o centelleo, en donde es posible utilizar un generador de prueba de alta tensión que provoque la rotura del defecto y pueda ser registrada, utilizando el equipo de impulso corriente, la trasciente de corriente que va desde la fase defectuosa hasta la fase buena. En el BICCOTEST MAGPIE (sistema completo de prueba y de localización de defectos en cubiertas de cables) el acoplador lineal se encuentra en el lazo que une las pantallas de los cables unipolares. Es importante que todas las pantallas se unan juntas durante las pruebas de alta tensión y de localización, tanto en los extremos del cable como en puntos intermedios.
Con objeto de simplificar la interpretación de las trascientes registradas, es lógico obtener registros con y sin puente en el extremo del cable. En cables de transmisión, normalmente el defecto no ionizará lo suficiente como para producir un cortocircuito total a través del aislamiento y entonces parte de la onda reflejada desde el extremo abierto del cable, cuando el puente no existe, pasarán por encima del defecto hacia el acoplador lineal. El intervalo de tiempo T, entre el inicio de la trasciente y el punto de separación da la distancia del defecto, medida desde el extremo opuesto del cable.

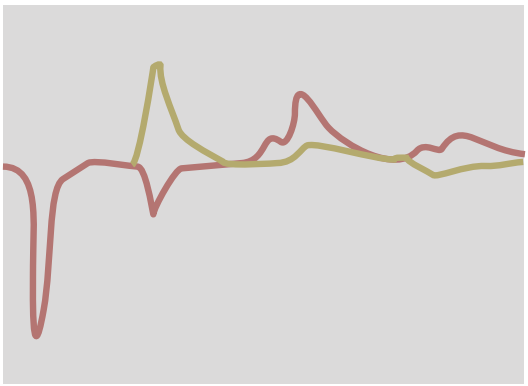
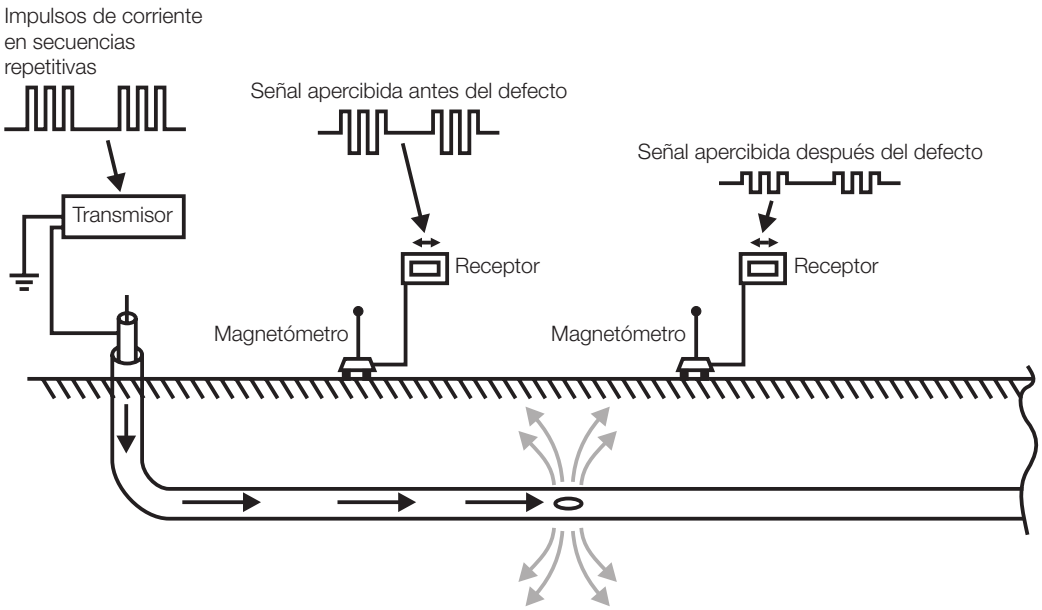


Fig. L6.4-396: *forma de onda típica utilizando el esquema de la Fig. L6.4-395.*

Defectos en cubiertas de cables

En un cable simple no apantallado es difícil utilizar una técnica de prelocalización. Un método de prelocalización utilizado durante muchos años y basado en un puente, es el de Hilborn, pero es una prueba difícil de llevar a cabo con precisión. Más recientemente se utilizan magnetómetros para trazar la corriente que fluye a lo largo de la cubierta del cable desde el transmisor del punto de defecto. El transmisor utilizado es una versión modificada del método POPIE.
En el principio de operación del magnetómetro y del POPIE, el generador de CC aplica una señal de características conocidas entre la cubierta metálica del cable y la tierra. La corriente va por la cubierta metálica del cable hacia el punto del defecto y vuelve al generador por tierra. Alrededor del defecto aparece un gradiente de potencial que va hacia la superficie en una serie de líneas equipotenciales circulares; el detector POPIE consiste en un milivoltímetro de alta impedancia conectado a un par de puntas de prueba, que son movidas a lo largo de la ruta del cable hasta que se posicionan encima del defecto en donde la diferencia de potencial es cero.
En cables largos sería pesado seguir todo el cable con las puntas de prueba; la prelocalización inicial o seccionamiento se realiza con un magnetómetro que responde al campo magnético que produce la corriente que va a través del cable hacia el defecto. El magnetómetro no da una localización precisa como el POPIE pero es extremadamente rápido y fácil de utilizar.



Localización exacta del defecto “POPIE”.

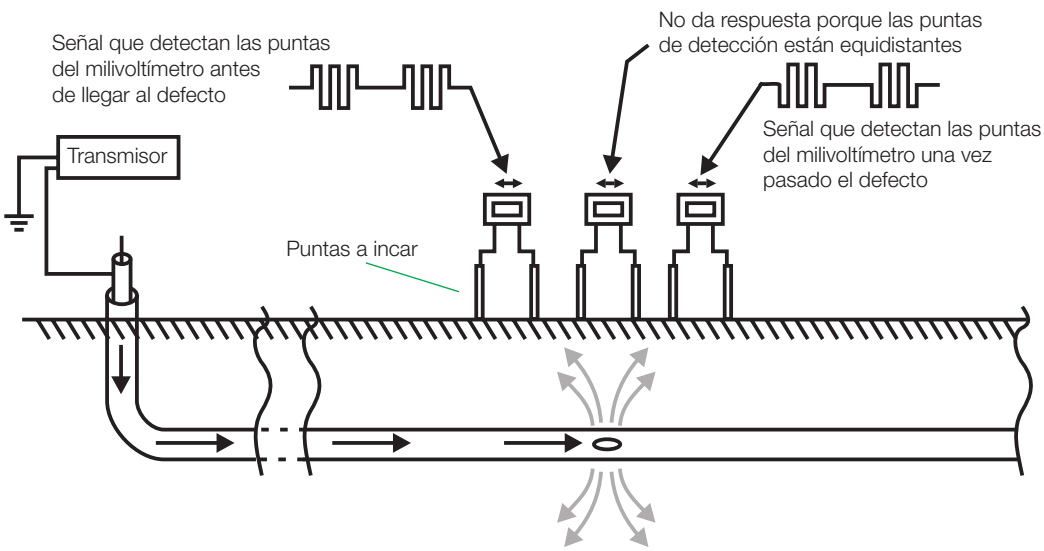


Fig. L6.4-397: *localización de defectos en cables con cubierta metálica utilizando los métodos de magnetómetro y POPIE.*

Dimensionado de las líneas por intensidad y caída de tensión

Línea general de alimentación de las Cías. suministradoras

Es el tramo de línea desde la caja general de protección hasta el cuadro de control y medida.

Las hemos definido en el apartado "Línea general de alimentación", página L/1138.

Para la Cía. A

■ La sección del conductor es de 2 · 120 mm^2 + 120 mm^2, XLPE.

■ La caída de tensión ΔU = 0,989 V (para el cálculo de la caída de tensión utilizaremos $\rho_1 = 1{,}25_{\rho 20}$; los siguientes valores de la resistividad; para el Cu = 0,0225 y para el Al = 0,036 Ωmm^2/m).

Para la Cía. B

■ La sección del conductor es de 2 · 120 mm^2 + 120 mm^2, XLPE.

■ La caída de tensión ΔU = 0,604 V.

■ Las dos Cías. suministradoras alimentan con una sobretensión del 3% 412/247,2 V.

Derivación individual

Es el tramo de línea desde el cuadro general de protección y medida hasta el cuadro general de baja tensión. La descripción la hemos realizado en el apartado "Derivación individual, conducción desde el cuadro de protección y medida hasta el cuadro general de baja tensión (CGBT)", página L/1136.

Tanto para la Cía. A como para la Cía. B:

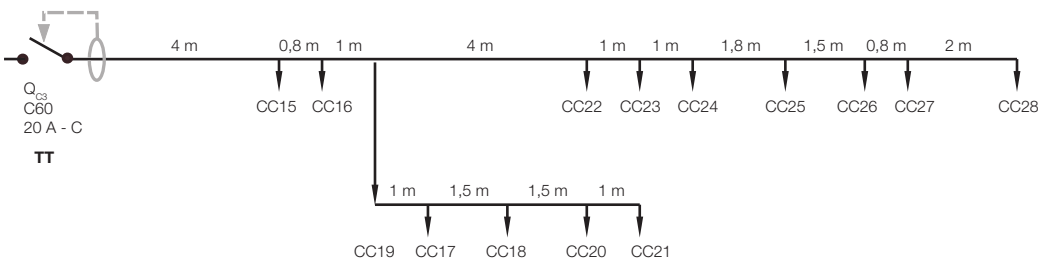
■ Una canalización prefabricada KSA de 630 A.

■ La caída de tensión ΔU = 2,286 V.

Líneas de la primera planta

Líneas para las tomas de corriente 1.ª planta

Ramal izquierdo tomas de corriente 1.ª planta



Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/912.

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor automático Q_{C3} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC28:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C03 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 17 A de L2, colocamos S = 4 mm^2 capaz de conducir en este tipo de instalación 21 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{C3} de 20 A, degradado 18,40 A.

□ Neutro. Para atender los 10,88 A de N, colocamos S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 15,5 A.

■ Línea de tomas de corriente discriminadas de alimentación solo nocturna.

Para la línea de las tomas de corriente discriminadas de 10,5 A consideramos un conductor de fase conectado a la línea L1 de 2,5 mm². La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

Línea 1.ª de tomas de corriente de la planta 1.ª															
N.°	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC15	16,20	17,00	16,70	0,914	4	2,5	4,0	0,023	0,036	0,3645	0,3825	0,3758	0,0329	
02	CC16	16,20	14,50	16,70	1,884	4	2,5	0,8	0,005	0,007	0,0729	0,0653	0,0752	0,0136	
03	CC19	16,20	9,00	3,70	10,880	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0911	0,0506	0,0208	0,0979	
04	CC22	11,50	9,00		10,880	4	2,5	4,0	0,023	0,036	0,2587	0,2025		0,3758	
05	CC23	9,00	9,00		9,060	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0506	0,0506		0,0815	
06	CC24	9,00	4,40		7,760	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0506	0,0248		0,0698	
07	CC25	9,00	2,50		8,146	4	2,5	1,8	0,010	0,016	0,0911	0,0253		0,1320	
08	CC26	7,10	2,50		6,265	4	2,5	1,5	0,008	0,014	0,0599	0,0211		0,0846	
09	CC27	2,50	2,50		2,500	4	2,5	0,8	0,005	0,007	0,0112	0,0113		0,0180	
10	CC28	2,50				4	2,5	2,0	0,011	0,018	0,0281			0,0450	
											1,0789	0,8339	0,4717	0,9512	2,030

Tabla L6.4-398: *tabla caídas de tensión línea 1.ª de tomas de corriente, planta 1.ª.*

□ Fase. Para atender los 10,5 A de L1, colocamos S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 17 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{C8} de 20 A, degradado18,40 A.

□ Neutro. Para atender los 10,5 A del N, colocamos S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación, al ser dos conductores cargados C1, 24 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{C8} de 20 A, degradado18,40 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm² .

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

□ Tres conductores de PVC de 4 mm² + tres conductores de PVC de 2,5 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de control para sistema domótico

■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm² capaces de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.

■ Conducción.

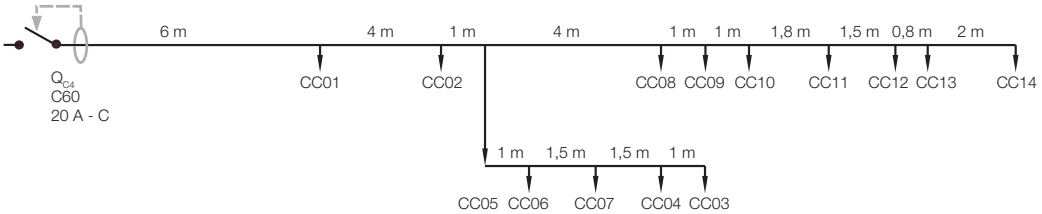
Necesitamos un conducto para:

□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Ramal derecho tomas de corriente 1.ª planta



Línea 2.ª de tomas de corriente de la planta 1.ª

N.°	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC01	16,0	16,1	16,3	1,80	4	2,5	6,0	0,034	0,054	0,5400	0,5434	0,5501	0,0972	
02	CC02	15,0	16,1	16,3	1,09	4	2,5	4,0	0,023	0,036	0,3375	0,3623	0,3668	0,0392	
03	CC05	15,0	10,6	3,3	10,29	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0843	0,0596	0,0186	0,0926	
04	CC08	11,7	6,9	1,9	8,53	4	2,5	4,0	0,023	0,036	0,2632	0,1553	0,0428	0,3071	
05	CC09	9,2	6,9	1,9	6,50	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0517	0,0388	0,0107	0,0585	
06	CC10	4,6	6,9	1,9	4,35	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0258	0,0388	0,0107	0,0392	
07	CC11	4,6	5,0	1,9	2,94	4	2,5	1,8	0,010	0,016	0,0465	0,0506	0,0192	0,0476	
08	CC12	4,6	5,0	0	4,84	4	2,5	1,5	0,008	0,014	0,0388	0,0422	0	0,0653	
09	CC13	0	5,0	0	5,00	4	2,5	0,8	0,005	0,007	0	0,0225	0	0,0360	
10	CC14	0	2,5	0	2,50	4	2,5	2,0	0,011	0,018	0	0,0281	0	0,0450	
											1,3881	1,3416	1,0188	0,8277	2,216

Tabla L6.4-399: *tabla caídas de tensión lína 2.ª de tomas de corriente, planta 1.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/915:

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{C4} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC14:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C03 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 16,3 A de L3, colocamos una sección S = 4 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 21 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{C4} de 20 A, degradado18,40 A.

□ Neutro. Para atender los 10,29 A de N, colocamos S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 15,5 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{C4} de 20 A, degradado18,40 A.

■ Línea de tomas de corriente discriminadas de alimentación solo nocturna.

Para la línea de las tomas de corriente discriminadas de 10,25 A consideramos un conductor de fase conectado a la línea L1 de 2,5 mm². La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen:

□ Fase. Para atender los 10,25 A de L1, colocamos S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 17 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{C8} de 20 A, degradado 18,40 A.

□ Neutro. Para atender los 10,25 A del N, colocamos S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación, al ser dos conductores cargados C1, 17 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{C8} de 20 A, degradado 18,40 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².

■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de PVC de 4 mm^2 + tres conductores de PVC de 2,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de control para sistema domótico
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm^2 capaces de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Líneas para el alumbrado de la 1.ª planta

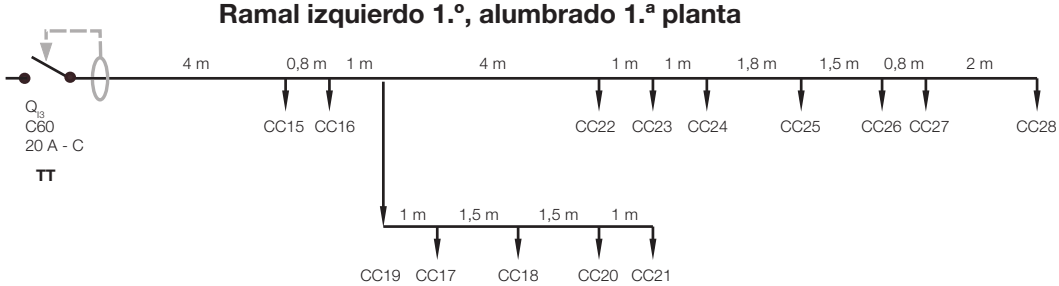
En el alumbrado disponemos de dos fuentes de luz, halógenas y fluorescentes. Las fuentes fluorescentes en su conjunto lámpara y balasto generan un 36% de armónicos, siendo los de rango 3 y 5 la mayor proporción. Las halógenas por medio de su transformador de tensión a 12 V no generan armónicos. El tanto por ciento de tasa THDI del conjunto de fuentes es del 16%.
El tema de los armónicos lo hemos expuesto durante todo el capítulo y en el 4.º Volumen, pero nunca es suficiente y por tanto se debe insistir en él.

El tema de los armónicos tal como ha sido desarrollado es científicamente correcto y prácticamente útil. Pero en el momento en que se entra en el dimensionado de los conductores en las zonas contaminadas, se deben tener presentes una serie de consideraciones:
■ Los armónicos generados son de diferentes rangos (frecuencias) y no coinciden con las reglas generales de las corrientes con ondas senoidales de frecuencias 50 o 60 Hz.
■ Se pueden producir fenómenos similares a los producidos por las descargas atmosféricas o electroestáticas, que en función de las impedancias de la red rebotan y se multiplican.
■ Se pueden producir fenómenos similares a los que se producen en líneas de gran extensión, en las que en el momento de desconexión, a la energía del arco de la corriente fundamental se suma la energía propia de la capacitancia de la red.
La técnica de dividir y acorralar, para que diferentes compensadores activos compensen a tiempo real las perturbaciones generadas, es adecuada. Pero dentro del perímetro del acorralamiento se deben tener algunas precauciones:
■ Para dimensionar las fases es adecuado considerar la intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI.
■ Para dimensionar el neutro es adecuado considerar la intensidad fundamental más la tasa de armónicos correspondiente incrementada en un coeficiente de valor al entorno de tres.

En el ejemplo utilizado se toma el valor de 2,8 que es fruto de las experiencias en instalaciones similares.

En esta planta disponemos de un alumbrado de emergencia formado por puntos luz de indicación de la salida con lámparas autónomas que se alimentan de la red de alumbrado y reciben la señal de encendido autónomo a través de un TBS-50.

Ramal izquierdo 1.º, alumbrado 1.ª planta



Línea 1.ª de alumbrado de la planta 1.ª															
N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC15	21,29	22,55	21,7	0,80	4	2,5	4,0	0,023	0,036	0,4880	0,5074	0,4880	0,0288	
02	CC16	14,15	22,55	21,7	7,99	4	2,5	0,8	0,005	0,007	0,0636	0,1013	0,0976	0,0575	
03	CC19	14,15	6,21	21,7	13,55	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0795	0,0349	0,1220	0,1220	
04	CC22	9,74	5,17	20,4	13,64	4	2,5	4,0	0,023	0,036	0,2191	0,1163	0,4592	0,4910	
05	CC23	9,74	5,17	15,0	8,47	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0547	0,0291	0,0842	0,0762	
06	CC24	9,74	5,17	7,5	3,89	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0547	0,0291	0,0421	0,0350	
07	CC25	9,74	2,58	7,5	6,30	4	2,5	1,8	0,010	0,016	0,0986	0,0261	0,0758	0,1021	
08	CC26	9,74	0	7,5	8,82	4	2,5	1,5	0,008	0,014	0,0821	0	0,0632	0,1191	
09	CC27	9,74	0	0	9,74	4	2,5	0,8	0,005	0,007	0,0438	0	0	0,0701	
10	CC28	4,29	0	0	4,29	4	2,5	2,0	0,011	0,018	0,0482	0	0	0,0772	
											1,2329	0,8442	1,4322	1,1790	2,611

Tabla L6.4-400: *tabla caídas de tensión línea 1.ª de alumbrado, planta 1.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/917:

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{l3} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC28:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 22,55 A de L2 (valor fundamental +16% de THDI), colocamos S = 4 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 28 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{l3} de 32 A, degradado 29,80 A.

□ Neutro. Para atender los 13,64 A de N (valor fundamental +16% de THDI).

En realidad debemos dimensionar:

– Intensidad fundamental 11,46 A.

– THDI el 16%, valor = 2,18 A; los 2,28 A por el coeficiente 2,8 = 6,10 A.

– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 11,46 + 6,10 A = 17,564 A. Colocamos S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 21 A.

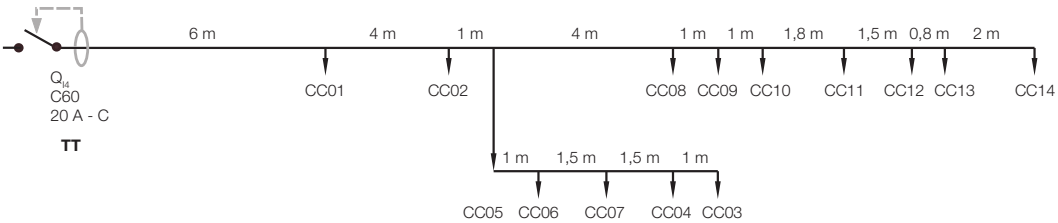
■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².

■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de XLPE de 4 mm² + dos conductores de XLPE de 2,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el alumbrado de emergencia (señalización)
Las lámpara autónomas se alimentan de la red para su carga, pero la señal de activación proviene del TBT:
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm² capaces de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Ramal derecho 2.º, alumbrado 1.ª planta



Línea 2.ª de alumbrado de la planta 1.ª

N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC01	21,80	20,53	20,99	1,05	6	4	6,0	0,023	0,034	0,4905	0,4619	0,4723	0,0354	
02	CC02	21,80	20,53	18,90	2,47	6	4	4,0	0,015	0,023	0,3270	0,3080	0,2835	0,0556	
03	CC05	5,45	20,53	18,90	14,40	6	4	1,0	0,004	0,006	0,0204	0,0770	0,0709	0,0810	
04	CC08	5,45	17,16	15,54	11,13	6	4	4,0	0,015	0,023	0,0817	0,2574	0,2331	0,2504	
05	CC09	5,45	12,99	15,54	9,17	6	4	1,0	0,004	0,006	0,0204	0,0487	0,0583	0,0516	
06	CC10	0	12,99	15,54	14,38	6	4	1,0	0,004	0,006	0	0,0487	0,0583	0,0809	
07	CC11	0	5,45	15,54	13,66	6	4	1,8	0,007	0,010	0	0,0368	0,1049	0,1383	
08	CC12	0	5,45	12,99	11,24	6	4	1,5	0,006	0,006	0	0,0307	0,0731	0,0948	
09	CC13	0	5,45	5,45	5,45	6	4	0,8	0,003	0,005	0	0,0164	0,0164	0,0245	
10	CC14	0	0	5,45	5,45	6	4	2,0	0,008	0,011	0	0	0,0409	0,0613	
											0,9401	1,3416	1,4115	0,8739	2,285

Tabla L6.4-401: *tabla caídas de tensión lína 2.ª de alumbrado, planta 1.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/919:
■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{l4} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC14:

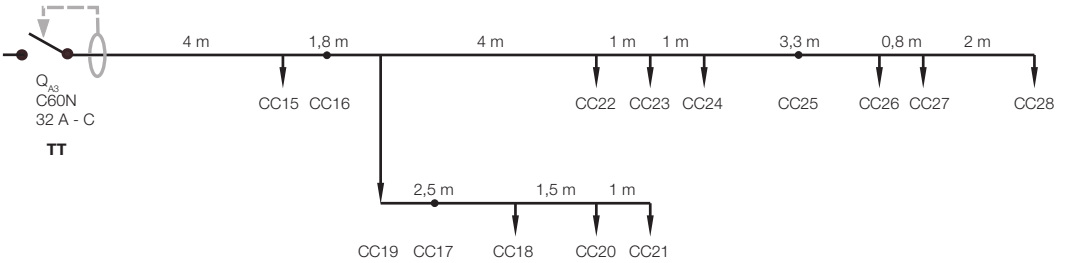
□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C03 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
□ Fases. Para atender los 21,80 A de L1 (valor fundamental +16% de THDI), colocamos S = 6 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación de 27 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{I4} de 32 A, degradado 29,80 A.
□ Neutro. Para atender los 14,40 A del N (valor fundamental +16% de THDI).
En realidad debemos dimensionar:
– Intensidad fundamental 12,41 A.
– THDI el 16%, valor = 1,99 A; los 1,99 A por el coeficiente 2,8 = 5,572 A.
– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 12,41 + 5,572 A = 17,982 A . Colocamos una sección S = 4 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 21 A.
■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de PVC de 6 mm² + un conductor de PVC de 4 mm² + un conductor de XLPE de 2,5 mm².
□ Según la tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el alumbrado de emergencia (señalización)
Las lámpara autónomas se alimentan de la red para su carga, pero la señal de activación proviene del TBT.
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm² capaces de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Líneas para el acondicionamiento de la 1.ª planta

En acondicionamiento nos encontramos con una red que alimenta cargas muy importantes, bombas de calor, que corresponden a motores eléctrricos en los que deberemos tener en consideración las caídas de tensión en el arranque, las cuales no deben dificultar al mismo arranque.
En las líneas 1.ª y 2.ª alimentamos una cantidad de cuadros secundarios importante y si nos atenemos a las intensidades de las cargas podemos tener problemas de selectividad. Las líneas las dimensionaremos para poder disponer de una selectividad, como mínimo, entre la protección de cabecera y la de los cuadros secundarios de 240 A.

Ramal 1.º izquierdo acondicionamiento 1.ª planta
Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/930.



Línea 1.ª de acondicionamiento de la planta 1.ª

N.°	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm^2	mm^2	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC15	8,90	9,80	6,70	3,44	4	2,5	4,0	0,023	0,014	0,2002	0,2205	0,1508	0,0484	
02	CC19	8,90	7,90	4,80	4,05	4	2,5	1,8	0,010	0,031	0,0901	0,0800	0,0486	0,1266	
03	CC22	4,80	7,90	2,90	5,26	4	2,5	4,0	0,023	0,014	0,1080	0,1778	0,0653	0,0740	
04	CC23	4,80	6,00	2,90	2,67	4	2,5	1,0	0,006	0,056	0,0270	0,0338	0,0163	0,1502	
05	CC24	1,90	6,00	2,90	3,68	4	2,5	1,0	0,006	0,056	0,0106	0,0338	0,0163	0,2070	
06	CC26	1,90	1,90	2,90	0,99	4	2,5	3,3	0,019	0,017	0,0352	0,0353	0,0538	0,0169	
07	CC27	1,90	1,90	0	1,90	4	2,5	0,8	0,005	0,070	0,0085	0,0086	0	0,1336	
08	CC28	1,90	0	0	1,90	4	2,5	2,0	0,011	0,028	0,0213	0	0	0,0534	
											0,5012	0,5896	0,3511	0,8100	1,400

Tabla L6.4-402: *tabla caídas de tensión línea 1.ª de acondicionamiento, planta 1.ª.*

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{A3} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC28:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 9,80 A de L2, es suficiente una sección de S = 1,5 mm^2 capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A. Pero para atender un interruptor automático de 32 A en cabecera, degradado 24,20 A, para mantener una selectividad mínima de 240 A con las protecciones de los cuadros secundarios, debemos utilizar una sección de 4 mm^2, capaz de conducir 28 A.

□ Neutro. Para atender los 5,26 A del N, colocamos S = 1,5 mm^2 capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A. Pero para atender un interruptor automático de 32 A en cabecera, para mantener una selectividad mínima de 240 A debemos utilizar una sección de 2,5 mm^2, capaz de conducir 21 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm^2.

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

□ Tres conductores de XLPE de 4 mm^2 + dos conductores de XLPE de 2,5 mm^2.

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.

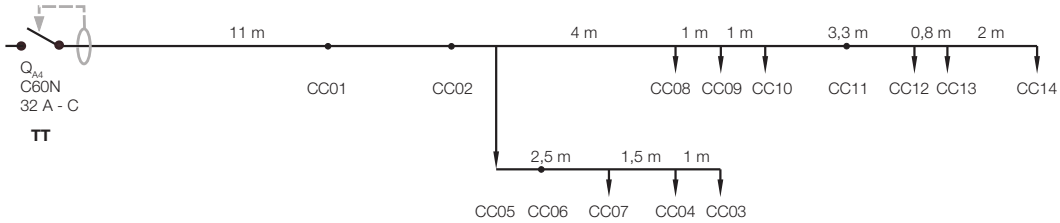
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Ramal 2.º derecho acondicionamiento 1.ª planta

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/930:

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{A4} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC14:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.



Línea 2.ª de acondicionamiento de la planta 1.ª

N.°	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC05	6,7	6,0	7,9	0,7	4	2,5	11,0	0,062	0,099	0,4145	0,3713	0,4888	0,0693	
02	CC08	6,7	6,0	1,9	4,45	4	2,5	4,0	0,023	0,036	0,1507	0,1350	0,0428	0,1602	
03	CC09	4,8	6,0	1,9	3,6	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0270	0,0338	0,0107	0,0324	
04	CC10	4,8	4,1	1,9	2,57	4	2,5	1,0	0,006	0,009	0,0270	0,0231	0,0107	0,0231	
05	CC12	4,8	0	1,9	4,18	4	2,5	3,3	0,019	0,030	0,0891	0	0,0353	0,1241	
06	CC13	1,9	0	1,9	1,9	4	2,5	0,8	0,005	0,007	0,0085	0	0,0086	0,0137	
07	CC14	1,9	0	0	1,9	4	2,5	2,0	0,011	0,018	0,0213	0	0	0,0342	
											0,7383	0,5631	0,5968	0,4571	1,195

Tabla L6.4-403: *tabla caídas de tensión línea 2.ª de acondicionamiento, planta 1.ª.*

□ Fases. Para atender los 7,9 A de L2, es suficiente una sección de S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A. Pero para atender un interruptor automático de 32 A en cabecera, degradado 24,20 A, para mantener una selectividad mínima de 240 A con las protecciones de los cuadros secundarios, debemos utilizar una sección de 4 mm² capaz de conducir 28 A.

□ Neutro. Para atender los 4,45 A de N, colocamos S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A. Pero para atender un interruptor automático de 32 A en cabecera, para mantener una selectividad mínima de 240 A debemos utilizar una sección de 2,5 mm², capaz de conducir 21 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

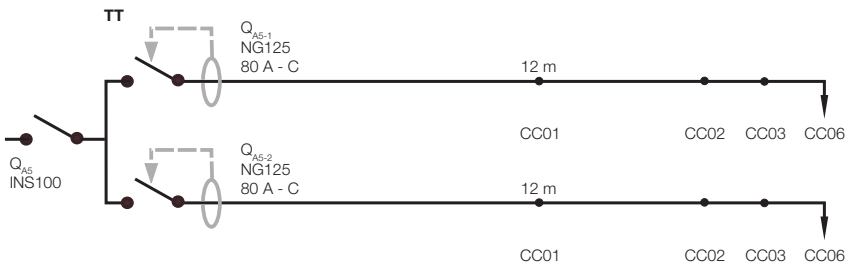
□ Tres conductores de XLPE de 4 mm² + dos conductores de XLPE de 2,5 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Ramal 3.º acondicionamiento 1.ª planta

El ramal tercero sirve para alimentar desde el cuadro de planta al cuadro secundario de acondicionamiento.



Línea 3.ª de acondicionamiento de la planta 1.ª															
N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC06	57,6	57,6	57,6		25	16	12	0,011	0,017	0,6221	0,6221	0,6221	0	0,622
02	CC06	57,6	57,6	57,6		25	16	12	0,011	0,017	0,6221	0,6221	0,6221	0	0,622

Tabla L6.4-404: tabla caídas de tensión línea 3.ª de acondicionamiento, planta 1.ª.

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/933:

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{A5-1} o del Q_{A5-2} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC06 o de ella al cuadro secundario de acondicionamiento C06:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 57,6 A de las fases colocamos una sección de S = 25 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 86 A.

□ Neutro. Todas las cargas prevista son trifásicas equilibradas, podríamos no instalar el neutro pero para atender la maniobra debemos instalarlo. Se acostumbra a utilizar una sección mitad 16 mm².

Debemos tener en consideración la caída de tensión en el arranque, teniendo en cuenta que el motor mayor corresponde a la bomba de calor (54 A) y que su punta de arranque es de 6,35 veces la nominal (6,35 · 54 A = 342,9 A), la caída de tensión será ΔU = R · I = 0,011 Ω · 342,9 A = 3,77 V por fase. No representa una caída de tensión perjudicial para el arranque.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 16 mm².

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

□ Tres conductores de XLPE de 25 mm² + dos conductores de XLPE de 16 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, le corresponde un tubo de 40 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Desde el cuadro secundario de acondicionamiento C06 salen dos ramales de maniobra formados por tres hilos de 1,5 mm² y de trazado coincidente con el ramal 1.º y el ramal 2.º

Líneas para la ventilación (renovación de aire) 1.ª planta

Ramal 1.º izquierdo ventilación 1.ª planta



Línea 1.ª de ventilación de la planta 1.ª															
N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC19			3	3	1,5	1,5	5,8	0,087	0,087			0,2610	0,2610	
02	CC18			1,6	1,6	1,5	1,5	2,5	0,038	0,038			0,0600	0,0600	
													0,3210	0,3210	0,642

Tabla L6.4-405: *tabla caídas de tensión línea 1.ª de ventilación, planta 1.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/934:

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{A6} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC18:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C03 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 3 A de L3, S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A.

□ Neutro. Para atender los 3 A de N, S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{A6} de 6 A, degradado 5,60 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm² + un conductor de XLPE de 2,5 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Ramal 2.º derecho ventilación 1.ª planta



Línea 2.ª de ventilación de la planta 1.ª

N.º	Caja	Intensidad				Sección		Distancia	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N		L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	CC05	3	1,4	0		1,5	1,5	11	0,165	0,165	0,4950	0,2310		0,	
02	CC07	1,4	1,4	0	1,4	1,5	1,5	2,5	0,038	0,038	0,0525	0,0525		0,0525	
03	CC04	0	1,4	0	1,4	1,5	1,5	1,5	0,023	0,023	0	0,0315		0,0315	
											0,5475	0,3150		0,0840	0,062

Tabla L6.4-406: *tabla caídas de tensión línea 2.ª de ventilación, planta 1.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/934.

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{A7} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC04:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C03 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 3 A de L1, S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{A7} de 6 A, degradado 5,60 A.

□ Neutro. Para atender los 3 A de N, S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

□ Tres conductores de PVC de 1,5 mm² + un conductor de XLPE de 2,5 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Líneas para la red de régimen IT de la 1.ª planta

Debemos tener en consideración los consumos previos de los elementos generadores del régimen IT y de las características propias del mismo.
En términos generales disponemos de dos elementos característicos: el transformador de aislamiento y el SAI. En nuestro caso al elegir un SAI en serie "on line", el mismo ya dispone de separación galvánica y no es necesario un transformador de separación.

SAI

El equipo SAI está concebido para una potencia útil de 120 kVA, pero en el primario necesita $S_{Primario} = \frac{S}{0,93} = 129,03$ kVA.

La intensidad: $I = \frac{S_{Primario}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{129,03 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 186,45$ A.

Las pérdidas en el SAI representan:

$S_{Pérdidas} = S_{Primario} - S = 129,03 \text{ kVA} - 120 \text{ kVA} = 9,03 \text{ kVA}.$

$P_{Pérdidas} = S_{Pérdidas} \cdot \cos \rho = 9.030 \text{ VA} \cdot 0,7 = 6.321 \text{ W}.$

La intensidad de la potencia de pérdidas representa:

$$I_{Pérdidas} = \frac{P_{Pérdidas}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{6.321 \text{ W}}{1,73 \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,7} = 484,4 \text{ A}.$$

La resistencia de la potencia de pérdidas representa:

$$R_{Pérdidas} = \frac{P_{Pérdidas}}{I^2} = \frac{6.321 \text{ W}}{484,4^2} = 0,0269387 \ \Omega.$$

La resistencia de pérdidas por fase representa:

$$R_{Pérdidas - fase} = \frac{P_{Pérdidas}}{3} = \frac{0,0269387 \ \Omega}{3} = 0,0089795 \ \Omega \cong 0,00898 \ \Omega.$$

■ La instalación en redundancia de tres unidades con un mínimo de funcionamiento de dos, nos da diferentes valores del conjunto de la resistencia:

$R_{Pérdidas - fase} \cong 0,00898 \ \Omega.$

□ Caso de dos SAIs en paralelo, la resistencia por fase será:

$$R_{Pérdidas - fase/2} \cong \frac{0,00898 \ \Omega}{3} = 0,00449 \ \Omega.$$

□ Caso de tres SAIs en paralelo, la resistencia por fase será:

$$R_{Pérdidas - fase/3} \cong \frac{0,00898 \ \Omega}{3} = 0,0029933 \ \Omega.$$

■ La caída de tensión correspondiente a las dos alternativas será:
□ Caso de dos SAIs en paralelo, la resistencia por fase será:

$\Delta U_{-2} = R_{Pérdidas - fase/2} \cdot I_T = 0,00449 \ \Omega \cdot 146,36 \text{ A} = 0,657 \ \Omega.$

□ Caso de tres SAIs en paralelo, la resistencia por fase será

$\Delta U_{-3} = R_{Pérdidas - fase/3} \cdot I_T = 0,0029933 \ \Omega \cdot 146,36 \text{ A} = 0,438 \ \Omega.$

Para los cálculos y dimensionamiento de las líneas utilizaremos el caso más desfavorable.

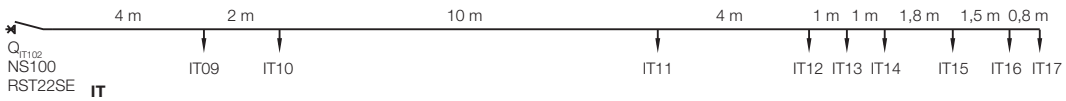
Líneas para los equipos informáticos

Las fuentes de alimentación de los equipos informáticos, generalmente, generan un THDI del 93% de armónicos siendo los de rango 3 y 5 la mayor proporción. Tal como hemos expuesto en el apartado "La circulación de la corriente fundamental y la componente transitoria en el interior de un diferencial DDR", deberíamos de utilizar el valor del factor tau (τ) para corregir el valor de la intensidad, pero en nuestro caso considerar un incremento de la intensidad correspondiente a la tasa de armónicos THDI representa una desviación del orden del 1 o 2% en incremento, totalmente aceptable.

Ramal izquierdo 1.º cargas informáticas 1.ª planta

Línea alimentación equipos informáticos

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de las páginas L/936 y L/937:



Línea 1.ª de informática de la planta 1.ª

N.º	Caja	Intensidad				Sección		Distancia	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N		L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	IT09	36,90	45,85	47,28	10,26	35	25	4	0,003	0,004	0,0948	0,1179	0,1216	0,0369	
02	IT10	19,15	45,85	47,28	27,72	35	25	2	0,001	0,002	0,0246	0,0590	0,0608	0,0499	
03	IT11	19,15	12,85	47,28	32,88	35	25	10	0,006	0,009	0,1231	0,0826	0,3039	0,2959	
04	IT12	19,15	6,40	47,28	37,39	35	25	4	0,003	0,004	0,0492	0,0165	0,1216	0,1346	
05	IT13	19,15	6,40	23,70	16,19	35	25	1	0,001	0,001	0,0123	0,0041	0,0152	0,0146	
06	IT14	12,77	6,40	23,70	15,87	35	25	1	0,001	0,001	0,0082	0,0041	0,0152	0,0143	
07	IT15	6,40	6,40	23,70	18,10	35	25	1,8	0,001	0,002	0,0074	0,0074	0,0274	0,0293	
08	IT16	6,40	6,40	0	6,40	35	25	1,5	0,001	0,001	0,0061	0,0062	0	0,0086	
09	IT17	6,40	0	0	6,40	35	25	0,8	0,001	0,001	0,0032	0	0	0,0046	
											0,3292	0,2977	0,6658	0,5888	1,255

Tabla L6.4-407: *tabla caídas de tensión línea 1.ª para cargas informáticas, planta 1.ª.*

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{102} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones IT17:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen:

□ Fases. Para atender los 47,28 A de L3 (valor fundamental +93% de THDI), colocamos S = 35 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 106 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{102} de 100 A, degradado 97,5 A.

□ Neutro. Para atender los 37,39 A de N (valor fundamental +93% de THDI).

En realidad debemos dimensionar desglosando:

– Intensidad fundamental 10,37 A.

– THDI el 93%, valor = 18,02; los 18,02 A por el coeficiente 2,8 = 50,456 A.

– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 19,37A + 50,456 A = 69,83 A. Colocamos una sección S = 25 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 86 A.

■ Conductor de tierra.

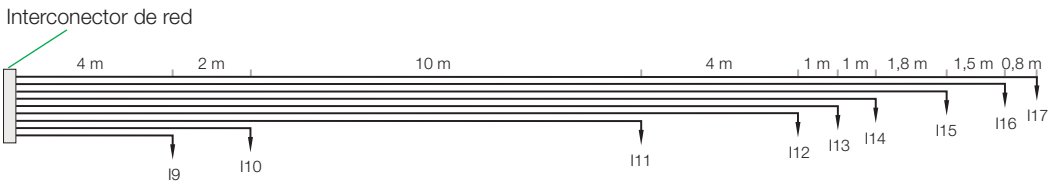
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 10 mm².

■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de XLPE de 35 mm^2 + un conductor de XLPE de 25 mm^2 + un conductor de XLPE de 10 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 50 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el sistema domótico de control, alarmas técnicas 1.ª planta:
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos seis conductores de 1,5 mm^2 capaces de conducir, en este tipo de instalación, 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Seis conductores de PVC de 1,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el control del aislamiento 1.ª planta:
■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2, de 30 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 40 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de intercomunicación informática 1.ª planta
En el cuadro de planta instalaremos un amplificador para la interconexión en red de todas las CPUs.
El amplificador se alimenta de la red de maniobra en régimen IT de toda la red de comunicación e información:



■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2, de 20 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

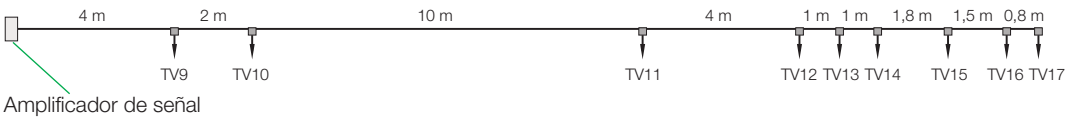
Línea telefónica 1.ª planta
Desde la central telefónica situada en recepción, instalaremos un conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 60 unidades de hilos, hasta una caja de conexiones propia, situada en el cuadro general de la primera planta.
Desde la caja de conexiones telefónicas del cuadro general de la primera planta derivaremos un conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 20 unidades de hilos:



■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 20 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

Línea de comunicación TV 1.ª planta

En el cuadro de planta instalaremos un amplificador para la alimentación de señal de todas las tomas de la planta. El amplificador se alimenta de la línea de maniobra en régimen IT, para toda la red de comunicación e información.
A cada derivación colocaremos un filtro de señal para evitar todas las posibles interferencias:



■ Conductor para red de TV.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de TV, de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

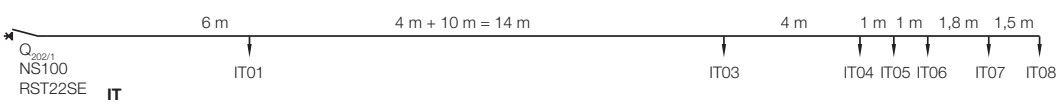
L
6.4

Ramal derecho 2.º cargas informáticas 1.ª planta

Línea alimentación equipos informáticos 1.ª planta

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de las páginas L/939 y L/940. Para facilitar el control, la red la subdividimos en dos tramos, sólo para la línea de potencia:

Línea 2/1: desde el cuadro de distribución de la 1.ª planta hasta la caja IT08 sin conectar la carga de la IT02. Con la finalidad de alimentar las cargas del cuadro C-IT-02, la CPU central con una línea directa desde el cuadro de distribución de la planta:



■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor $Q_{202/1}$ del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones IT08:
□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.^{er} Volumen.
□ Fases. Para atender los 37,635 A de L3 (valor fundamental +93% de THDI), colocamos S = 35 mm^2 capaz de conducir en este tipo de instalación 106 A,

suficientes para ser protegidos por el interruptor automático $Q_{202/1}$ de 100 A, degradado 97,5 A.

Línea 2/1 de informática de la planta 1.ª															
N.º	Caja	Intensidad				Sección		Distancia	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N		L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	IT01	36,38	38,31	38,40	1,2	35	35	6	0,004	0,004	0,1403	0,1478	0,1481	0,0046	
02	IT03	36,38	6,37	38,40	31	35	35	10	0,006	0,006	0,2338	0,0410	0,2469	0,1993	
03	IT04	36,38	6,37	6,46	30,50	35	35	4	0,003	0,003	0,0935	0,0164	0,0166	0,0784	
04	IT05	36,38	0	6,46	34,30	35	35	1	0,001	0,001	0,0233	0	0,0042	0,0221	
05	IT06	30,01	0	6,46	27,75	35	35	1	0,001	0,001	0,0192	0	0,0042	0,0178	
06	IT07	6,37	0	6,46	6,37	35	35	1,8	0,001	0,001	0,0073	0	0,0075	0,0074	
07	IT08	6,37	0	0	6,37	35	35	1,5	0,001	0,001	0,0061	0	0	0,0061	
											0,5239	0,2051	0,4274	0,3357	0,860

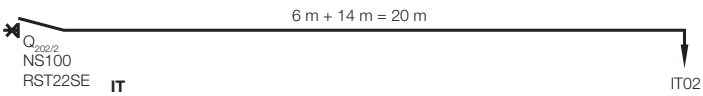
Tabla L6.4-408: *tabla caídas de tensión línea 2/1.ª para cargas informáticas, planta 1.ª.*

□ Neutro. Para atender los 34,30 A de N (valor fundamental +93% de THDI).
En realidad debemos dimensionar desglosando:
– Intensidad fundamental 17,77.
– THDI el 93%, valor = 16,53; los 16,53 A por el coeficiente 2,8 = 46,28 A.
– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 17,77 + 46,28 A = 66,05 A. Colocamos una sección S = 35 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 106 A.

■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 10 mm².

■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de XLPE de 35 mm² + un conductor de XLPE de 35 mm² + un conductor de XLPE de 10 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 50 mm de diámetro exterior.

Línea 2/2: desde el cuadro de distribución de la 1.ª planta, hasta la caja IT02:



Línea 2/2 de informática de la planta 1.ª															
N.º	Caja	Intensidad				Sección		Distancia	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N		L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
		A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
01	IT02	41,19	36,67	36,67	4,5	35	10	10	0,006	0,023	0,2647	0,2357	0,2357	0,1013	0,366

Tabla L6.4-409: *tabla caídas de tensión línea 2/2.ª para cargas informáticas, planta 1.ª.*

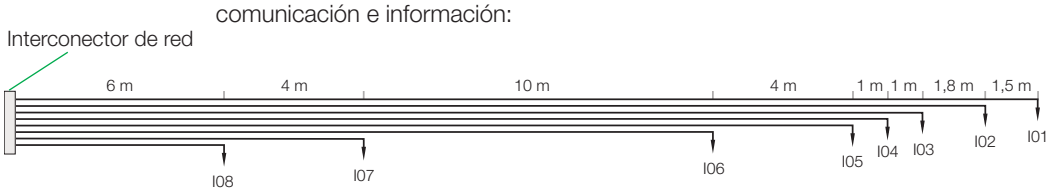
■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor $Q_{202/2}$ del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones IT02 y de ésta al cuadro secundario C-IT-02:
□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
□ Fases. Para atender los 41,19 A de L1 (valor fundamental +93% de THDI), colocamos S = 35 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 103 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático $Q_{202/2}$ de 100 A, degradado 97,5 A.
□ Neutro. Para atender los 4,5 A de N (valor fundamental +93% de THDI).

En realidad debemos dimensionar desglosando:
– Intensidad fundamental 2,33.
– THDI el 93%, valor = 2,16; los 2,16 A por el coeficiente 2,8 = 6,07 A.
– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 2,33 + 6,07 A = 8,40 A. Colocamos una sección S = 10 mm^2 capaz de conducir en este tipo de instalación 49 A.
■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.^{er} Volumen, de sección S = 6 mm^2.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de XLPE de 35 mm^2 + un conductor de XLPE de 10 mm^2 + un conductor de XLPE de 6 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.^{er} Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 50 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

Línea para el sistema domótico de control alarmas técnicas 1.ª planta
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.^{er} Volumen.
■ Necesitamos seis conductores de 1,5 mm^2 capaces de conducir, en este tipo de instalación, 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Seis conductores de PVC de 1,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.^{er} Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

Línea para el control del aislamiento 1.ª planta
■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2, de 30 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 40 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

Línea de intercomunicación informática 1.ª planta
En el cuadro de planta instalaremos un amplificador para la interconexión en red de todas las CPUs.
El amplificador se alimenta de la red de maniobra en régimen IT de toda la red de comunicación e información:



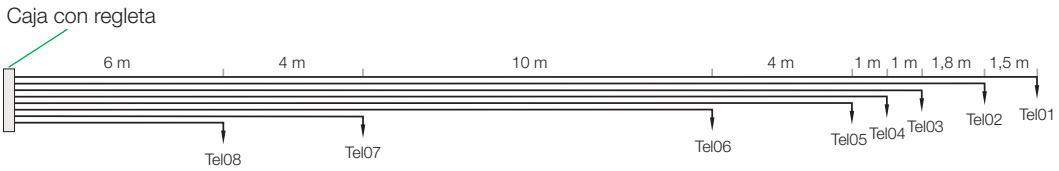
■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2, de 20 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

Línea telefónica 1.ª planta

Desde la central telefónica situada en recepción, instalaremos un conductor de pares trenzados de 0,75 mm² y de 60 unidades de hilos, hasta una caja de conexiones propia, situada en el cuadro general de la primera planta.

Desde la caja de conexiones telefónica del cuadro general de la primera planta derivaremos un conductor de pares trenzados de 0,75 mm², de 20 unidades de hilos:

■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm² y de 20 unidades de hilos.



■ Conducción:

□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 16 mm de diámetro exterior.

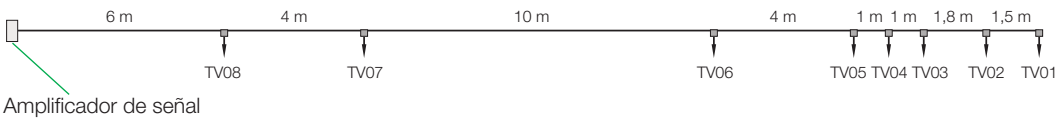
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de comunicación TV 1.ª planta

En el cuadro de planta instalaremos un amplificador para la alimentación de señal de todas las tomas de la planta.

El amplificador se alimenta de la red de maniobra en régimen IT de toda la red de comunicación e información.

A cada derivación colocaremos un filtro de señal para evitar todas las posibles interferencias:



■ Conductor para red de TV.

■ Conducción:

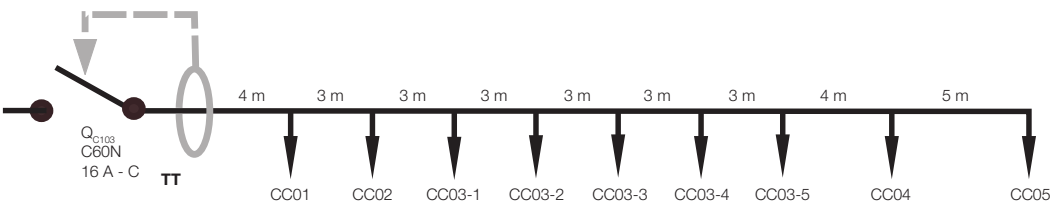
□ Necesitamos un conducto, para un cable de TV, de 16 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Líneas de la 2.ª y 3.ª plantas

Líneas para las tomas de corriente de la 2.ª o 3.ª planta

Ramal izquierdo tomas de corriente de la 2.ª o 3.ª planta



Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/995.

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{C103} del cuadro de la 2.ª planta hasta la caja de derivaciones CC05:

Línea 1.ª de tomas de corriente de la planta 2.ª o 3.ª															
N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	CC	A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	01	12,70	11,20	12,40	1,73	2,5	1,5	4	0,036	0,060	0,4572	0,4032	0,4464	0,1038	
2	02	12,70	9,90	11,40	2,88	2,5	1,5	3	0,027	0,045	0,3429	0,2673	0,3078	0,1296	
3	03-1	12,70	8,60	10,40	3,98	2,5	1,5	3	0,027	0,045	0,3429	0,2322	0,2808	0,1791	
4	03-2	12,79	8,60	7,10	5,47	2,5	1,5	3	0,027	0,045	0,3429	0,2322	0,1917	0,2462	
5	03-3	6,10	8,60	7,10	2,16	2,5	1,5	3	0,027	0,045	0,1647	0,2322	0,1917	0,0972	
6	03-4	6,10	2	7,10	4,72	2,5	1,5	3	0,027	0,045	0,1647	0,0540	0,1917	0,2124	
7	03-5	6,10	2	2,50	3,88	2,5	1,5	3	0,027	0,045	0,1647	0,0540	0,0675	0,1746	
8	004	0	2	2,50	2,29	2,5	1,5	4	0,036	0,060	0	0,0720	0,0900	0,1374	
9	005	0	0	2,5	2,50	2,5	1,5	5	0,045	0,075	0	0	0,1125	0,1875	
											1,9800	1,5471	1,8801	1,4678	3,348

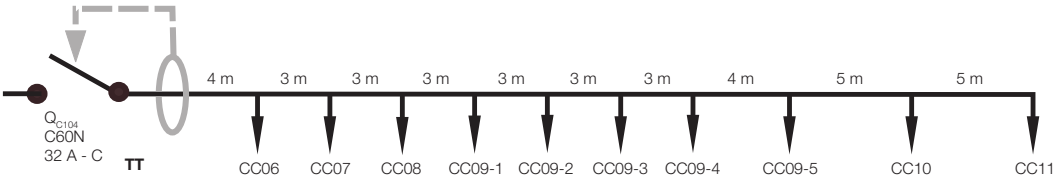
Tabla L6.4-410: *tabla caídas de tensión línea 1.ª para tomas de corriente, planta 2.ª.*

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
□ Fases. Para atender los 12,70 A de L1, colocamos una sección S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 21 A.
□ Neutro. Para atender los 5,47 A de N, colocamos una sección S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 15,5 A.
■ Línea de tomas de corriente discriminadas de alimentación solo nocturna.
Para la línea de las tomas de corriente discriminadas de 7,25 A consideramos un conductor de fase conectado a la línea L1 de 1,5 mm². La línea corresponde a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
□ Fase. Para atender los 7,25 A de L1, colocamos una sección S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 17,5 A.
□ Neutro. Para atender los 7,25 A del N, colocamos una sección S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación, al ser dos conductores cargados C2, 17,5 A.
■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Cuatro conductores de XLPE de 2,5 mm² + dos conductores de XLPE de 1,5 mm².
□ Según la tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de control para el sistema domótico de la 2.ª o 3.ª planta

■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm² capaces de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Ramal derecho tomas de corriente de la 2.ª o 3.ª planta



Línea 2.ª de tomas de corriente de las plantas 2.ª o 3.ª															
N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	CC	A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	06	24,2	26,7	26,5	2,31	6	4	4	0,015	0,023	0,3630	0,4005	0,3975	0,0520	
2	07	24,2	26,7	25	2,51	6	4	3	0,011	0,017	0,2722	0,3004	0,2813	0,0424	
3	08	21,9	26,7	25	4,34	6	4	3	0,011	0,017	0,2463	0,3004	0,2813	0,0732	
4	09-1	21,9	25,4	24	3,04	6	4	3	0,011	0,017	0,2463	0,2858	0,2700	0,0513	
5	09-2	21,9	25,4	21,7	3,66	6	4	3	0,011	0,017	0,2463	0,2858	0,2441	0,0618	
6	09-3	15,3	25,4	21,7	8,88	6	4	3	0,011	0,017	0,1721	0,2858	0,2441	0,1499	
7	09-4	15,3	18,8	21,7	5,64	6	4	3	0,011	0,017	0,1721	0,2115	0,2441	0,0952	
8	09-5	15,3	18,8	17,1	3,18	6	4	4	0,015	0,023	0,2295	0,2820	0,2565	0,0716	
9	10	8,7	18,8	17,1	9,32	6	4	5	0,019	0,028	0,1631	0,3525	0,3206	0,2621	2,967
10	11	8,7	18,8	15,6	8,92	6	4	5	0,019	9,028	0,1631	0,3525	0,2925	0,2509	
											2,2743	3,0570	2,8320	0,5257	3,583

Tabla L6.4-411: *tabla caídas de tensión línea 2.ª para tomas de corriente, planta 2.ª.*

L
6.4

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/943:

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{C104} del cuadro de la 2.ª planta hasta la caja de derivaciones CC11:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 26,7 A de L2, colocamos una sección S = 6 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 36 A.

□ Neutro. Para atender los 9,32 A de N, colocamos una sección S = 4 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 28 A.

■ Línea de tomas de corriente discriminadas de alimentación solo nocturna.

Para la línea de las tomas de corriente discriminadas de 6,5 A consideramos un conductor de fase conectado a la línea L1 de 1,5 mm². La línea corresponde a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen:

□ Fase. Para atender los 6,5 A de L1, colocamos una sección S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 17,5 A.

□ Neutro. Para atender los 6,5 A del N, utilizamos una sección S = 4 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación, al ser dos conductores cargados C2, 32 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

□ Tres conductores de XLPE de 6 mm² + un conductor de XLPE de 4 mm² + un conductor de XLPE de 1,5 mm² + un conductor XLPE de 2,5 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de control para sistema domótico de la 2.ª o 3.ª planta

■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm² capaces de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.

■ Conducción.

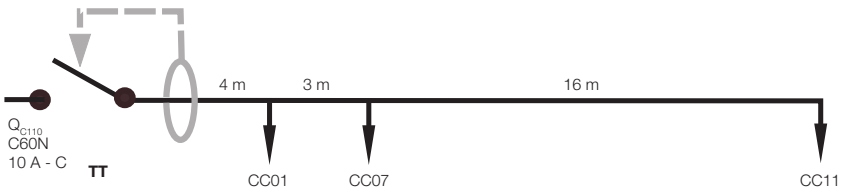
Necesitamos un conducto para:

□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm².

□ Según la tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el agua sanitaria caliente de la 2.ª o 3.ª planta



Línea 1.ª para el agua sanitaria de la planta 2.ª o 3.ª

N.°	Caja	Intensidad				Sección		Distancia	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N		L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	CC	A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	CC01	5,2	5,2	5,2	0	1,5	1,5	4	0,060	0,060	0,3120	0,3120	0,3120	0	
2	CC07	0	5,2	5,2	5,2	1,5	1,5	4	0,060	0,060	0	0,3120	0,3120	0,3120	
3	CC11	0	0	5,2	5,2	1,5	1,5	13	0,195	0,195	0	0	1,0140	1,0140	
											0,3120	0,624	1,6380	1,3260	2,964

Tabla L6.4-412: *tabla caídas de tensión línea agua sanitaria caliente, planta 2.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro, ver las sumas vectoriales de la página L/1010:

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{C110} del cuadro de la 2.ª planta hasta la caja de derivaciones CC11:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C03 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 5,2 A, colocamos una sección S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A.

□ Neutro. Para atender los 5,2 A del N, colocamos una sección S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 1,5 mm².

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

□ Cuatro conductores de PVC de 1,5 mm² + un conductor de XLPE de 2,5 mm².

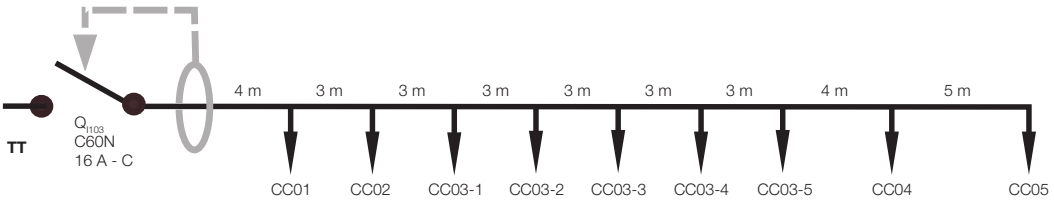
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 20 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Líneas para el alumbrado de la 2.ª o 3.ª planta

En esta planta disponemos de un alumbrado de emergencia formado por puntos luz de indicación de la salida con lámparas autónomas, que se alimentan de la red de alumbrado TT. Un alumbrado de reemplazamiento alimentado desde la red de régimen IT y ambos reciben la señal de encendido autónomo a través de un TBS-50.

Ramal izquierdo 1.º alumbrado de la 2.º o 3.º planta



Línea 1.ª para el alumbrado de la planta 2.ª o 3.ª

N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	CC	A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	01	18,34	20,16	18,94	1,66	4	2,5	4	0,023	0,036	0,4127	0,4536	0,4262	0,0598	
2	02	16,84	20,16	18,94	3,01	4	2,5	3	0,017	0,027	0,2842	0,3402	0,3196	0,0813	
3	03-1	15,34	20,16	18,94	4,44	4	2,5	3	0,017	0,027	0,2589	0,3402	0,3196	0,1199	
4	03-2	2,6	7,42	6,2	5,02	4	2,5	3	0,017	0,027	0,0439	0,1252	0,1046	0,1355	
5	03-3	1,3	7,42	6,2	4,45	4	2,5	3	0,017	0,027	0,0219	0,1252	0,1046	0,1202	
6	03-4	1,3	6,12	6,2	5,72	4	2,5	3	0,017	0,027	0,0219	0,1033	0,1046	0,1544	
7	03-5	1,3	6,12	4,9	4,41	4	2,5	3	0,017	0,027	0,0219	0,1033	0,0827	0,1191	
8	04	0	6,12	4,9	5,70	4	2,5	4	0,023	0,036	0	0,1377	0,1103	0,2052	
9	05	0	0	4,9	4,90	4	2,5	5	0,029	0,045	0	0	0,1378	0,2205	
											1,0653	1,7287	1,7100	0,6710	2,400

Tabla L6.4-413: *tabla caídas de tensión línea 1.ª de alumbrado, planta 2.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/1003:

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{I103} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC05:

□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 20,16 A de L2 (valor fundamental +36% de THDI), colocamos S = 4 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 28 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{I103} de 25 A, degradado 23 A.

□ Neutro. Para atender los 5,72 A de N (valor fundamental +36% de THDI).

En realidad debemos dimensionar:

– Intensidad fundamental 11,46 A.

– THDI el 36%, valor = 1,52 A; los 1,52 A por el coeficiente 2,8 = 4,26 A.

– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 4,2 + 4,26 A = 8,46 A. Colocamos una sección S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 21 A.

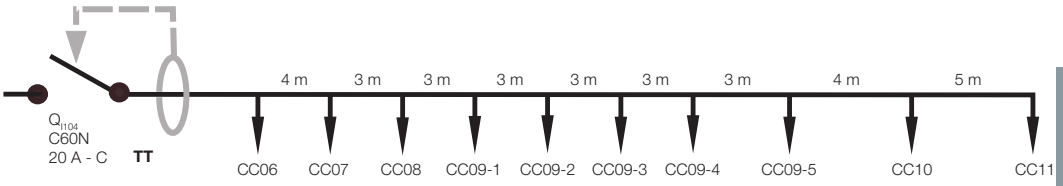
■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².

■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de XLPE de 4 mm² + dos conductores de XLPE de 2,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el alumbrado de emergencia (señalización) 2.ª o 3.ª planta
Las lámparas autónomas se alimentan de la red para su carga, pero la señal de activación proviene del TBT.
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm² capaces de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Ramal derecho 2.º alumbrado 2.ª o 3.ª planta



Línea 2.ª para el alumbrado de la planta 2.ª o 3.ª

N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	CC	A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	06	17,39	17,19	18,4	0,92	4	2,5	4	0,023	0,036	0,3912	0,3868	0,4140	0,0331	
2	07	15,55	17,19	18,4	2,48	4	2,5	3	0,017	0,027	0,2624	0,2901	0,3105	0,0670	
3	08	14,05	17,19	18,4	4	4	2,5	3	0,017	0,027	0,2370	0,2901	0,3105	0,1080	
4	09-1	14,05	17,19	17,72	3,50	4	2,5	3	0,017	0,027	0,2370	0,2901	0,2990	0,0945	
5	09-2	1,3	4,44	4,97	3,50	4	2,5	3	0,017	0,027	0,0219	0,0749	0,0839	0,0945	
6	09-3	0	4,44	4,97	4,90	4	2,5	3	0,017	0,027	0	0,0749	0,0839	0,1323	
7	09-4	0	3,14	4,97	4,48	4	2,5	3	0,017	0,027	0	0,0530	0,0839	0,1210	
8	9-5	0	3,14	3,67	3,56	4	2,5	4	0,023	0,036	0	0,0707	0,0826	0,1282	
9	10	0	1,84	3,67	3,20	4	2,5	5	0,028	0,045	0	0,0518	0,1032	0,1440	
10	11	0	0	3,67	3,67	4	2,5	5	0,028	0,045	0	0	0,1032	0,1652	
											1,1496	1,5823	1,8746	0,6503	2,525

Tabla L6.4-414: *tabla caídas de tensión línea 2.ª de alumbrado, planta 2.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/1005:
■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{l104} del cuadro de la 2.ª planta hasta la caja de derivaciones CC11:
□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

□ Fases. Para atender los 18,4 A de L3 (valor fundamental +36% de THDI), colocamos S = 4 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 28 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{I103} de 25 A, degradado 23 A.
□ Neutro. Para atender los 4,90 A de N (valor fundamental +36% de THDI).
En realidad debemos dimensionar:
– Intensidad fundamental 3,60 A.
– THDI el 36%, valor = 1,3 A; los 1,30 A por el coeficiente 2,8 = 3,64 A.
– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 3,60 + 3,64 A = 7,24 A. Colocamos una sección S = 2,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 21 A.
■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de XLPE de 4 mm² + dos conductores de XLPE de 2,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el alumbrado de emergencia (señalización) 2.ª o 3.ª planta
Las lámpara autónomas se alimentan de la red para su carga, pero la señal de activación proviene del TBT:
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm² capaces de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

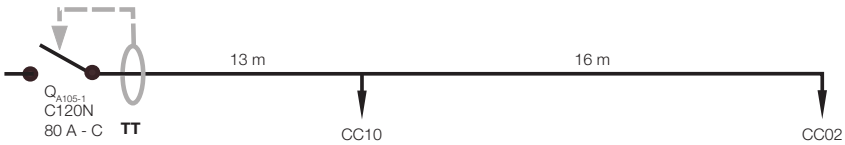
Líneas para el acondicionamiento de la 2.ª o 3.ª planta

En acondicionamiento nos encontramos con una red que alimenta cargas muy importantes, bombas de calor, que corresponden a motores eléctricos en los que deberemos tener en consideración las caídas de tensión en el arranque, las cuales no deben dificultar al mismo arranque.

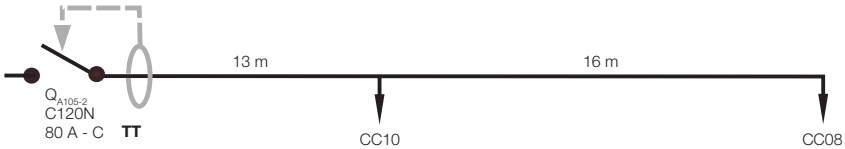
Línea para el acondicionamiento de la planta 2.ª o 3.ª, sectores 1 y 2															
N.º	Caja	Intensidad				Sección		Distancia	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N		L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	CC	A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	CC10	63,9	62,9	62,4	1,32	25	10	13	0,012	0,029	0,7476	0,7359	0,7301	0,0386	0,78
2		61,9	62,4	62,9	0,86	25	10	13	0,012	0,029	0,7242	0,7301	0,7359	0,0252	0,76
3	CC02	0	1	0	1	1,5	1,5	16	0,240	0,240	0	0,240	0	0,240	1,21
4	CC08	0	0	1	1	1,5	1,5	13	0,195	0,195	0	0	0,1950	0,1950	1,12
5	A01	58	58	58		25	10	19	0,017	0,043	0,9918	0,9918	0,9918		1,72
6	A03	58	58	58		25	10	19	0,017	0,043	0,9918	0,9918	0,9918		1,72

Tabla L6.4-415: *tabla caídas de tensión línea sectores 1.º y 2.º para acondicionamiento, planta 2.ª.*

Sector 1.º del alumbrado de la 2.ª o 3.ª planta



Sector 2.º del alumbrado de la 2.ª o 3.ª planta



Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/1008.
Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{A5-1} o del Q_{A5-2} del cuadro de la 1.ª planta hasta la caja de derivaciones CC19 y de ella al cuadro secundario de acondicionamiento C02 y CC08.

Tramo hasta la caja CC10:

■ Las líneas corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

■ Fases. Para atender los 64 A de las fases colocamos una sección de S = 25 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 86 A.

■ Neutro. Todas las cargas previstas son trifásicas equilibradas, podríamos no instalar el neutro pero para atender la maniobra debemos instalarlo. Se acostumbra a utilizar una sección mitad pero con 10 mm² es suficiente.

Debemos tener en consideración la caída de tensión en el arranque, teniendo en cuenta que el motor mayor corresponde a la bomba de calor (58 A) y que su punta de arranque es de 6,5 veces la nominal (6,5 · 58 A = 377 A), la caída de tensión será desde el cuadro de baja de la planta hasta el terrado donde se encuentra la bomba de calor: $\Delta U = R \cdot I = 0{,}029\ \Omega \cdot 377\ A = 10{,}93\ V$. No representa una caída de tensión perjudicial para el arranque, aunque tengamos que incrementar con la caída de tensión desde el centro de transformación.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 10 mm².

■ Conducción.

Necesitamos un conducto para:

□ Tres conductores de XLPE de 25 mm² + dos conductores de XLPE de 10 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, le corresponde un tubo de 40 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Desde el cuadro secundario de acondicionamiento C06 salen dos ramales de maniobra formados por tres hilos de 1,5 mm² y de trazado coincidente con el ramal 1.º y el ramal 2.º

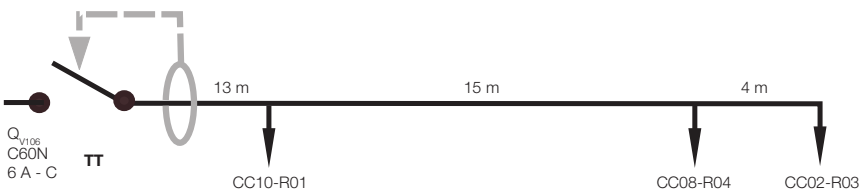
Tramo de cuadro secundario C10 hasta la caja CC08

■ Las líneas corresponden a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

■ Fases. Para atender el amperio de la fase L2 colocamos una sección de S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.

■ Neutro. Para atender el amperio que circula por el neutro, colocamos una sección de S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12,5 A.
■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 1,5 mm².
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de PVC de 1,5 mm².
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
Desde el cuadro secundario de acondicionamiento C10 salen dos ramales de maniobra formados por tres hilos de 1,5 mm² y de trazado coincidente con el ramal 1.º y el ramal 2.º hasta los cuadros C02 y C08.

Líneas para la ventilación (renovación de aire) de la 2.ª o 3.ª planta



Línea para la ventilación de la planta 2.ª o 3.ª

N.º	Caja	Intensidad				Sección		Distancia	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N		L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	CC	A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	CC10	1,4	1,6	1,6	0,2	1,5	1,5	13	0,195	0,195	0,2730	0,3120	0,3120	0,0390	
2	CC08	0	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	15	0,225	0,225	0	0,3600	0,3600	0,3600	
3	CC02	0	1,6	0	1,6	1,5	1,5	4	0,060	0,060	0	0,0960	0	0,0960	0,192

Tabla L6.4-416: *tabla caídas de tensión línea para la ventilación, planta 2.ª.*

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de la página L/1011:
■ Consideraremos el tramo mas largo. Del interruptor Q_{V206} del cuadro de la 3.ª planta hasta la caja de derivaciones CC02 y de ella al cuadro secundario de acondicionamiento C02:
□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C03 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
□ Fases. Para atender los 1,6 A de L3, S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A.
□ Neutro. Para atender los 1,6 A de N, S = 1,5 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 12 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{V206} de 6 A, degradado 5,60 A.
■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm² + un conductor de XLPE de 2,5 mm² .
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.

Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
Desde el cuadro secundario de acondicionamiento C10 sale un circuito de maniobra formado por tres hilos de 1,5 mm^2 y de trazado coincidente con el ramal.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de PVC de 1,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

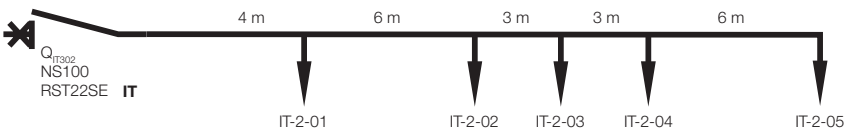
Líneas para los equipos informáticos de la 2.ª o 3.ª planta

Las fuentes de alimentación de los equipos informáticos, generalmente, generan un THDI del 93% de armónicos siendo los de rango 3 y 5 la mayor proporción.

Ramal izquierdo 1.º cargas informáticas de la 2.ª o 3.ª planta

Línea alimentación equipos informáticos de la 2.ª o 3.ª planta

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de las páginas L/1013 y L/1014:



Línea 1.ª alimentación cargas informáticas 2.ª o 3.ª planta

N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	IT	A	A	A	A	mm^2	mm^2	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	-2-01	62,72	64,08	66,01	3,15	25	25	4	0,004	0,004	0,1612	0,1648	0,1697	0,0113	
2	-2-02	33,77	38,99	66,01	30,23	25	25	6	0,004	0,005	0,1302	0,1504	0,2546	0,1632	
3	-2-03	27,6	21,23	19,30	8,97	25	25	3	0,002	0,003	0,0532	0,0409	0,0372	0,0242	
4	-2.04	9,84	17,76	19,3	6,32	25	25	3	0,002	0,003	0,0189	0,0343	0,0372	0,0171	
5	-2-05	6,37	0	0	6,37	25	25	6	0,004	0,005	0,0245	0	0	0,0344	
											0,3883	0,3904	0,4988	0,2503	0,639

Tabla L6.4-417: *tabla caídas de tensión línea 1.ª para las cargas informáticas, planta 2.ª.*

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{302} del cuadro de la 3.ª planta hasta la caja de derivaciones IT-2-05:
□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
□ Fases. Para atender los 66,01 A de L3 (valor fundamental +93% de THDI), colocamos S = 35 mm^2 capaz de conducir en este tipo de instalación 106 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{302} de 100 A, degradado 97,5 A.
□ Neutro. Para atender los 30,23 A de N (valor fundamental +93% de THDI).
En realidad debemos dimensionar desglosando:
– Intensidad fundamental 15,66 A.
– THDI el 93%, valor =14,57; los 14,57 A por el coeficiente 2,8 = 40,796 A.
– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 15,66 A + 40,796 A = 56,456 A. Colocamos una sección S = 25 mm^2 capaz de conducir en este tipo de instalación 86 A.
■ Conductor de tierra.

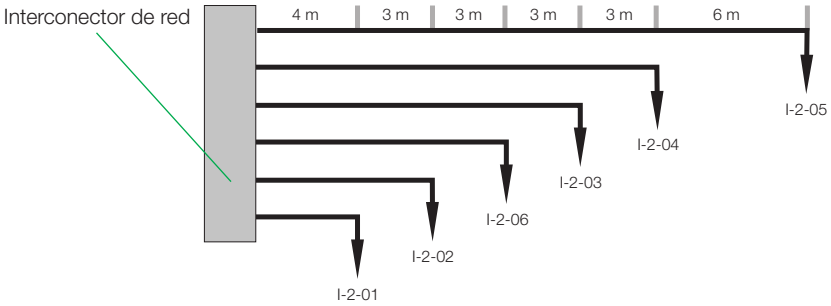
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 6 mm^2.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de XLPE de 35 mm^2 + un conductor de XLPE de 25 mm^2 + un conductor de XLPE de 6 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 50 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el alumbrado de sustitución de la 2.ª o 3.ª planta
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm^2 capaces de conducir, en este tipo de instalación, 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el sistema domótico de control alarmas técnicas de la 2.ª o 3.ª planta
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos seis conductores de 1,5 mm^2 capaces de conducir, en este tipo de instalación, 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Seis conductores de PVC de 1,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el control del aislamiento de la 2.ª o 3.ª planta
■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2, de 30 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 40 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

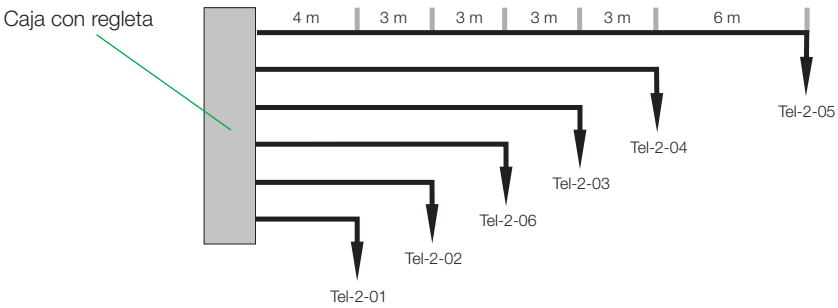
Línea de intercomunicación informática de la 2.ª o 3.ª planta
En el cuadro de planta instalaremos un amplificador para la interconexión en red de todas las CPUs.
El amplificador se alimenta de la red de maniobra, en régimen IT de toda la red de comunicación e información:
■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2, de 20 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.



Línea telefónica de la 2.ª o 3.ª planta

Desde la central telefónica situada en recepción instalaremos un conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 60 unidades de hilos, hasta una caja de conexiones propia situada en el cuadro general de la primera planta.

Desde la caja de conexiones telefónicas del cuadro general de la primera planta derivaremos un conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 20 unidades de hilos:



■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 20 unidades de hilos.

■ Conducción:

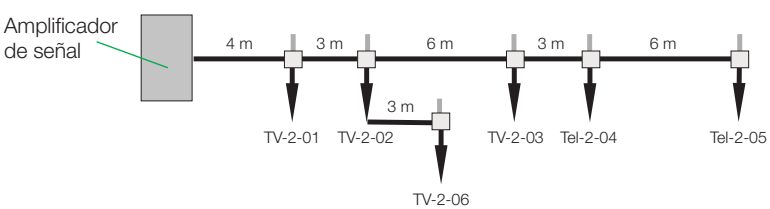
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 16 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de comunicación TV de la 2.ª o 3.ª planta

En el cuadro de planta instalaremos un amplificador para la alimentación de señal de todas las tomas de la planta.

El amplificador se alimenta de la red de maniobra en régimen IT de toda la red de comunicación e información.



A cada derivación colocaremos un filtro de señal para evitar todas las posibles interferencias:

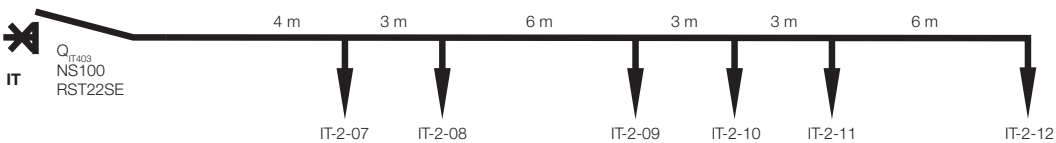
■ Conductor para red de TV.

■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de TV, de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Ramal derecho 2.º cargas informáticas de la 2.ª o 3.ª planta

Línea alimentación equipos informáticos de la 2.ª o 3.ª planta

Para los valores de las intensidades en los diferentes tramos del neutro ver las sumas vectoriales de las páginas L/1015 a L/1017:



Línea 2 .ª alimentación cargas informáticas planta 2.ª o 3.ª

N.º	Caja	Intensidad				Sección		Dis-	Resistencia		Caída de tensión ΔU				
		L1	L2	L3	Neutro	Fase	N	tancia	L1	N	L1	L2	L3	N	Máx.
	IT	A	A	A	A	mm²	mm²	m	Ω	Ω	V	V	V	V	V
1	-2-07	66,59	64,10	67,16	3,10	35	25	4	0,003	0,004	0,1712	0,1648	0,1727	0,0112	
2	-2-08	66,59	62,55	67,16	4,58	35	25	3	0,002	0,003	0,1284	0,1206	0,1295	0,0124	
3	-2-09	41,80	33,60	67,16	30,77	35	25	6	0,004	0,005	0,1612	0,1296	0,2590	0,1662	
4	-2-10	17,76	28,96	22,00	9,85	35	25	3	0,002	0,003	0,0342	0,0559	0,0424	0,0266	
5	-2-11	0	23,55	22,00	22,95	35	25	3	0,002	0,003	0	0,0454	0,0424	0,0620	
6	-2-12	0	0	2,70	2,70	35	25	6	0,004	0,005	0	0	0,0104	0,0146	
											0,4951	0,5163	0,6565	0,2928	0,949

Tabla L6.4-418: *tabla caídas de tensión línea 2.ª para las cargas informáticas, planta 2.ª.*

■ Consideraremos el tramo más largo. Del interruptor Q_{402} del cuadro de la 3.ª planta hasta la caja de derivaciones IT-2-12:
□ La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
□ Fases. Para atender los 67,16 A de L3 (valor fundamental +93% de THDI), colocamos S = 35 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 106 A, suficientes para ser protegidos por el interruptor automático Q_{303} de 100 A, degradado 97,5 A.
□ Neutro. Para atender los 30,77 A de N (valor fundamental +93% de THDI).
En realidad debemos dimensionar desglosando:
– Intensidad fundamental 15,94 A.
– THDI el 93%, valor =14,83; los 14,83 A por el coeficiente 2,8 = 41,53 A.
– Total intensidad a considerar para el dimensionado del neutro es de 15,94 A + 41,53 A = 57.464 A. Colocamos una sección S = 25 mm² capaz de conducir en este tipo de instalación 86 A.
■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 6 mm².
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Tres conductores de XLPE de 25 mm² + un conductor de XLPE de 25 mm² + un conductor de XLPE de 6 mm².

□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 50 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el alumbrado de sustitución de la 2.ª o 3.ª planta

■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos dos conductores de 1,5 mm^2 capaces de conducir, en este tipo de instalación, 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Dos conductores de PVC de 1,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el sistema domótico de control alarmas técnicas de la 2.ª o 3.ª planta

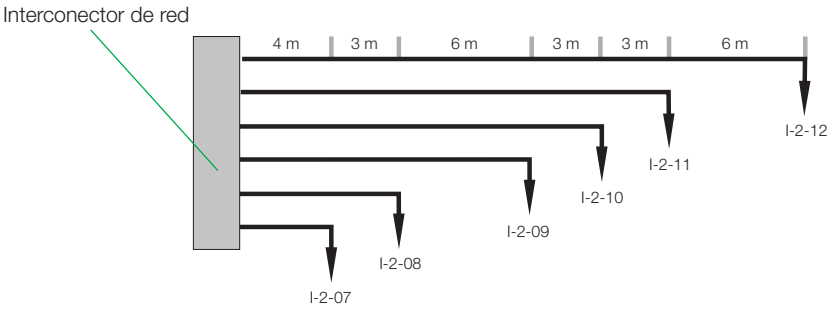
■ La línea corresponde a una instalación del tipo A C01 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ Necesitamos seis conductores de 1,5 mm^2 capaces de conducir, en este tipo de instalación, 12,5 A.
■ Conducción.
Necesitamos un conducto para:
□ Seis conductores de PVC de 1,5 mm^2.
□ Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea para el control del aislamiento de la 2.ª o 3.ª planta

■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2, de 30 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 40 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de intercomunicación informática de la 2.ª o 3.ª planta

En el cuadro de planta instalaremos un amplificador para la interconexión en red de todas las CPUs.
El amplificador se alimenta de la red de maniobra en régimen IT de toda la red de comunicación e información:
■ Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2, de 20 unidades de hilos.
■ Conducción:
□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 16 mm de diámetro exterior.
□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.



Línea telefónica de la 2.ª o 3.ª planta

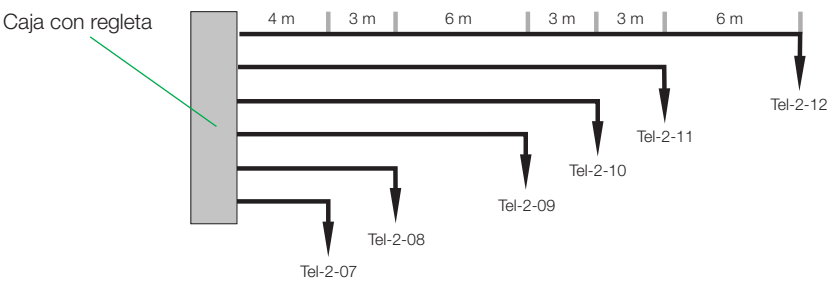
Desde la central telefónica situada en recepción, instalaremos un conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 60 unidades de hilos, hasta una caja de conexiones propia, situada en el cuadro general de la primera planta.

Desde la caja de conexiones telefónicas del cuadro general de la primera planta derivaremos un conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 20 unidades de hilos:

- Conductor de pares trenzados de 0,75 mm^2 y de 20 unidades de hilos.
- Conducción:

□ Necesitamos un conducto, para un cable de pares trenzados, de 16 mm de diámetro exterior.

□ Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

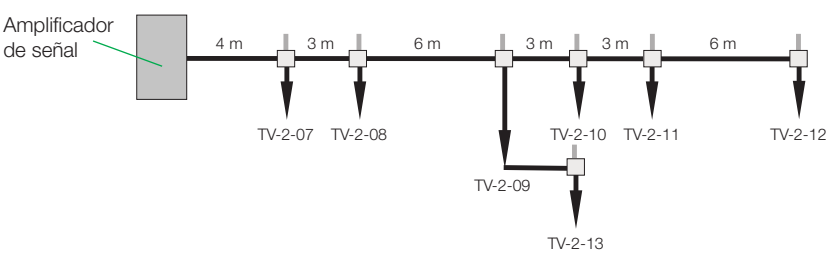


Línea de comunicación TV de la 2.ª o 3.ª planta

En el cuadro de planta instalaremos un amplificador para la alimentación de señal de todas las tomas de la planta.

El amplificador se alimenta de la red de maniobra en régimen IT de toda la red de comunicación e información.

A cada derivación colocaremos un filtro de señal para evitar todas las posibles interferencias.



Puntos de línea más alejados de la planta 1.ª

Red de régimen TT

Línea de tomas de corriente ramal 1.º

El punto más alejado corresponde a la caja de bornes CC28 perteneciente al despacho n.º 1 (ver Tabla L6.4-398, página L/1168).

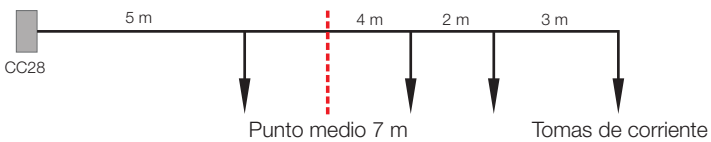
Tomas de corriente

Desde la caja de bornes CC28 se alimentan cuatro cajas de mecanismos de tomas de corriente bipolares + T.

Depende de la protección del ramal 1.º interruptor automático Q_{C3}, de 20 A nominales, degradado témicamente a 18,4 A.

La conducción corresponde a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

Fase y neutro. Para atender los 18,4 A del interruptor automático general, colocamos S = 1,5 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 17,5 A.



La carga prevista para los conectores derivados de la caja CC28 es de 2 A derivados de la línea L1.

La caída de tensión correspondiente es de:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 7 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 2 \text{ A} = 0{,}42 \text{ V}.$$

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conducción de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, conductor de sección S = 1,5 mm².

■ Conducción.

Tu-1. Necesitamos un conducto para:

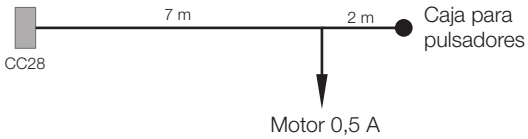
Cuatro conductores (fase L1 + N + fase discriminada + T) de XLPE de 1,5 mm². Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior. Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Confort

La conducción corresponde a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen. Conducción hasta la caja de interruptores para la señal de subida y bajada.

Fase y neutro. Para atender los 18,4 A del interruptor automático general, colocamos una sección de S = 1,5 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 17,5 A.

La carga de 0,5 A circula hasta la alimentación del motor de la persiana y desde la caja deberemos instalar tres hilos para la maniobra de subida y bajada de la persiana hasta la caja de pulsadores.

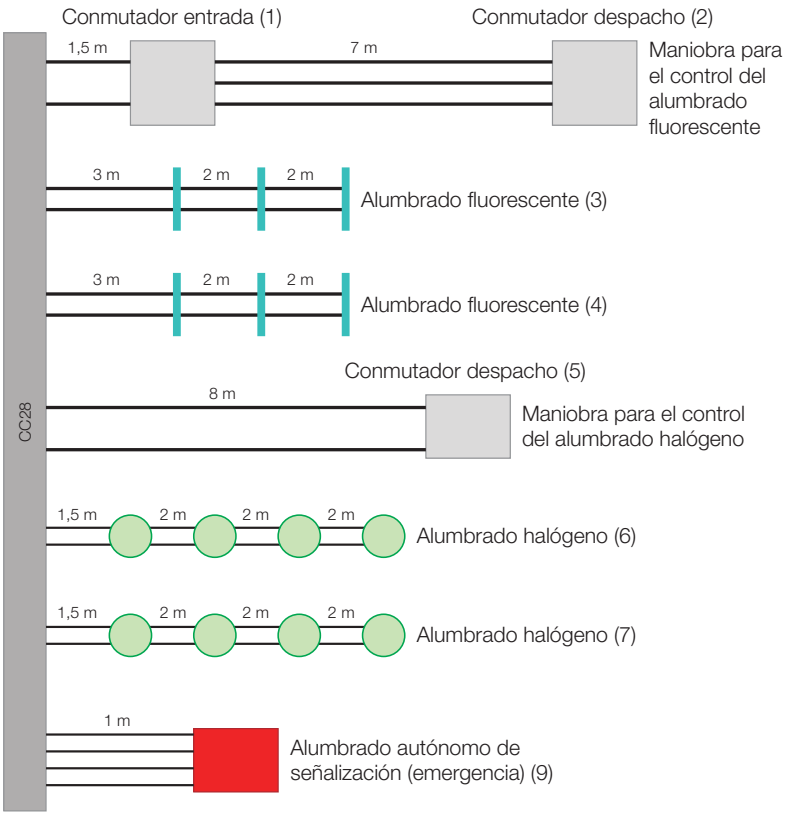


La caída de tensión correspondiente es de:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 7 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 2 \text{ A} = 0{,}42 \text{ V}.$$

■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 1,5 mm².
■ Conducción:
□ De la caja CC28 hasta la caja de derivación de los pulsadores **Tu-2**. Necesitamos un conducto para:
Seis conductores (2 fases L1 + N + 3 hilos maniobra + T) de XLPE de 1,5 mm².
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 20 mm de diámetro exterior.
□ De la caja de pulsadores hasta la del motor **Tu-3**. Necesitamos un conducto para:
Cuatro conductores (3 hilos maniobra + T) de XLPE de 1,5 mm².
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de alumbrado



La línea corresponde a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
Fase y neutro. Para atender las solicitudes de protección del interruptor automático general Q_{C3} (los 18,4 A), colocamos S = 1,5 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 17,5 A.

■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 1,5 mm^2. Este conductor nos sirve para la puesta a tierra de la columna Prefadis, en la que se ubican los mecanismos al lado de la mesa de despacho.

Alumbrado fluorescente
El comandamiento del alumbrado general fluorescente con maniobra desde dos puntos:
(1) Al lado de la puerta de entrada.
(2) Desde la columna Prefadis al lado de la mesa de despacho.
Esta maniobra produce el alargamiento de la fase en 2 · 8,5 m = 19 m.
La caída de tensión del tramo será:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \frac{19\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot (2{,}7\ A + THDI\ 93\%\ 2{,}51\ A) = 1{,}485\ V.$$

(3) La alimentación del tramo de tres puntos luz fluorescentes.
La caída de tensión del tramo (punto medio) será:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3{,}5\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot (1{,}35\ A + THDI\ 93\%\ 1{,}25\ A) = 0{,}273\ V.$$

La caída de tensión en el alumbrado fluorescente será:
ΔU_A = 1,485 V + 0,273 V = 1,758 A.

■ Conducción:
□ De la caja CC28 hasta la caja del conmutador de la entrada (1).
Tu-4. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (2 fases L1 + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
□ De la caja del conmutador de entrada hasta la de los conmutadores de despacho (2).
Tu-5. Necesitamos un conducto para:
Cuatro conductores (3 hilos maniobra + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
□ De la caja CC28 hasta el último punto luz de la primera serie de tres (3).
Tu-6. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (fase L1 + N + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
□ De la caja CC28 hasta el último punto luz de la segunda serie de tres (4).
Tu-7. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (fase L1 + N + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Alumbrado halógeno incandescente
El comandamiento del alumbrado general incandescente, con maniobra desde un punto de la mesa de despacho (5).

La caída de tensión en el tramo del comandamiento del alumbrado halógeno será:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 8\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot 1{,}76\ A = 0{,}422\ V.$$

La alimentación del tramo de cuatro puntos luz halógenos.
La caída de tensión del tramo de alimentación será:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3{,}75\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot 1{,}76\ A = 0{,}198\ V.$$

La caída de tensión en el alumbrado halógeno será:

$\Delta U_A = 0{,}546\ V + 0{,}198\ V = 0{,}744\ A.$

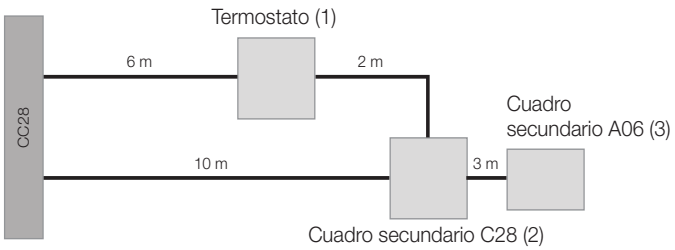
□ De la caja CC28 hasta la caja del interruptor de control del alumbrado halógeno (5).
Tu-8. Necesitamos un conducto para:
Dos conductores (2 fases L1) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
□ De la caja CC28 hasta el último punto luz de la primera serie de cuatro (6).
Tu-9. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (fase L1 + N + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
□ De la caja CC28 hasta el último punto luz de la segunda serie de cuatro (7).
Tu-10. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (fase L1 + N + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Alumbrado autónomo de señalización (emergencia)
■ Desde la caja CC28 hasta el punto luz de emergencia (9) tendremos dos circuitos:
□ La alimentación del punto luz para que permite cargar sus reservas.
□ La orden de funcionamiento procede de los TBT.
Dos conductores (2 fases L1) de XLPE de 1,5 mm^2.
Dos conductores (2 maniobras) de PCV de 1,5 mm^2.
Tu-11. Necesitamos un conducto para:
Cinco conductores (2 fases L1) de XLPE de 1,5 mm^2 + dos conductores de maniobra de PVC 1,5 mm^2 + T.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.

Línea de acondicionamiento

La alimentación de potencia desde el cuadro general de planta corresponde a una línea trifásica con neutro y tierra. Las derivaciones a cuadros secundarios corresponden a líneas de fase y neutro.
Desde el cuadro secundario de acondicionamiento C06 se distribuyen dos líneas de maniobra con tres hilos cada una.
Las líneas a cuadros secundarios corresponden a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

Fase y neutro. Para atender las solicitudes de protección del interruptor automático general Q_{A3} (los 24,20 A), colocamos una sección de S = 2,5 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 24 A.



■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conducto de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm².

Desde la caja CC28 alimentamos el cuadro secundario C06 con un circuito de potencia y otro de maniobra, desde el cuadro secundario C06 hasta el fancoil A06 con un circuito de potencia y desde la caja CC28 hasta el termostato (1) con un circuito de maniobra:

□ Desde la caja CC28 hasta el termostato (1).

Tu-12. Necesitamos un conducto para:

Tres conductores (2 hilos de maniobra + T) de PVC de 1,5 mm².

Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.

Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

□ Desde el termostato al cuadro secundario C28 (2).

Tu-13. Necesitamos un conducto para:

Dos conductores (2 hilos de maniobra) de PVC de 1,5 mm².

Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.

Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

□ Desde la caja CC28 al cuadro secundario C28 (2).

Corresponde a una línea de dos conductores activos de 2,5 mm², la caída de tensión será: $\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 10 \text{ m}}{2{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 1{,}9 \text{ A} = 0{,}342 \text{ V}.$

Tu-14. Necesitamos un conducto para:

Cinco conductores (2 hilos fase y neutro) de XLPE de 2,5 mm² + (2 hilos de maniobra) de PVC de 1,5 mm² + T.

Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.

Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

□ Del cuadro secundario C28 al cuadro secundario A06.

Corresponde a una línea de dos conductores activos de 1,5 mm² la caída de tensión será: $\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 3 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 1{,}9 \text{ A} = 0{,}171 \text{ V}.$

La caída de tensión total de la caja CC28 será:

$\Delta U_T = 0{,}342 \text{ V} + 0{,}171 \text{ V} = 0{,}513 \text{ V}.$

Tu-15. Necesitamos un conducto para:

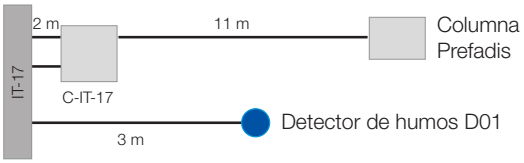
Tres conductores (2 hilos de maniobra + T) de PVC de 1,5 mm².

Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Red de régimen IT

Línea para las cargas informáticas, de alumbrado de reemplazamiento y alarmas técnicas

La alimentación de potencia de las cargas informáticas y de alumbrado de reemplazamiento, desde el cuadro general de planta, corresponde a una línea trifásica con neutro y tierra. Las derivaciones a cuadros secundarios corresponden a líneas de fase y neutro.
Fase y Neutro. Para atender las solicitudes de protección del interruptor automático general Q_{IT102} (de 97,5 A), colocamos una sección de S = 35 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 106 A.



Las líneas a los cuadros secundarios corresponden a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
■ De la caja IT-17 al cuadro secundario C-IT-17.
Tu-16. Necesitamos un conducto para:
Cinco conductores (2 hilos fase y neutro) de XLPC de 35 mm² + (2 de fase y neutro para alarmas técnicas) de PVC de 1,5 mm² + T.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 32 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión de la línea de potencia de la caja IT-17 al cuadro secundario C-IT-17:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 2\ m}{2{,}5\ mm^2} \cdot (2{,}8\ A\ + THDI\ 2{,}6\ A + 0{,}52\ A) = 0{,}0213\ V.$$

La caída de tensión de la línea de alarmas técnicas del cuadro C-IT-17 a la caja IT-17:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 2\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot 0{,}02\ A = 0{,}0012\ V.$$

■ Del cuadro secundario C-IT-17 a la columna Prefadis.
Tu-17. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (2 hilos fase y neutro) de PVC de 1,5 mm² + T.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión del cuadro secundario C-IT-17 a la columna Prefadis:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 11\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot (2{,}8\ A\ + THDI\ 2{,}6\ A + 0{,}52\ A) = 1{,}94\ V.$$

La caída total del ramal será:
$\Delta U_T = 0{,}0012\ V + 1{,}94\ V = 1{,}9412\ V.$
■ De la caja IT-17 al detector de humos D01.

Tu-18. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (2 hilos fase y neutro) de PVC de 1,5 mm^2 + T.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.^{er} Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

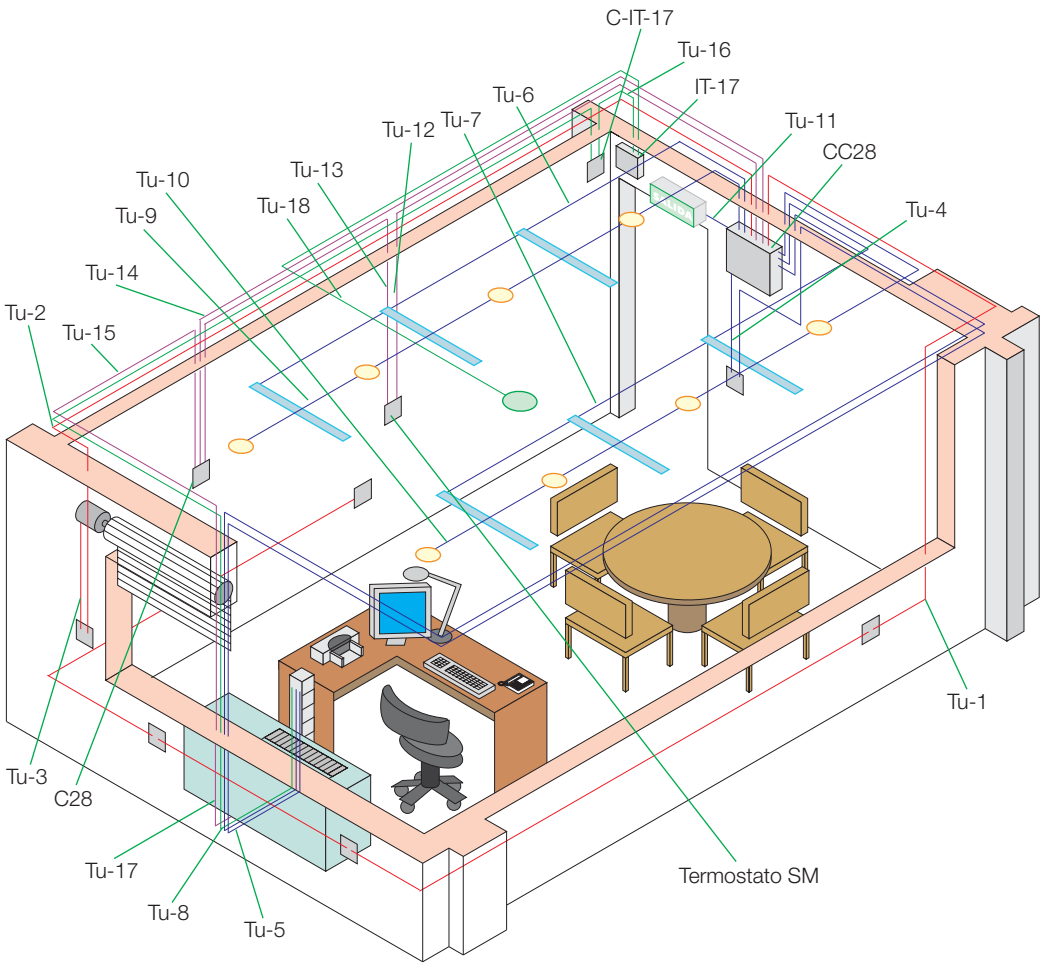
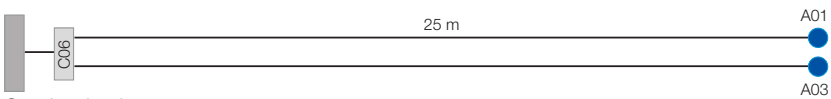


Fig. L6.4-419: *situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales 1.^{os} de la 1.^{a} planta.*

Régimen TT. Acondicionamiento

Desde el cuadro secundario de acondicionamiento C06 salen dos alimentaciones para las bombas de calor situadas en el terrado.



Cuadro de planta

La alimentación de potencia desde el cuadro general de planta corresponde a una línea trifasica con neutro y tierra. Las derivaciones al cuadro secundario C06 corresponden a una línea trifasica con neutro y tierra.
Desde el cuadro secundario de acondicionamiento C06 se distribuyen dos líneas de maniobra con tres hilos cada una más T.

La línea al cuadro secundario C06 corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
Para alimentar las bombas de calor y atender la caída de tensión desde el cuadro C06 hasta la bomba de calor A01 o A03 será de (ver cálculos cuadro C06, página L/1031):

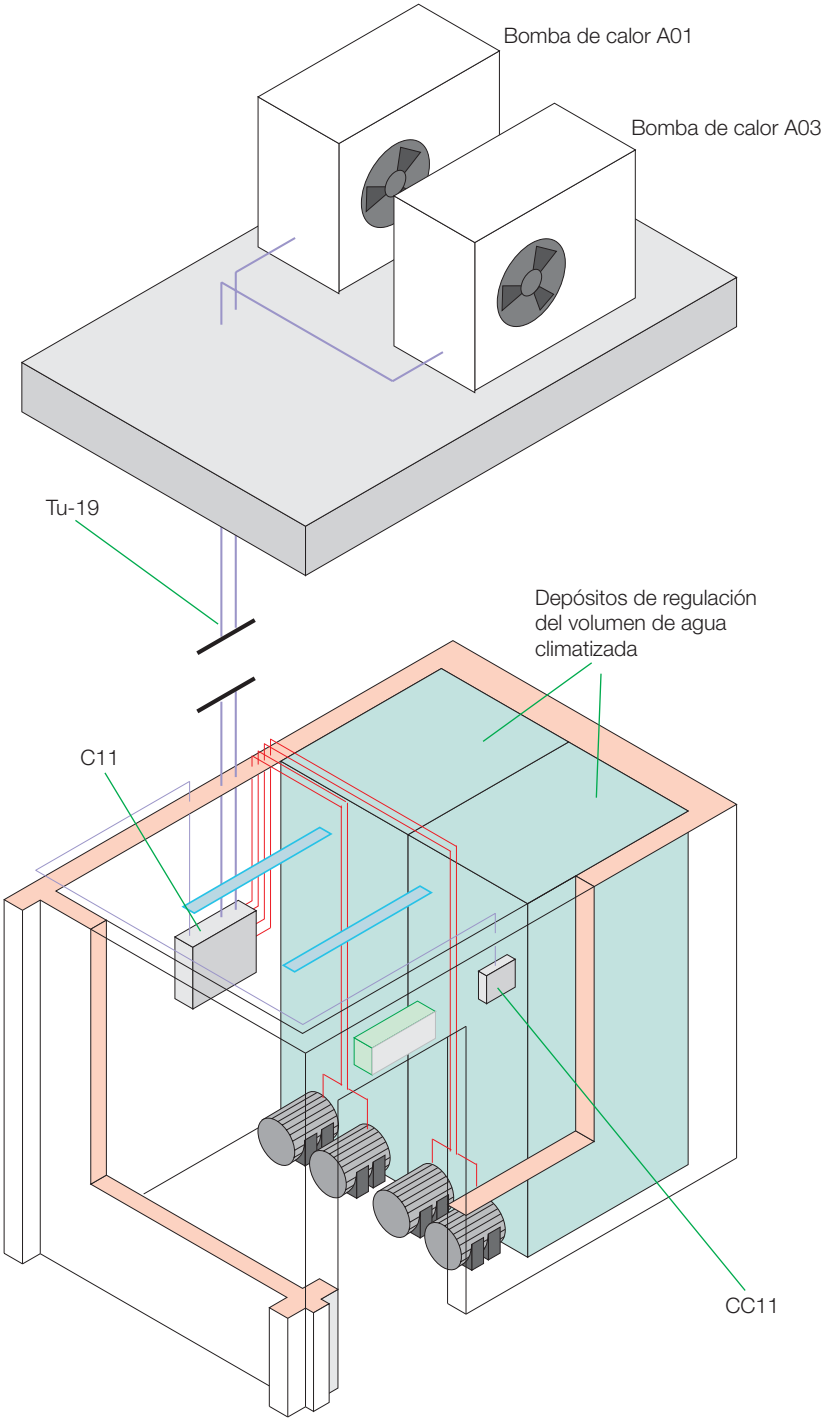


Fig. L6.4-420: *situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales para el acondicionamiento, planta 1.ª.*

La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
Fases y neutro. Para atender las solicitudes de protección del interruptor automático general Q_{A01} (de 56,7 A), colocamos una sección S = 16 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 66 A.
■ De la caja IT-17 al cuadro secundario C-IT-17.
Tu-19. Necesitamos un conducto para:
Cinco conductores (2 hilos fase y neutro) de XLPC de 25 mm² + (2 de fase y neutro para alarmas técnicas) de PVC de 1,5 mm² + T.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 32 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión corresponde a un circuito trifásico equilibrado:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{25\ m}{16\ mm^2} \cdot 54\ A = 1{,}899\ V.$$

Debemos tener en consideración la caída de tensión en el momento del arranque, que para este tipo de motores es del orden del 6,5 veces.

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{25\ m}{16\ mm^2} \cdot (54 \cdot 6{,}5)\ A = 12{,}34\ V.$$

Comprobación de las caídas de tensión desde la derivación individual

Red régimen TT

Línea de enlace		
Derivación individual DI	0,989	0,604
Del CC al CGBT	2,286	2,286
Del CGBT al CDP 1.ª	0,078	0,078
Total	3,353 V	2,968 V
Línea de conectores caja CC28	2,03	
Distribución en despacho n.º 1	0,42	
Línea de enlace más desfavorable	3,353	
Total	5,803 V	2,42%
Línea de conectores caja CC28	2,03	
Confort en despacho n.º 1	0,42	
Línea de enlace más desfavorable	3,353	
Total	5,803 V	2,42%
Línea de alumbrado caja CC28	2,611	
Caso más desfavorable:		
alumbrado fluorescente	1,758	
Línea de enlace más desfavorable	3,353	
Total	7,722 V	3,22%
Línea de acondicionamiento CC28	1,4	
Hasta fancoil A06	0,513	
Línea de enlace más desfavorable	3,353	
Total	5,266 V	2,19%
Línea de acondicionamiento CC06	0,622	
Hasta la bomba de calor A01	1,899	
Línea de enlace más desfavorable	3,353	
Total	5,874 V	2,45%

Red régimen IT

SAI-CDP 1.ª	0,657	
Conexiones	0,4	
Total	1,057 V	
Línea conectores caja IT-17	1,255	
Caída de tensión hasta columna Prefadis	1,942	
Línea desde el SAI	1,057	
Total	4,254 V	1,85%

En toda la red las caídas de tensión som menores a las previstas y disponemos de dos correctores del valor absoluto:
1.º Las Cías. suministradoras nos alimentan con un +3% de tensión.
2.º La línea más afectada es la de las cargas informáticas que nos permite incrementar la tensión de salida del SAI en un 2%.

Nota: al utilizar un SAI en serie "on line", sólo deberemos considerar la caída de tensión de los conductores del SAI al CDP 1.ª, más favorable.

Prescripciones del REBT

ITC-BT-15

3. Cables.
b) La caída de tensión máxima admisible será:
– Para el caso de contadores concentrados en más de un lugar: 0,5%.
– Para el caso de contadores totalmente concentrados: 1%.
– Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación: 1,5%.

ITC-BT-19

2.2.2. Sección de los conductores. Caídas de tensión.
La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.
Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.
El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente se determinará en cada caso particular, de acuerdo con las indicaciones incluidas en las instrucciones del presente reglamento y en su defecto con las indicaciones facilitadas por el usuario considerando una utilización racional de los aparatos.
En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Puntos de línea más alejados de la planta 3.ª

Red de régimen TT

Línea de tomas de corriente ramal 2.º

El punto más alejado corresponde a la caja de bornes CC11 que pertenece al comedor n.º 6.

Tomas de corriente

Desde la caja de bornes CC11 se alimentan siete mecanismos de tomas de corriente bipolares + T y siete tomas de corriente individuales para una serie de electrodomésticos.

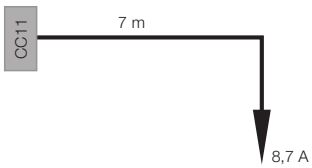
La alimentación se realiza a través de dos fases L2 y L3.

Depende de la protección del ramal 2.º interruptor automático Q_{C204}, de 32 A nominales degradado a 29,80 A.

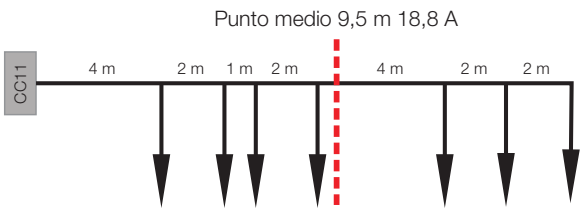
La línea corresponde a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

Dos fases y neutro. Para atender los 29,80 A del interruptor automático general, colocamos S = 6 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 36 A.

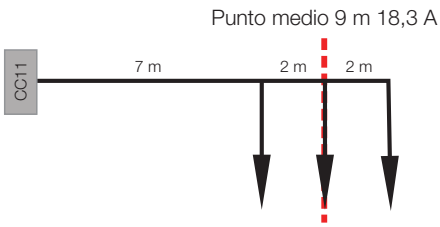
Las cargas de la línea L1 corresponden:



Las cargas de la línea L2 corresponden:



Las cargas de la línea L3 corresponden:



La caída de tensión corresspondiente es de:

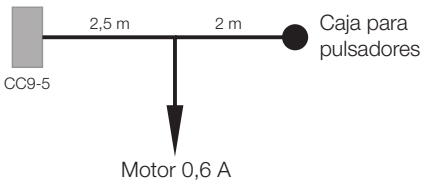
$$\Delta U_{L1} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 7\ m}{6\ mm^2} \cdot 8{,}7\ A = 0{,}457\ V.$$

$$\Delta U_{L2} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 9{,}5\ m}{6\ mm^2} \cdot 18{,}8\ A = 1{,}34\ V.$$

$$\Delta U_{L3} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 9\ m}{6\ mm^2} \cdot 18{,}3\ A = 1{,}235\ V.$$

■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 2,5 mm^2.
■ Conducción.
Tu-1. Necesitamos un conducto para:
Seis conductores (fases L1, L2, L3 + N) de XLPE de 6 mm^2 + fase discriminada + T) de XLPE de 2,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen le corresponde, por extrapolación, un tubo de 35 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Confort
La línea de confort termina en la caja CC9-5, por tanto la describiremos desde este punto.
La línea corresponde a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
Conducción hasta la caja de interruptores para la señal de subida y bajada.
Fase y neutro. Para atender los 18,4 A del interruptor automático general, colocamos una sección de S = 1,5 mm^2 de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 17,5 A.
La carga de 0,5 A circula hasta la alimentación del motor de la persiana y desde la caja deberemos instalar tres hilos para la maniobra de subida y bajada de la persiana hasta la caja de pulsadores.



La caída de tensión correspondiente es de:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 6{,}5 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 0{,}6 \text{ A} = 0{,}117 \text{ V}.$$

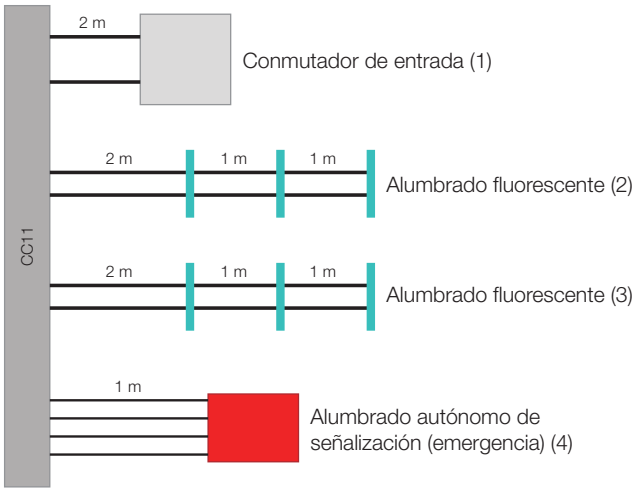
■ Conductor de tierra.
Instalaremos un conductor de tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 1,5 mm^2.
■ Conducción:
□ De la caja CC9-5 hasta la caja de derivación de los pulsadores.
Tu-2. Necesitamos un conducto para:
Seis conductores (2 fases L1 + N + 3 hilos maniobra + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la tabla F7-116 pág. F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 20 mm de diámetro exterior.
□ De la caja de pulsadores hasta la del motor.
Tu-3. Necesitamos un conducto para:
Cuatro conductores (3 hilos maniobra + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de alumbrado
La conducción corresponde a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.

Fase y neutro. Para atender las solicitudes de protección del interruptor automático general Q_{I204} de 30 A nominales (para los 18,56 A degradados), colocamos S = 1,5 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación 17,5 A.

■ Conductor de tierra.

Instalaremos un conductor de tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, de sección S = 1,5 mm².



Alumbrado fluorescente

El comandamiento del alumbrado general fluorescente, con maniobra desde un punto:

(1) Al lado de la puerta de entrada.

Esta maniobra produce el alargamiento de la fase en 2 · 2 m = 4 m.

La caída de tensión del tramo será:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 2\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot (2{,}7\ A + THDI\ 36\%\ 0{,}972\ A) = 0{,}22\ V.$$

(2) y (3) La alimentación del tramo de tres puntos luz fluorescentes.

La caída de tensión del tramo (punto medio) será:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 3\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot (2{,}7\ A + THDI\ 36\%\ 0{,}972\ A) = 0{,}33\ V.$$

La caída de tensión en el alumbrado fluorescente será:

$\Delta U_A = 0{,}22\ V + 0{,}33\ V = 0{,}55\ A$

■ Conducción:

□ De la caja CC11 hasta la caja del conmutador de la entrada (1).

Tu-4. Necesitamos un conducto para:

Tres conductores (2 fases L1 + T) de XLPE de 1,5 mm².

Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.

Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

□ De la caja CC11 hasta el último punto luz de la primera serie de tres (2).

Tu-5. Necesitamos un conducto para:

Tres conductores (fase L1 + N + T) de XLPE de 1,5 mm².

Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.

Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

□ De la caja CC11 hasta el último punto luz de la segunda serie de tres (3).

Tu-6. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (fase L1 + N + T) de XLPE de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.^{er} Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

Alumbrado autónomo de señalización (emergencia)
■ Desde la caja CC11 hasta el punto luz de emergencia (4) tendremos dos circuitos:
□ La alimentación del punto luz para que puedan cargarse sus reservas proviene de la red de alumbrado.
□ La orden de encendido procedente de los TBT.
Dos conductores (2 fases L1) de XLPE de 1,5 mm^2.
Dos conductores (2 maniobras) de PVC de 1,5 mm^2.
Tu-7. Necesitamos un conducto para:
Cinco conductores (2 fases L1) de XLPE de 1,5 mm^2 + dos conductores de maniobra de PVC 1,5 mm^2 + T.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.^{er} Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

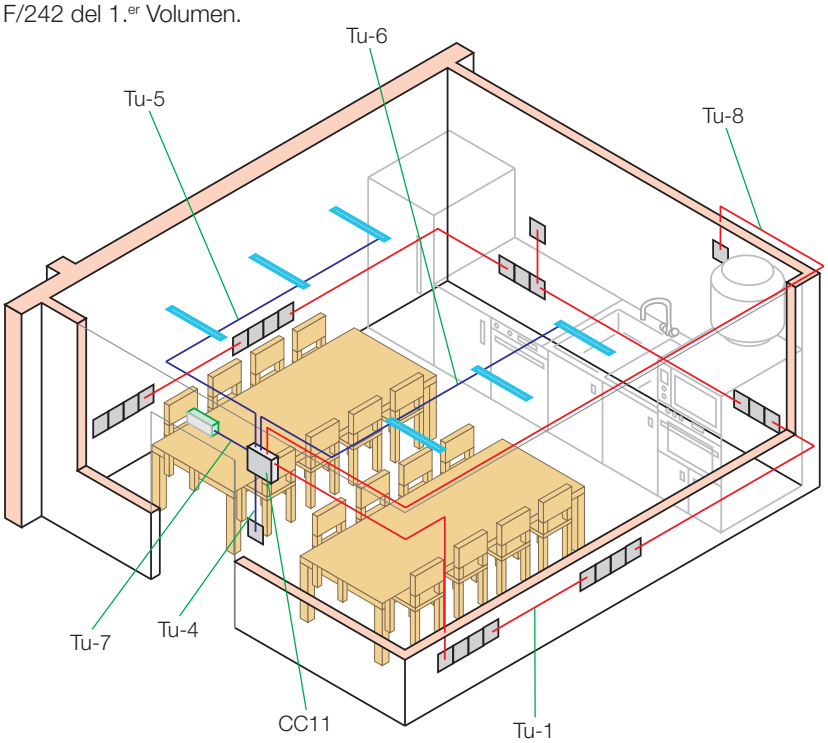
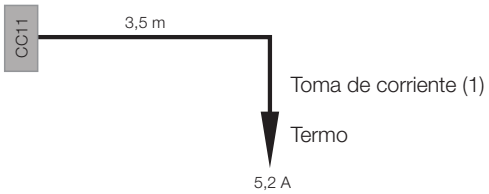


Fig. L6.4-421: *situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales 3.^{os} de la 3.^{a} planta.*

Línea agua sanitaria caliente

Desde la caja de bornes CC11 se alimenta un mecanismo de toma de corriente bipolar + T.
La alimentación se realiza a través de fases L3 y N.
Depende de la protección de la línea de agua sanitaria caliente el interruptor automático Q_{C310}, de 10 A nominales degradado a 9,30 A.
La línea corresponde a una instalación del tipo A C02 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.^{er} Volumen.

Dos fases y neutro. Para atender los 9,30 A del interruptor automático general, colocamos una sección de S = 1,5 mm² de PVC capaz de conducir en este tipo de instalación 17,5 A.
La carga de la línea L3 corresponde a 5,2 A.
La caída de tensión del tramo (1) será:

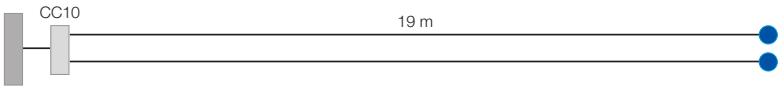


$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 3{,}5 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 5{,}2 \text{ A} = 0{,}546 \text{ V}.$$

■ De la caja CC11 hasta la caja de la toma de corriente de la entrada (1).
Tu-8. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (fases L3 + N + T) de XLPE de 1,5 mm².
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

Línea de acondicionamiento

Desde el cuadro secundario de acondicionamiento C10 salen dos alimentaciones para las bombas de calor situadas en el terrado.
La alimentación de potencia desde el cuadro general de planta hasta el cuadro secundario C10 de acondicionamiento corresponde a dos líneas trifásicas con neutro y tierra:



Cuadro de planta

■ Del cuadro secundario de acondicionamiento C10 hasta las bombas de calor A01 y A05:
Tu-9. Necesitamos dos conductos para:
Cinco conductores (3 hilos fase + neutro) de XLPC de 16 mm² + T.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 32 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión corresponde a un circuito trifásico equilibrado:

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{19 \text{ m}}{16 \text{ mm}^2} \cdot 58 \text{ A} = 1{,}55 \text{ V}.$$

Debemos tener en consideración la caída de tensión en el momento del arranque; para este tipo de motores es del orden del 6,5 veces.

$$\Delta U = R \cdot I = \varphi \frac{L}{S} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{19 \text{ m}}{16 \text{ mm}^2} \cdot (58 \cdot 6{,}5) \text{ A} = 10{,}07 \text{ V}.$$

Red de régimen IT

Línea para las cargas informáticas, de alumbrado de reemplazamiento y alarmas técnicas

La alimentación de potencia de las cargas informáticas, de distribución de alumbrado de reemplazamiento y alarmas técnicas desde el cuadro de planta, co-

rresponde a una línea trifasica con neutro y tierra. Las derivaciones a cuadros secundarios corresponde a líneas de fase y neutro generalmente.

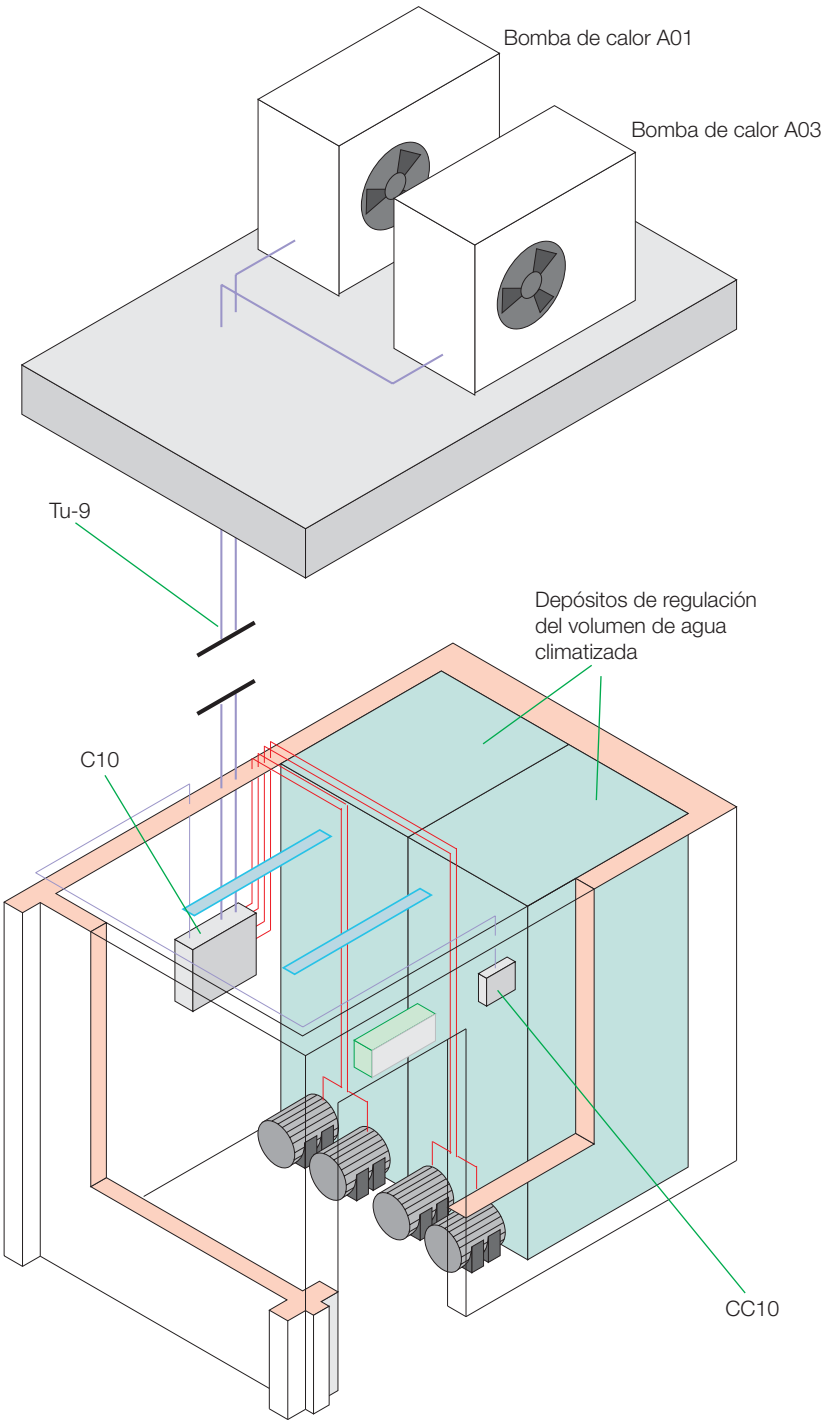


Fig. L6.4-422: *situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales para el acondicionamiento, 3.ª planta.*

Fase y neutro. Para atender las solicitudes de protección del interruptor automático general Q_{IT302} (de 97,5 A), colocamos una sección de S = 35 mm² de XLPE capaz de conducir en este tipo de instalación C4 106 A.
Las línea al cuadro secundario CIT-2-11 corresponden a una instalación del tipo A C04 según Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen:
□ De la caja IT-2-11 al cuadro secundario C-IT-2-11, para la alimentación del cuadro secundario.
Tu-10. Necesitamos un conducto para:
Seis conductores (3 hilos fase + neutro) de XLPC de 35 mm² + (2 hilos de maniobra para el alumbrado de reemplazamiento) de PVC de 1,5 mm² + T.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 50 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión de la línea de potencia de la caja IT-2-11 al cuadro secundario C-IT-2-11:

$$\Delta U_{L1} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{25 \text{ mm}^2} \cdot 1 \text{ A} = 0{,}0036 \text{ V.}$$

$$\Delta U_{L2} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{25 \text{ mm}^2} \cdot (9{,}2 \text{ A} + \text{THDI } 36\% - 2{,}23 \text{ A}) =$$

$$= 0{,}0484 \text{ V.}$$

$$\Delta U_{L3} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{25 \text{ mm}^2} \cdot (10 \text{ A} + \text{THDI } 36\% - 3{,}6 \text{ A}) =$$

$$= 0{,}0489 \text{ V.}$$

■ Del cuadro secundario C-IT-2-11 a la caja IT-2-11, para la alimentación de los elementos del sistema domótico.
Tu-11. Necesitamos un conducto para:
Dos conductores (2 hilos fase y neutro) de PVC de 1,5 mm².
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión de la línea de alarmas técnicas del cuadro C-IT-2-11 a la caja IT-2-11:

$$\Delta U_{L1} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 1 \text{ A} = 0{,}06 \text{ V.}$$

■ De la caja IT-2-11 al detector de humos D-08 (1) o al D-08 (2).
Tu-12. Necesitamos un conducto para:
Cinco conductores (2 hilos fase y neutro + dos hilos de señal del detector D-08 (1) y D-08 (2) + T) de PVC de 1,5 mm².
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 20 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión de la línea de alarmas técnicas de la caja IT-2-11 al detector de humos D-08 (1) o al D-08 (2):

$$\Delta U_{L1} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 0{,}2 \text{ A} = 0{,}012 \text{ V.}$$

■ De la caja IT-2-11 al detector presencia V-08 (1) o al V-08 (2).
Tu-13. Necesitamos un conducto para:
Cinco conductores (2 hilos fase y neutro + dos hilos de señal del detetor V-11 (1) y V-11 (2) + T) de PVC de 1,5 mm².

Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 12 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.

$$\Delta U_{L1} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 2{,}5 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 0{,}3 \text{ A} = 0{,}0225 \text{ V}.$$

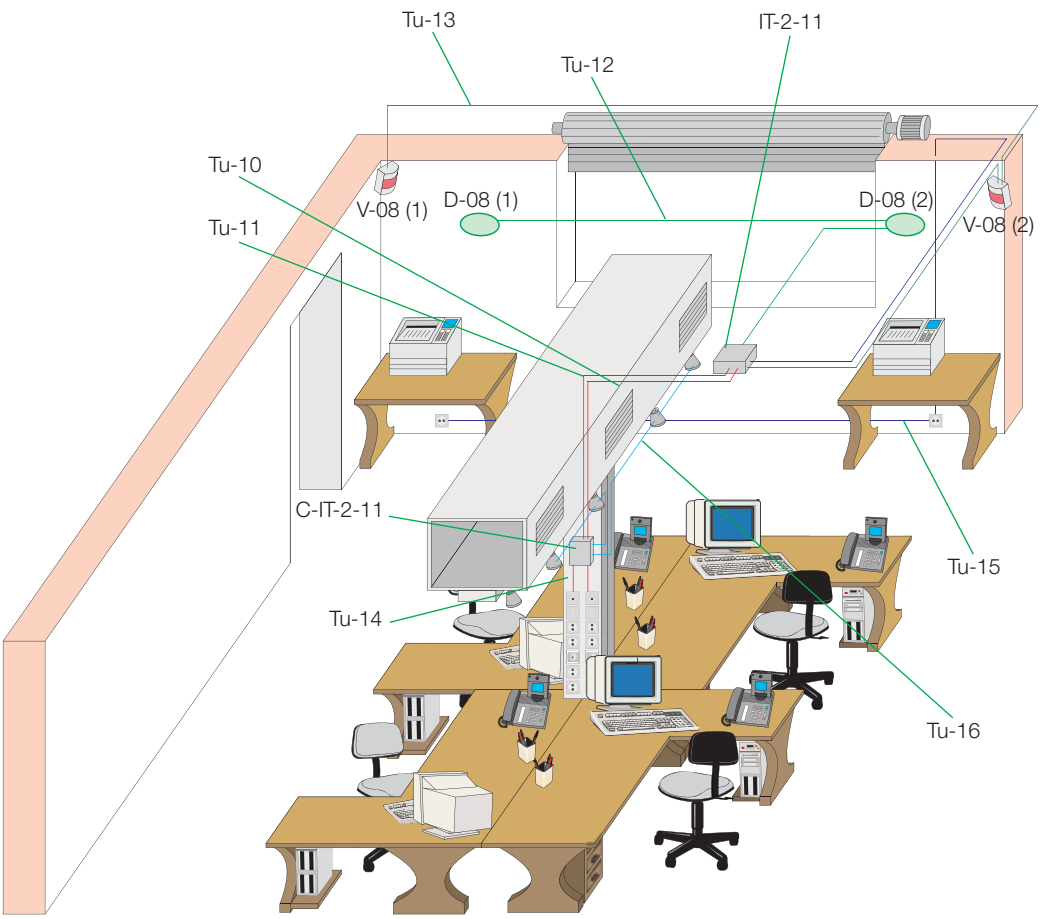


Fig. L6.4-423: *situación de las conducciones en el extremo de las líneas de los ramales de la red para cargas informáticas de la 2.ª y 3.ª plantas.*

■ De la caja IT-2-11 a la columna Prefadis para las tomas de corriente de las cargas informáticas.
Tu-14. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (2 hilos fase y neutro + T) de PVC de 2,5 mm².
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión del cuadro secundario C-IT-17 a la columna Prefadis:

$$\Delta U_{L2} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{2{,}5 \text{ mm}^2} \cdot (9{,}2 \text{ A} + \text{THDI } 93\% - 8{,}556 \text{ A}) =$$

$$= 0{,}639 \text{ V}.$$

■ Del cuadro C-IT-2-11 a las tomas de corriente de las impresoras.
Tu-15. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (2 hilos fase y neutro + T) de PVC de 2,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión de la caja IT-2-11 a las tomas de tensión de las impresoras:

$$\Delta U_{L3} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 4 \text{ m}}{2{,}5 \text{ mm}^2} \cdot (10 \text{ A} + \text{THDI } 93\% - 9{,}3 \text{ A}) =$$

$$= 1{,}389 \text{ V}.$$

■ Del cuadro C-IT-2-11 a los puntos luz de alumbrado de remplazamiento.
Tu-16. Necesitamos un conducto para:
Tres conductores (2 hilos fase y neutro + T) de PVC de 1,5 mm^2.
Según la Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen, extrapolando, le corresponde un tubo de 16 mm de diámetro exterior.
Las características de la calidad del tubo corresponden a la Tabla F7-115, página F/242 del 1.er Volumen.
La caída de tensión de la caja IT-2-11 a los puntos luz de alumbrado de remplazamiento:

$$\Delta U_{L2} = R \cdot I = \varphi \frac{L}{s} \cdot I = 0{,}0225 \ \frac{2 \cdot 1 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} \cdot 2 \text{ A} = 0{,}03 \text{ V}.$$

Comprobación de las caídas de tensión desde la derivación individual

Red régimen TT	**Cía. A**	**Cía. B**
Línea de enlace		
Derivación individual DI	0,989	0,604
Del CC al CGBT	2,286	2,286
Del CGBT al CDP 3.ª	0,789	0,789
Total	4,064 V	3,679 V
Línea de conectores caja CC11	3,583	
Distribución en comedor n.º 6	1,34	
Línea de enlace más desfavorable	4.064	
Total	8,987 V	3,74%
Línea de conectores caja CC10	2,967	
Confort en despacho n.º 8	0,117	
Línea de enlace más desfavorable	4,064	
Total	7,148 V	2,98%
Línea para agua sanitaria caliente caja CC11	2,964 V	
Derivación caja CC11	0,546 V	
Línea de enlace más desfavorable	4,064 V	
Total	7,574 V	3,16%
Línea de ventilación caja CC02-R03	0,192	
Línea de enlace más desfavorable	4,064 V	
Total	4,256 V	1,77%

Línea de alumbrado caja CC11	2,525	
Caso más desfavorable:		
alumbrado fluorescente	0,55	
Línea de enlace más desfavorable	4,064	
Total	7,139 V	2,97%

Línea de acondicionamiento CC10	0,786	
Hasta fancoil A06	0,513	
Línea de enlace más desfavorable	4,064	
Total	5,363 V	2,24%

Línea de acondicionamiento CC10	0,786	
Línea de acondicionamiento CC06	0,622	
Hasta la bomba de calor A01	1,55	
Línea de enlace más desfavorable	4,064	
Total	7,022 V	2,93%

Red régimen IT

Del CGBT al CDP 3.ª	1,58	
SAI	1,057	
Total	2,637 V	

Línea conectores caja IT-2-10	0,949	
Caída de tensión hasta columna Prefadis	0,748	
Línea de enlace más desfavorable	2,637	
Total	4,334 V	1,88%

Línea conectores caja IT-2-10	0,949	
Caída de tensión T. corriente impresoras	1,498	
Línea de enlace más desfavorable	2,637	
Total	5,084 V	2,21%

Las caídas de tensión máximas toleradas son del 4,5% para el alumbrado y 6,5% para el resto de circuitos. Los resultados nos permiten considerar que cumplimos las prescripciones reglamentarias.

Cálculo de las corrientes de cortocircuito

Calcularemos las corrientes de cortocircuito para poder definir las protecciones por el método de las impedancias.

Elementos que aportan energía en un cortocircuito

La red de MT a bornes de BT

Desde el punto de generación de la energía hasta el punto de utilización, existe una red capaz de suministrar una cantidad de energía en función de la impedancia de instalación. En el caso de un cortocircuito el efecto es la variación de la impedancia del circuito y por tanto la cantidad de energía a circular.
Esta energía la valoraremos como potencia de cortocircuito, y en nuestro caso a bornes de Baja Tensión BT.

La Cía. A que suministra desde el centro de transformación que dispone en los sótanos del local nos indica: que la red de media tensión MT, que alimenta el centro de transformación, deriva de una red de MT de Pcc = 500 MVA. Que el centro dispone de un transformador de 20 kV/400 V de Sn = 630 KVA.
Podemos considerar la impedancia de la red de MT, pero prácticamente es despreciable:

Impedancia red de MT: $Z_{MT} = \frac{U^2}{Scc} = \frac{(20.000\ V)^2}{(500 \cdot 10^6)\ VA} = 0{,}8\ \Omega$.

Valor de la impedancia Z_{MT} a bornes de BT:

$$Z_{BT} = Z_{MT} \cdot \left(\frac{U_{BT}}{U_{AT}}\right)^2 = 0{,}8\ \Omega \left(\frac{400\ V}{20.000\ V}\right)^2 = 0{,}00032\ \Omega.$$

■ La impedancia del transformador será:
La tensión de cortocircuito u_{cc}, regulada por normativas de transformadores de potencia, es del 4% para una potencia de 630 kVA (ver Tabla H1-3-019, página H1/89 del 2.º Volumen).

$$Z_T = u_{cc} \frac{U^2}{Sn} = \frac{4}{100} \cdot \frac{410\ V^2}{630.000\ VA} = 0{,}01067\ \Omega.$$

■ La impedencia en el punto A será la de la red de MT, referida a bornes de baja más la del transformador:
$Z_{PA} = Z_{BT} + Z_{MT} = 0{,}00032\ \Omega + 0{,}01067\ \Omega = 0{,}01099\ \Omega$.

■ La intensidad de cortocircuito en el punto A será:

$$I_{ccA} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{PA}} = \frac{410\ V}{1{,}73 \cdot 0{,}01099\ \ \Omega} = 21.564{,}533\ A.$$

Si hubiésemos tenido en consideración la impedancia de la posible aparamenta de MT, la corriente de cortocircuito hubiese coincidido con la de la Tabla H1-3-019, página H1/89 del 2.º Volumen, que nos da las intensidades de cortocircuito a bornes del transformador, conectados a redes de MT de 500 MVA. Para un transformador de 630 kVA son I_{cc} = 21.501 A, éste será el punto de partida (punto A).

La Cía. B nos indica que la potencia de cortocircuito a bornes de caja de acometida es de 20 kA, por tanto la consideramos igual a la Cía. A.

Otros elementos que aportan energía en el cortocircuito

Los condensadores

Una batería de condensadores, en paralelo, situada en la proximidad del punto de defecto, se descarga incrementando la intensidad de cortocircuito.
Esta descarga oscilante amortiguada se caracteriza por una primera cresta de alto valor, que se suma a la primera cresta de cortocircuito, si bien su frecuencia es muy superior a la de la red.
Pero según la coincidencia del instante inicial del defecto, con la onda de tensión pueden presentarse dos casos extremos:
■ Que el instante coincida con un cero de tensión. La corriente de descarga de la capacidad es nula, pues el condensador está sin carga y precisamente en este instante el cortocircuito es asimétrico y produce una primera cresta de amplitud máxima.
■ Que el instante coincida con un máximo de la tensión, la batería de condensadores genera una corriente de descarga que se superpone a la primera cresta de un cortocircuito simétrico, la de menor valor posible.
Es por ello poco probable que (salvo baterías muy potentes y cortocircuitos muy próximos a sus bornes) esta superposición provoque una primera cresta de valor mayor que la corriente de cresta de un defecto asimétrico.

En el caso de tener que trabajar con corrientes simétricas, sí que debemos considerar las corrientes de descarga.
Es obvio que en las baterías con escalones las potencias a aportar serán las de los escalones conectados en el instante del cortocircuito.
(Ver el apartado "Defecto alejado de los alternadores", página H1/68 del 2.º Volumen.)

Los motores asíncronos

Un motor asíncrono, separado bruscamente de la red, mantiene en sus bornes una tensión que se amortigua en pocas centésimas de segundo.
Las constantes de tiempo de amortiguación son del orden:
■ 2/100 s para motores de jaula simple de hasta 100 kW.
■ 3/100 s para motores de doble jaula de más de 100 kW.
Nos encontramos con el problema que plantean la gran cantidad de motores de pequeña potencia unitaria, que se hallan instalados en redes de BT. Es difícil prever el número medio de motores en servicio que aportarán energía en el momento de un defecto.
Resulta un trabajo arduo e inútil calcular las corrientes individuales de cada uno de los motores, teniendo en cuenta sus impedancias de conexión.
Para el dimensionado de la aparamenta es habitual considerar un valor global de aportación a la corriente total de cortocircuito de 3 veces la suma de las intensidades nominales de todos los motores de la red. Pero para las corrientes de fuga es aconsejable considerar el caso más desfavorable, que no esté conectado ningún motor, por tanto la corriente de cortocircuito será menor y los interruptores automático de repulsión serán más lentos (en principio).

Las fuentes que generan armónicos

Los armónicos tenderán a consumirse en el arco del defecto, pero sus frecuencias no permiten considerar que generen una energía que se acople a una aceleración de desconexión instantánea de los interruptores automáticos. Por tanto los tendremos en consideración en el dimensionado de los contactos de los interruptores pero no los tendremos en cuenta al considerar la velocidad de desconexión.

En el apartado 3.2.3. "Determinación de la sección en función de la corriente de cortocircuito", página H1/88 del 2.º Volumen, y en el apartado 5. "Instalación en régimen TN", página G/140 del 2.º Volumen, se exponen unas pautas generales para determinar las impedancias de los circuitos, pero para los casos de protección de personas en regímenes TN o IT es necesario concretar un poco más el cálculo de la impedancia.

La impedancia del circuito de BT

Impedancia de los conductores

■ Relación entre la resistencia y la impedancia en los conductores.
Las curvas de RL y XL de la Fig. L6.4-424 de la página siguiente nos muestran que la impedancia ZL admite dos asíntotas:
□ La recta R_L para las pequeñas secciones.
□ La recta X_L = 0,08 mΩ/m para las grandes secciones.
Para las secciones límite es posible considerar que la impedancia Z_L se confunde con sus asíntotas.
La impedancia del cable en cuestión es entonces asimilable, con un error inferior al 5,1% a:
□ Una resistencia para secciones inferiores a 74 mm^2 Cu o 120 mm^2 Al.
□ Una reactancia para secciones superiores a 660 mm^2 Cu o 1.000 mm^2 Al.

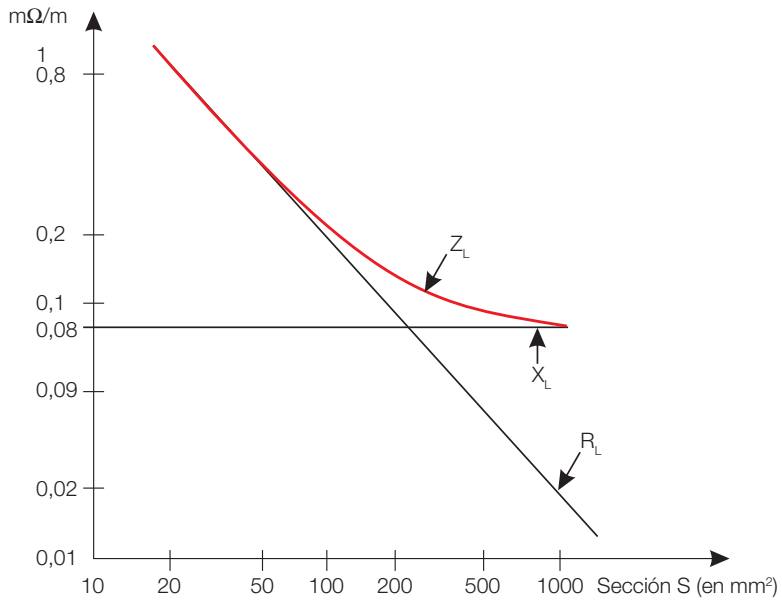


Fig. L6.4-424: *impedancia ZL de un cable trifásico a 20 °C, con conductores de cobre.*

■ Impedancia de ciertos elementos de la aparamenta:
Los interruptores automáticos, contactores con bobina de soplado, relés térmicos directos... presentan una impedancia que puede ser tenida en consideración. Esta impedancia sólo debe tenerse en cuenta para los aparatos situados inmediatamente aguas arriba del punto de defecto si son los únicos que abren (interruptores automáticos selectivos).
Para los interruptores automáticos de baja tensión y contactores con orden de apertura, podemos considerar un valor de 0,15 mΩ para su reactancia y desestimar su resistencia.

Reactancia de los cables en función de la instalación

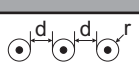
Tipo de instalación	Juego de barras	Cable trifásico	Cables unipolares separados	Cables unipolares apilados en pirámide	3 cables en línea juntos	3 cables en línea separados una "d" d = 2r	d = 4r
Figura							
Reactancia unitaria valores medios en mΩ/m	0,15	0,08	0,15	0,085	0,095	0,145	0,19
Reactancia unitaria límites de valores en mΩ/m	0,12 - 0,18	0,06 - 0,1	0,1 - 0,2	0,08 - 0,09	0,09 - 0,1	0,14 - 0,15	0,18 - 0,20

Tabla L6.4-425: *valores de las reactancias de los cables según el tipo de instalación.*

La impedancia del circuito del ejemplo

Red de régimen TT, desde la conexión a la red pública hasta la salida del CGBT

Impedancia del punto A al punto B:

■ 1. La del conductor de conexiones.
De los bornes del transformador alimentamos un embarrado con 4 conductores de 150 mm² por fase y 2 para el neutro con una longitud de 4 m.

La resistencia: $R_{600} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{4\ m}{600\ mm^2} = 0{,}00015\ \Omega$.

La reactancia: $X_{600} = 0{,}085\ m\Omega/m \cdot 4\ m = 0{,}000340\ \Omega$.

■ La del interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor automático de BT de la ET no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.
■ 2. La del embarrado del centro de transformación CT.
Densidad de corriente 2,5 A/mm^2.
Intensidad nominal a bornes del transformador 887 A:

$$S_E = \frac{In}{2{,}5\ A/mm^2} = \frac{887\ A}{2{,}5\ A/mm^2} = 354{,}8\ mm^2.$$

Pletina de 80 mm · 5 mm = 400 mm^2.
Longitud de embarrado que interviene L = 1 m.

Resistencia: $R_E = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{400\ mm^2} = 0{,}0000562\ \Omega$.

Reactancia: $X_E = 0{,}15\ m\Omega/m \cdot 1\ m = 0{,}00015\ \Omega$.

■ 3. La de la línea general de alimentación.
Alimenta con una línea de 2 · 120 mm^2 + 120 mm^2. de 18 m de longitud.
La resistencia de los fusibles la englobamos con las conexiones o la línea.

La resistencia: $R_{240} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{18\ m}{240\ mm^2} = 0{,}001688\ \Omega$.

La reactancia: $X_{240} = 0{,}09\ m\Omega/m \cdot 18\ m = 0{,}001620\ \Omega$.

■ La impedancia del punto A al B.
La impedandia depende de la resistenciai y la reactancia del circuito en el tramo A-B.
La resistencia:

$R_{A-B} = \Sigma(R_{600} + R_E + R_{240}) = 0{,}000150\ \Omega + 0{,}00056\ \Omega + 0{,}001688\ \Omega = 0{,}001894\ \Omega$.

La reactancia será:

$X_{A-B} = \Sigma(X_{600} + X_E + X_{240}) = 0{,}00034\ \Omega + 0{,}00015\ \Omega + 0{,}00162\ \Omega = 0{,}00211\ \Omega$.

La impedancia:

$Z_{A-B} = \sqrt{R_{A-B}^2 + X_{A-B}^2} = \sqrt{0{,}001894^2 + 0{,}00211^2} = 0{,}002835\ \Omega$.

Impedancia del punto B al punto C

■ 1. Conductor de conexiones ICPM. Canalización KSA630.
De los bornes del ICPM a la canalización prefabricada con 2 conductores de 120 mm^2 por fase y 1 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{240} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{240\ mm^2} = 0{,}000094\ \Omega$.

La reactancia: $X_{240} = 0{,}09\ m\Omega/m \cdot 1\ m = 0{,}00009\ \Omega$.

■ 2. La canalización prefabricada KSA de 630 A (ver Tabla F/184, página F/286 del 1.^{er} Volumen) de 33 m.

Resistencia 0,074 mΩ/m: $R_{ca} = 0{,}074\ m\Omega/m \cdot 33\ m = 0{,}002442\ \Omega$.

Reactancia 0,07 mΩ/m: $X_{ca} = 0{,}07\ m\Omega/m \cdot 33\ m = 0{,}00231\ \Omega$.

■ 3. Conductor de conexiones. Canalización KSA630 interruptor automático Q_{TT1}.

La resistencia: $R_{240} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{240\ mm^2} = 0{,}000094\ \Omega$.

La reactancia: $X_{240} = 0{,}09\ m\Omega/m \cdot 1\ m = 0{,}00009\ \Omega$.

■ La impedancia del punto B al C.
La impedandia depende de la resistencia y la reactancia del circuito en el tramo B-C:

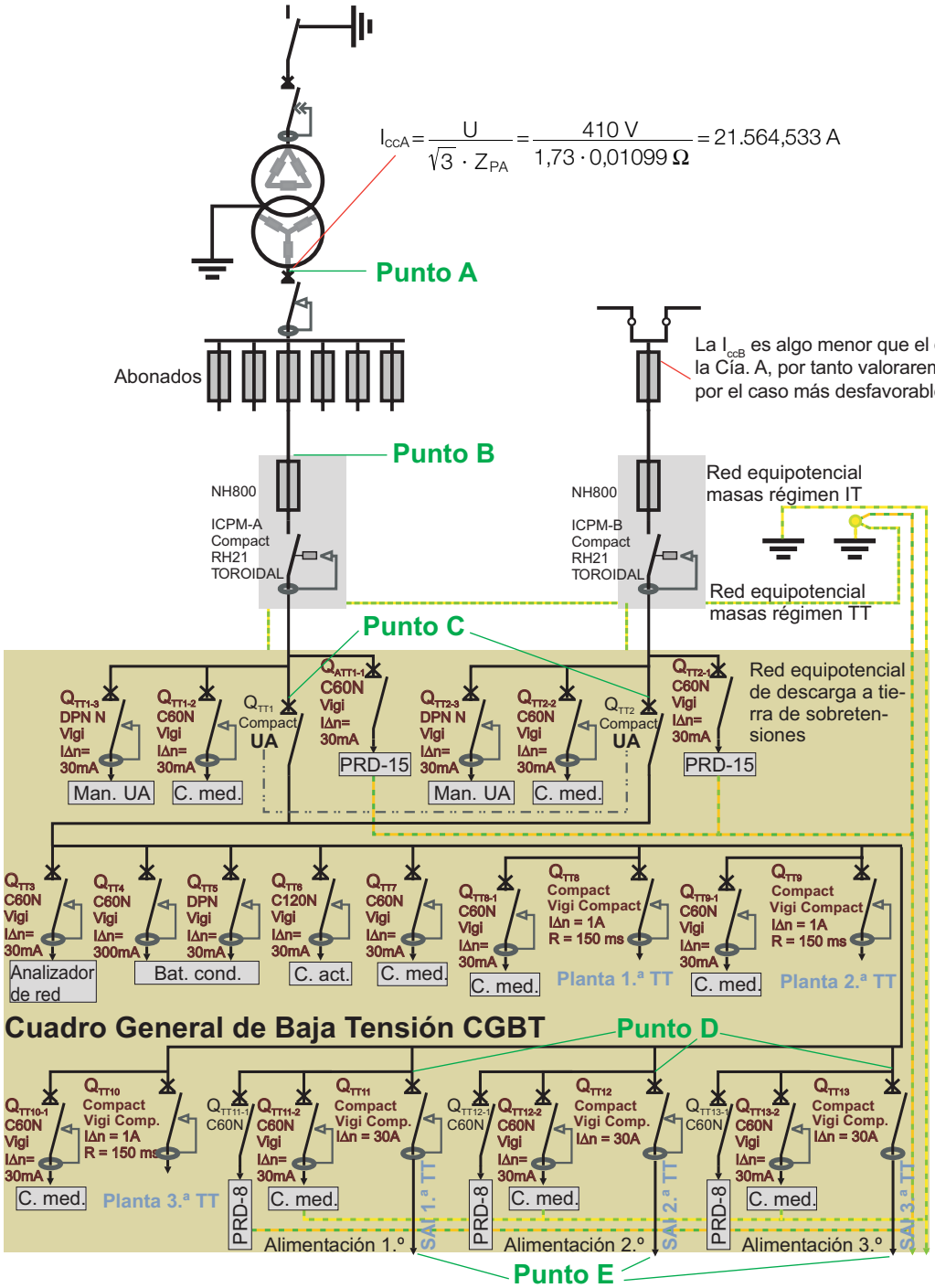


Fig. L6.4-426: *tramo de circuito del origen hasta las salidas del CGBT.*

$$R_{B-C} = \Sigma(R_{240} + R_{ca} + R_{240}) = 0{,}000094\ \Omega + 0{,}002442\ \Omega + 0{,}000094\ \Omega = 0{,}002630\ \Omega.$$

$$X_{B-C} = \Sigma(X_{240} + X_{ca} + X_{240}) = 0{,}00009\ \Omega + 0{,}00231\ \Omega + 0{,}00009\ \Omega = 0{,}00249\ \Omega.$$

$$Z_{B-C} = \sqrt{R_{B-C}^2 + X_{B-C}^2} = \sqrt{0{,}00263^2 + 0{,}00249^2} = 0{,}003621\ \Omega.$$

Impedancia del punto C al punto D

Tenemos que el suministro puede provenir de la Cía. A o de la Cía. B.
La Cía. A nos suministra de un CT del edificio.
Si partimos de los valores de la Tabla H1-3-019, página H1/89 del 2.º Volumen, que nos da las Intensidades de cortocircuito a bornes del transformador, conectados a redes de MT de 500 MVA. Para un transformador de 630 kVA le corresponde una Icc = 21.501 A, éste será el punto de partida (punto A).
La Cía. B nos ha dado una potencia de cortocircuito en el punto de conexión de 20 kA.
Por tanto podemos considerar las dos alimentaciones iguales y tendremos en consideración la impedancia de la derivación individual de la Cía. B.

■ 1. Conductor de conexiones del interruptor automático Q_{TT1} al embarrado.
Desde los bornes del interruptor automático Q_{TT1} al embarrado de distribución general con 2 conductores de 120 mm² por fase y 1 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{240} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{240\ mm^2} = 0{,}000094\ \Omega$.

$X_{240} = 0{,}09\ m\Omega/m \cdot 1\ m = 0{,}00009\ \Omega$.

■ 2. Embarrado para 630 A con pletina de cobre de 60 · 5 mm y una longitud entre conexiones 1,4 m.

Sección 1 · 60 · 5 mm = 300 mm².

La resistencia: $R_{E630} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1{,}4\ m}{300\ mm^2} = 0{,}000105\ \Omega$.

La reactancia: $X_{E630} = 0{,}15\ m\Omega/m \cdot 1{,}4\ m = 0{,}0000210\ \Omega$.

■ 3. Conductor de conexiones del embarrado al interruptor automático Q_{TT8} o al Q_{TT9} o al Q_{TT10} o al Q_{TT11} o al Q_{TT12} o al Q_{TT13} con conductores de 70 mm² y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{E-QTT16} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{70\ mm^2} = 0{,}0003214\ \Omega$.

La reactancia: $X_{E630} = 0{,}15\ m\Omega/m \cdot 1{,}4\ m = 0{,}000210\ \Omega$.

■ La impedancia del punto C al D.
La impedandia depende de la resistencia y la reactancia del circuito en el tramo C-D:

$R_{C-D} = \Sigma(R_{240} + R_{E630} + R_{E-QTT16}) = 0{,}000094\ \Omega + 0{,}000105\ \Omega + 0{,}000321\ \Omega =$
$= 0{,}00052\ \Omega$.

$X_{C-D} = \Sigma(X_{240} + X_{E630} + X_{E-QTT16}) = 0{,}00009\ \Omega + 0{,}00021\ \Omega + 0{,}00008\ \Omega =$
$= 0{,}00038\ \Omega$.

$Z_{CD} = \sqrt{R_{CD}^2 + X_{CD}^2} = \sqrt{0{,}52^2 + 0{,}38^2} = 0{,}000644\ \Omega$.

Impedancia del punto D al punto E'

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor automático de BT Q_{TT11} o Q_{TT12} o Q_{TT13} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.

■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_{TT11} o Q_{TT12} o Q_{TT13}, al seccionador $Q_{TT11\text{-}3}$ o $Q_{TT12\text{-}3}$ o $Q_{TT13\text{-}3}$ del SAI "on-line", con conductores de 70 mm² por fase y 50 mm² para el neutro y una longitud de 14 m.

La resistencia: $R_{70} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{14\ m}{70\ mm^2} = 0{,}0045\ \Omega$.

La reactancia: $X_{70} = 0{,}08\ m\Omega/m \cdot 14\ m = 0{,}00112\ \Omega$.

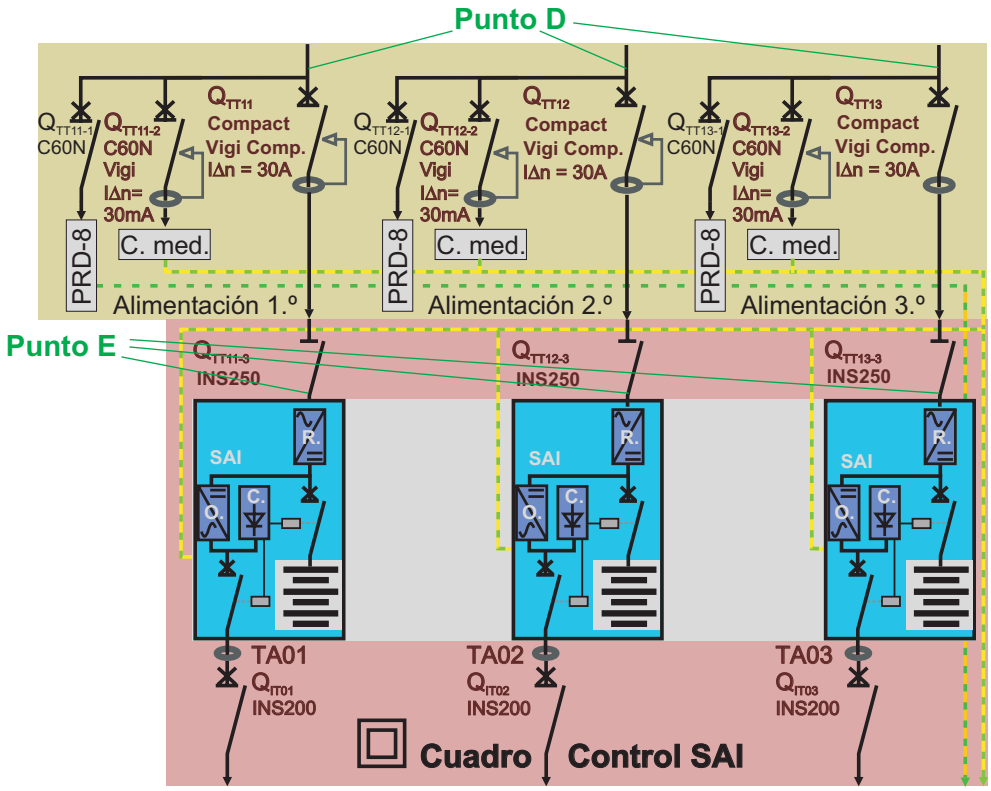


Fig. L6.4-427: *tramo de circuito del CGBT hasta los bornes de los SAI.*

■ Conductor de conexiones.

Del seccionador Q_{TT11-3} o Q_{TT12-3} o Q_{TT13-3} al SAI "on-line", con conductores de 70 mm² por fase y 50 mm² para el neutro y una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{70} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{3\text{ m}}{70\text{ mm}^2} = 0{,}009642\ \Omega$.

La reactancia: $X_{70} = 0{,}08\ \text{m}\Omega/\text{m} \cdot 3\text{ m} = 0{,}00024\ \Omega$.

■ La impedancia del punto D al E.

$R_E = \Sigma(R_{70} + R_{70}) = 0{,}0045\ \Omega + 0{,}0009642\ \Omega = 0{,}0054642\ \Omega$.

$X_E = \Sigma(X_{70} + X_{70}) = 0{,}00112\ \Omega + 0{,}00024\ \Omega = 0{,}00136\ \Omega$.

$Z_E = \sqrt{R_E^2 + X_E^2} = \sqrt{0{,}0054642^2 + 0{,}00136^2} = 0{,}0056213\ \Omega$.

A partir de este punto empieza el circuito en régimen IT. Por tanto es conveniente conocer la intensidad de cortocircuito en este punto.

Debemos constatar que la alimentación del circuito en régimen IT es una redundancia 3-2 y por tanto la intensidad de cortocircuito tambien lo será.

Impedancia del punto E al punto F

Es la impedancia correspondiente a la instalación de las tres SAIs y su conexión al embarrado de la red IT en el CGBT.

■ El SAI.

Las pérdidas del SAI son $P_{PSAI} = 120\text{ kVA} - 112{,}8\text{ kVA} = 7{,}2\text{ kVA}$.

La intensidad del SAI: $I_{SAI} = \frac{P_{SAI}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{120\text{ kVA}}{1{,}73 \cdot 400\text{ V}} = 173{,}41\text{ A}$.

La impedancia del SAI: $Z_{SAI} = \frac{P_{PSAI}}{3 \cdot I^2} = \frac{7.200\text{ VA}}{3.173{,}41^2} = 0{,}079811\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
De los bornes del SAI a los bornes del interruptor automático Q_{IT01} o Q_{IT02} o Q_{IT03}, con conductores de 70 mm² por fase y 50 mm² para el neutro y una longitud de 12 m.

La resistencia: $R_{70} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{12\ m}{70\ mm^2} = 0{,}003857\ \Omega$.

La reactancia: $X_{c70} = 0{,}08\ m\Omega/m \cdot 12\ m = 0{,}00096\ \Omega$.

La impedancia: $Z_{70} = \sqrt{R_{70}^2 + X_{70}^2} = \sqrt{0{,}003857^2 + 0{,}00096^2} = 0{,}003974\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor automático de BT Q_{IT01} o Q_{IT02} o Q_{IT03} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.
La impedancia del tramo E-F:

$Z_{E-F} = Z_{SAI} + Z_{70} = 0{,}079811\ \Omega + 0{,}003974\ \Omega = 0{,}083785\ \Omega$.

Al disponer de tres alimentaciones en paralelo en redundancia 2/3 la impedancia será:

$Z_{3E-F} = \frac{Z_{E-F}}{3} = \frac{0{,}083785\ \Omega}{3} = 0{,}0279283\ \Omega$.

□ Con tres SAIs: $Z_{3E-F} = \frac{Z_{E-F}}{3} = \frac{0{,}083785\ \Omega}{3} = 0{,}0279283\ \Omega$.

□ Con dos SAIs: $Z_{2E-F} = \frac{Z_{E-F}}{2} = \frac{0{,}083785\ \Omega}{2} = 0{,}0418925\ \Omega$.

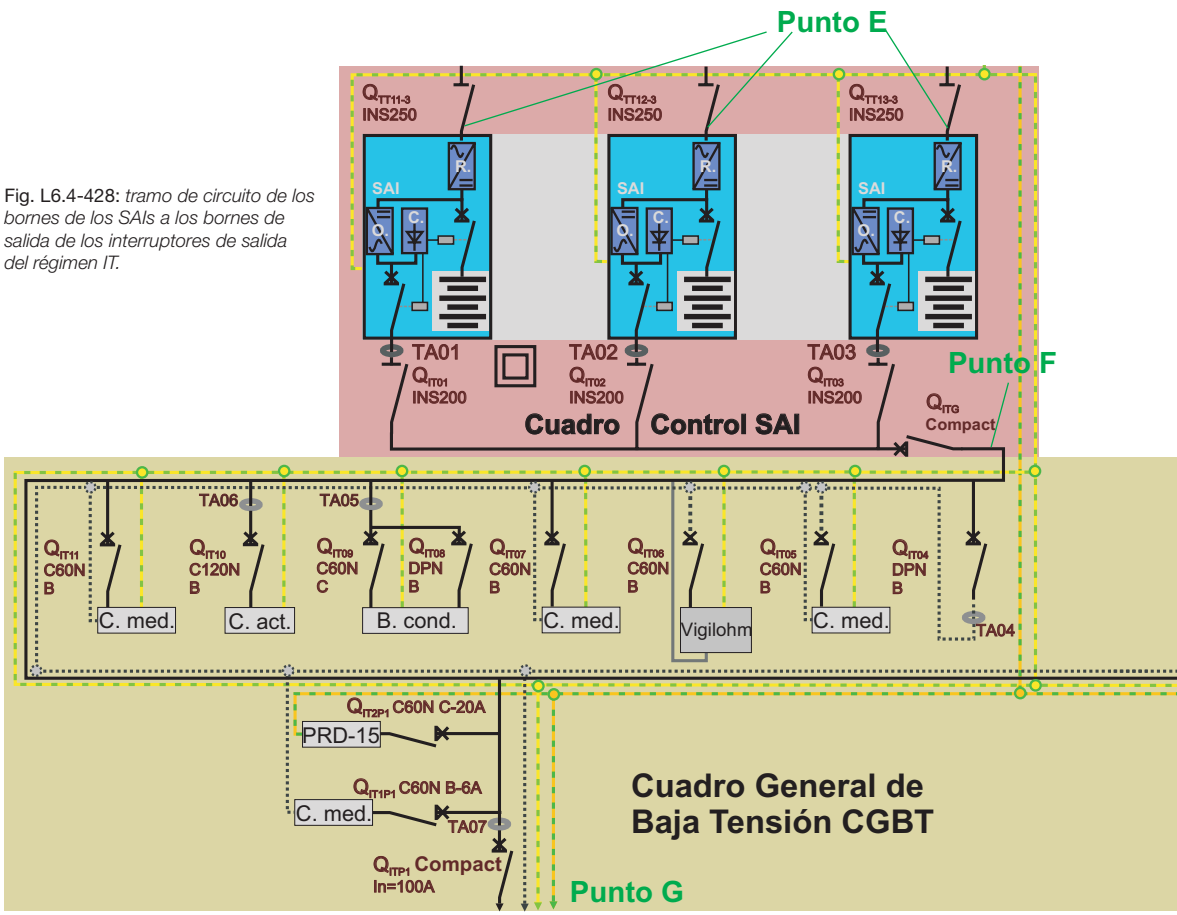


Fig. L6.4-428: *tramo de circuito de los bornes de los SAIs a los bornes de salida de los interruptores de salida del régimen IT.*

Impedancia del punto F al punto G

Es la impedancia correspondiente a la instalación del CGBT hasta la salida al cuadro de la 1.ª planta.

La reactancia a estas secciones la consideramos despreciable y por tanto el coeficiente K = (R/X) no lo consideramos. A partir de este punto no calcularemos las acumulaciones de la resistencia y la reactancia y su relación, sino que sólo calcularemos las impedancias basadas en la resistencia:

■ Tramo de embarrado de la alimentación hasta la derivación.

Embarrado con pletinas de 25 mm · 3 mm = 75 mm^2. Longitud 1 m.

La resistencia: $R_E = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \ \frac{1 \text{ m}}{75 \text{ mm}^2} = 0{,}003 \ \Omega$.

La reactancia: $X_E = 0{,}08 \text{ m}\Omega/\text{m} \cdot 1 \text{ m} = 0{,}00008 \ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del embarrado a los bornes del interruptor automático Q_{ITP1} con conductores de 35 mm^2 por fase y 35 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \ \frac{1 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} = 0{,}000643 \ \Omega$.

■ La impedancia del tramo F-G será:

$$Z_{FG} = \sqrt{(R_E + R_{35})^2 + X_{E^2}} = \sqrt{(0{,}0003 + 0{,}000943)^2 + 0{,}00008^2} = 0{,}000946 \ \Omega.$$

Impedancia del punto F al punto H

Es la impedancia correspondiente a la instalación del CGBT hasta la salida al cuadro de la 1.ª planta.

La reactancia a estas secciones la consideramos despreciable y por tanto el coeficiente K = (R/X) no lo consideramos. A partir de este punto no calcularemos las acumulaciones de la resistencia y la reactancia y su relación, sino que sólo calcularemos las impedancias basadas en las resistencias:

■ Tramo de embarrado de la alimentación hasta la derivación.

Embarrado con pletinas de 25 mm · 3 mm = 75 mm^2. Longitud 1,3 m.

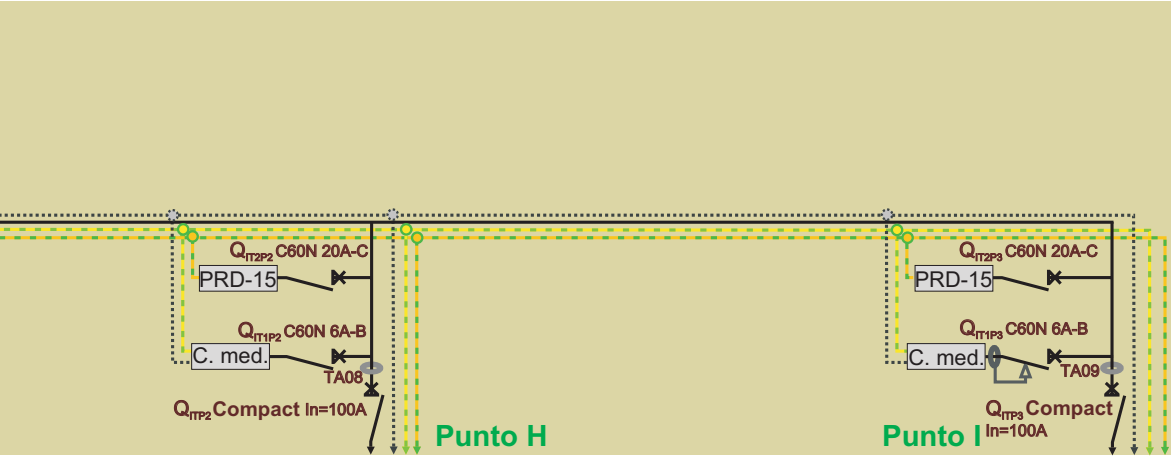
La resistencia: $R_E = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \ \frac{1{,}3 \text{ m}}{75 \text{ mm}^2} = 0{,}00039 \ \Omega$.

La reactancia: $X_E = 0{,}08 \text{ m}\Omega/\text{m} \cdot 1{,}3 \text{ m} = 0{,}000104 \ \Omega$.

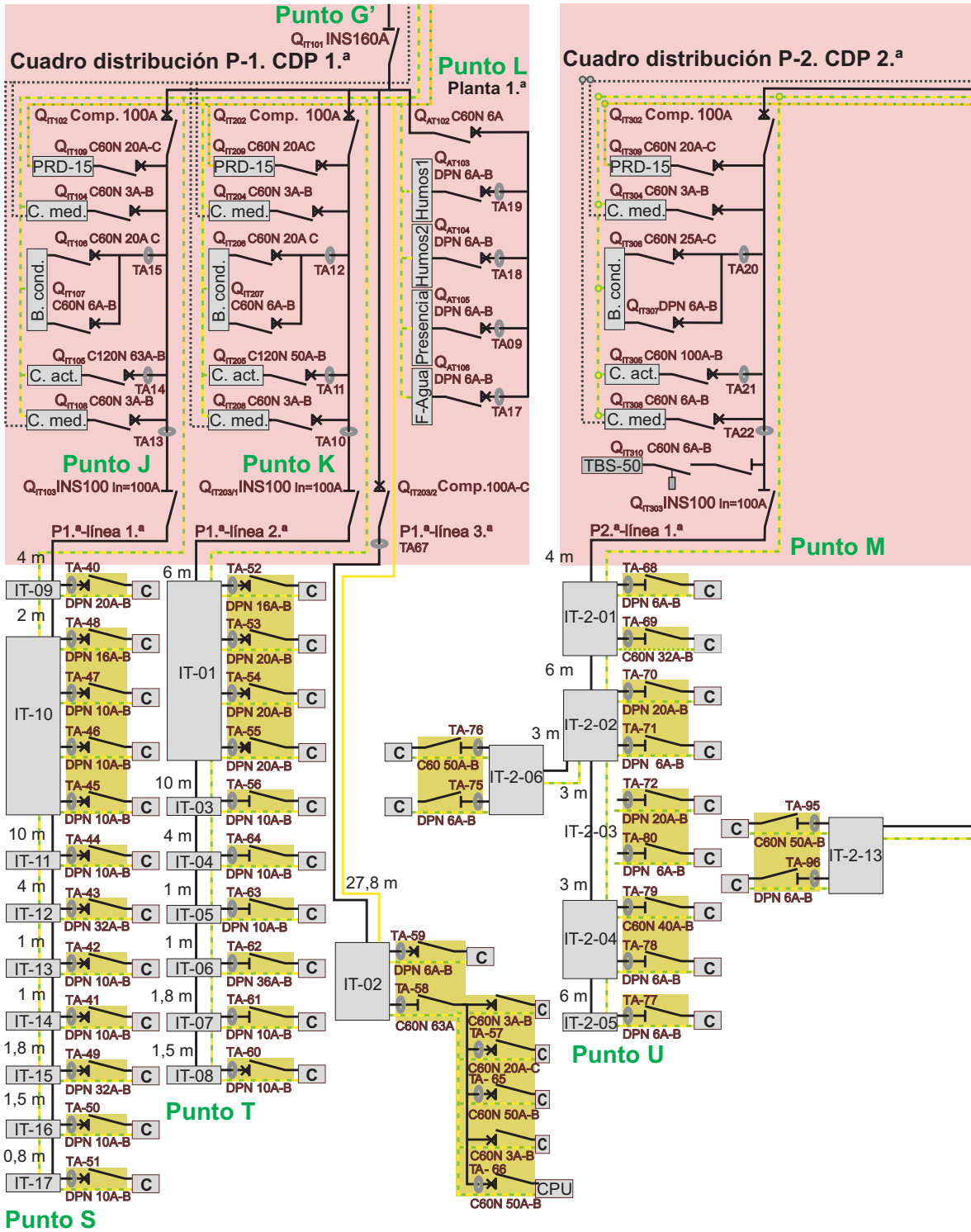
■ Conductor de conexiones.

Del embarrado a los bornes del interruptor automático Q_{ITP1} con conductores de 35 mm^2 por fase y 35 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \ \frac{1 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} = 0{,}000643 \ \Omega$.



La distribución en las plantas de la red de régimen IT



L
6.4

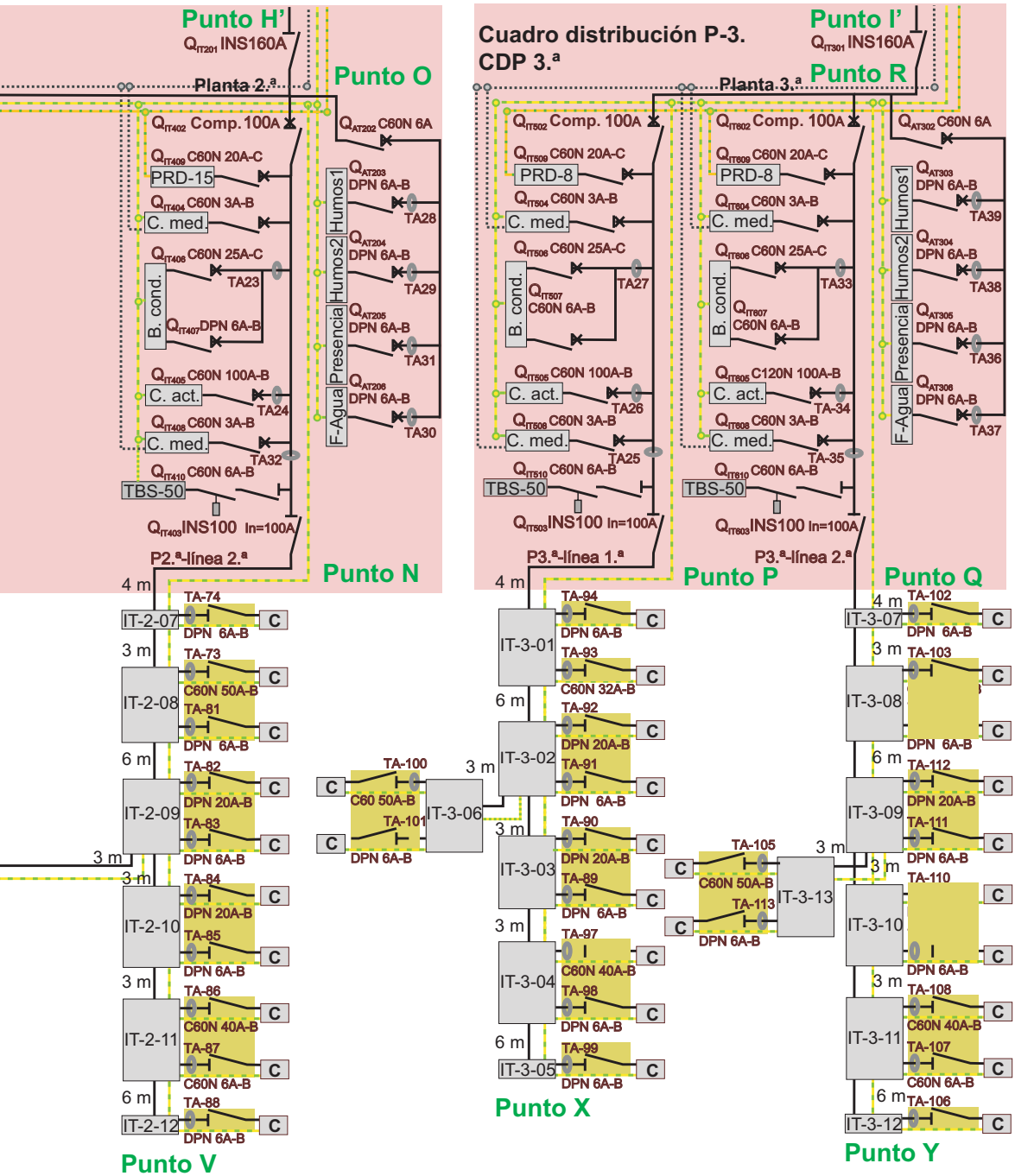


Fig. L6.4-429: *tramo de circuito de los bornes de entrada al cuadro de distribución de plantas CDP 1.ª, CDP 2.ª y CDP 3.ª a los bornes de salida de los interruptores seccionadores y de éstos al final de las líneas de cada ramal del régimen IT.*

■ La impedancia del tramo F-H será:

$$Z_{FH} = \sqrt{(R_E + R_{35})^2 + X_{E^2}} = \sqrt{(0{,}00039 + 0{,}000943)^2 + 0{,}00008^2} = 0{,}001038\ \Omega.$$

Impedancia del Punto F al Punto I

Es la impedancia correspondiente a la instalación del CGBT hasta la salida al cuadro de la 1.ª planta.

La reactancia a estas secciones la consideramos despreciable y por tanto el coeficiente K = (R/X) no lo consideramos. A partir de este punto no calcularemos las acumulaciones de la resistencia y la reactancia y su relación, sino que sólo calcularemos las impedancias:

■ Tramo de embarrado de la alimentación hasta la derivación.

Embarrado con pletinas de 25 mm · 3 mm = 75 mm^2. Longitud 1,6 m.

La resistencia: $R_E = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1{,}6\ m}{75\ mm^2} = 0{,}00048\ \Omega.$

La reactancia: X_E = 0,08 mΩ/m · 1,6 m = 0,000128 Ω.

■ Conductor de conexiones.

Del embarrado a los bornes del interruptor automático Q_{ITP1} con conductores de 35 mm^2 por fase y 35 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{35\ mm^2} = 0{,}000643\ \Omega.$

■ La impedancia del tramo F-I será:

$$Z_{FI} = \sqrt{(R_E + R_{35})^2 + X_{E^2}} = \sqrt{(0{,}00048 + 0{,}000943)^2 + 0{,}00008^2} = 0{,}00113\ \Omega.$$

A partir de estos puntos salen las derivaciones para los cuadros de distribución de las tres plantas.

Las impedancias desde el CGBT hasta la conexión de los cuadros de distribución de plantas será:

L
6.4

Impedancia de F hasta G'

Tramo de conducción con conductores de 16 mm^2, longitud de 1,8 m.

$$R_{16} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1{,}8\ m}{16\ mm^2} = 0{,}00253125\ \Omega.$$

$Z_{F-G'} = Z_{16} + Z_{FG}$ = 0,00253125 Ω + 0,000946 Ω = 0,0034772 Ω.

Impedancia de F hasta H'

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la salida del CGBT (punto H) hasta el punto H' del cuadro de la 2.ª planta:

■ Conducción de los bornes de salida del CGBT para la planta 2.ª, hasta los bornes de la canalización KN63. Con conductor de 35 mm^2 para las fases y el neutro, con 1 m de longitud.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{35\ mm^2} = 0{,}000643\ \Omega.$

La impedancia es igual a la resistencia: $Z_{35} = R_{35}$= 0,000643 Ω.

■ Canalización prefabricada KN63.

Las características de la canalización prefabricada son:

Tipo	KN63
Resistencia	1,9 mΩ/m
Reactancia	0,2 mΩ/m
Impedancia	2,25 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,73 mΩ/m
Longitud	7 m

La impedancia: Z_{CP} = 2,25 mΩ/m · 7 m = 0,01575 Ω.

■ Conducción de los bornes de la canalización KN63 hasta el interruptor seccionador Q_{IT201}. Con conductor de 35 mm² para las fases y el neutro, con 1,5 m de longitud.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1{,}5\ m}{35\ mm^2} = 0{,}000964\ \Omega$.

La impedancia es igual a la resistencia: $Z_{35} = R_{35} = 0{,}000964\ \Omega$.

■ Impedancia del punto H al punto H':

$Z_{H-H'} = Z_{35} + Z_{CP} + Z_{35} = 0{,}000643\ \Omega + 0{,}01575\ \Omega + 0{,}000964\ \Omega = 0{,}017357\ \Omega$.

■ Impedancia desde el punto F:

$Z_{F-H'} = Z_{H-H'} + Z_{FH} = 0{,}017357\ \Omega + 0{,}000946\ \Omega = 0{,}018303\ \Omega$.

Impedancia de F hasta I'

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la salida del CGBT (punto I) hasta el punto I' del cuadro de la 3.ª planta:

■ Conducción de los bornes de salida del CGBT para la planta 3.ª, hasta los bornes de la canalización KN63. Con conductor de 35 mm² para las fases y el neutro, con 1 m de longitud.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{35\ mm^2} = 0{,}000643\ \Omega$.

La impedancia es igual a la resistencia: $Z_{35} = R_{35} = 0{,}000643\ \Omega$.

■ Canalización prefabricada KN63.

Las características de la canalización prefabricada son:

Tipo	KN63
Resistencia	1,9 mΩ/m
Reactancia	0,2 mΩ/m
Impedancia	2,25 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,73 mΩ/m
Longitud	12,5 m

La impedancia: $Z_{CP} = 2{,}25\ m\Omega/m \cdot 12{,}5\ m = 0{,}028125\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la canalización KN63 hasta el interruptor seccionador Q_{IT301}. Con conductor de 35 mm² para las fases y el neutro, con 25 m de longitud.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{35\ mm^2} = 0{,}000964\ \Omega$.

La impedancia es igual a la resistencia: $Z_{35} = R_{35} = 0{,}000964\ \Omega$.

■ Impedancia del punto I al punto I':

$Z_{I-I'} = Z_{35} + Z_{CP} + Z_{35} = 0{,}000643\ \Omega + 0{,}028125\ \Omega + 0{,}000964\ \Omega = 0{,}029732\ \Omega$.

■ Impedancia desde el punto F hasta I':

$Z_{F-I'} = Z_{I-I'} + Z_{F-I} = 0{,}029732\ \Omega + 0{,}000946\ \Omega = 0{,}30678\ \Omega$.

La distribución en las plantas

Primera planta

Impedancia del punto G' al punto J

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto J (salida del ramal 1.º) del cuadro de la 1.ª planta:

■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT cuadro CDP 1.ª.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT101}, no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT101}, al interruptor automático Q_{IT102}, ramal 1.º. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor automático Q_{IT102} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{IT102} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{IT103}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor seccionador.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT103} no debe desconectar por un cortocircuito aguas abajo. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ La resistencia del tramo del punto G' al punto J será:

$R_{G-J} = R_{25} + R_{25} + R_{25} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega = 0{,}0027\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{G-J} = R_{G-J} = 0{,}0027\ \Omega$.

■ La impedancia desde el punto F al J será:

$Z_{F-J} = Z_{F-G'} + Z_{G'-J} = 0{,}0034772\ \Omega + 0{,}0027\ \Omega = 0{,}0061772\ \Omega$.

Impedancia del punto G' al punto K

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la salida del CGBT hasta el punto K (salida del ramal 2.º) del cuadro de la 1.ª planta:

■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT cuadro CDP 1.ª.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT101} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT101} al interruptor automático del Q_{IT202}, ramal 2.º. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT202}, debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT202} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático Q_{IT203}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor seccionador.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor automático Q_{IT203} no debe desconectar por un cortocircuito aguas arriba. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ La resistencia del tramo del punto G' al punto K será:

$R_{G-K} = R_{25} + R_{25} + R_{25} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega = 0{,}0027\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{G-K} = R_{G-K} = 0{,}0027\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto 0 será:

$Z_{F-K} = Z_{F-G'} + Z_{G'-K} = 0{,}0034772\ \Omega + 0{,}0027\ \Omega = 0{,}0061772\ \Omega$.

Impedancia del punto G' al punto L

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la salida del CGBT, hasta el punto L (salida del ramal para "alarmas técnicas") del cuadro de la 1.ª planta:

■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT cuadro CDP 1.ª.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT101} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT101} al interruptor automático Q_{AT102}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{AT102} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,6 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}015\ \Omega$.

A partir de este punto se ramifican las salidas para las líneas de las diversas alarmas técnicas, hasta las cabeceras de los interruptores automáticos Q_{AT103}, Q_{AT104}, Q_{AT105} y Q_{AT106}.

■ Conductor de conexiones de los bornes múltiples a las cabeceras de los interruptores automáticos, bipolares. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 0{,}8\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}03525\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto G' al punto L será:

$R_{G-L} = R_{25} + R_{1,5} + R_{1,5} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}015\ \Omega + 0{,}03525\ \Omega = 0{,}05115\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{G-L} = R_{G-L} = 0{,}05115\ \Omega$.

■ La impedancia desde el punto J será:

$Z_{J-L} = Z_{J-G'} + Z_{G'-L} = 0{,}0034772\ \Omega + 0{,}05115\ \Omega = 0{,}0546272\ \Omega$.

Impedancia del punto J al punto S

Se trata de la impedancia de la línea de distribución 1.ª, desde el origen de la línea, el interruptor seccionasor Q_{IT103}, hasta la caja de bornes más alejada IT-17 y de ésta al cuadro C-IT-17.

La línea es trifásica con neutro de 26,1 m y una sección de 35 mm² para las fases y de 25 mm² para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor seccionador Q_{IT103}, hasta los bornes de la caja de derivaciones IT-17.

La resistrencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{26{,}1\ m}{35\ mm^2} = 0{,}016779\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja IT-17 hasta los bornes del interruptor automático, bipolar del cuadro C-IT-17. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{25\ mm^2} = 0{,}022179\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto J al punto S:
$R_{J-S} = R_{35} + R_{25} = 0{,}016779\ \Omega + 0{,}022179\ \Omega = 0{,}022179\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{J-S} = R_{J-S} = 0{,}022179\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto F será:
$Z_{F-S} = Z_{F-J} + Z_{J-S} = 0{,}0061772\ \Omega + 0{,}022179\ \Omega = 0{,}0283562\ \Omega$.

Impedancia del punto K al punto T

Se trata de la impedancia de la línea de distribución 2.ª, desde el origen de la línea, el interruptor seccionador Q_{IT203} hasta la caja de bornes más alejada IT-08 y de ésta al cuadro C-IT-08.
La línea es trifásica con neutro de 29,3 m y una sección de 35 mm² para las fases y de 35 mm² para el neutro:
■ Conducción de los bornes del interruptor seccionador Q_{IT203}, hasta los bornes de la caja de derivaciones IT-08.

La resistrencia: $R_{35} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{29{,}3\ m}{35\ mm^2} = 0{,}018836\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja IT-08, hasta los bornes del interruptor automático, bipolar del cuadro C-IT-08. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{25\ mm^2} = 0{,}022179\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto K al punto T:
$R_{K-T} = R_{35} + R_{25} = 0{,}018836\ \Omega + 0{,}022179\ \Omega = 0{,}041015\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{KT} = R_{KT} = 0{,}041015\ \Omega$.
■ La impedancia desde el punto F será:
$Z_{F-T} = Z_{F-K} + Z_{K-T} = 0{,}0061772\ \Omega + 0{,}041015\ \Omega = 0{,}0471922\ \Omega$.

Segunda planta

Impedancia del punto H' al punto M

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto M (salida del ramal 1.º) del cuadro de la 2.ª planta:
■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT, cuadro CDP 2.ª.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT303} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor seccionador Q_{IT303} al interruptor automático Q_{IT302} ramal 1.º. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones el interruptor automático Q_{IT302} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red, pero su aportación es despreciable. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_{IT302} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{IT303}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor seccionador.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT103} no debe desconectar por un cortocircuito aguas abajo. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ La resistencia del tramo del punto H' al punto M será:
$R_{H-M} = R_{25} + R_{25} + R_{25} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega = 0{,}0027\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:
$Z_{H-M} = R_{H-M} = 0{,}0027\ \Omega$.
■ La impedancia desde el punto F será:
$Z_{F-M} = Z_{F-H'} + Z_{H'-M} = 0{,}018303\ \Omega + 0{,}0027\ \Omega = 0{,}021003\ \Omega$.

Impedancia del punto H' al punto N
Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto N (salida del ramal 2.º) del cuadro de la 2.ª planta:
■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT cuadro CDP 2.ª.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT201} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor seccionador Q_{IT201} al interruptor automático Q_{IT402} ramal 2.º. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones el interruptor automático Q_{IT402} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red, pero su aportación es despreciable. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_{IT402} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{IT403}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor seccionador.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT403} no debe desconectar por un cortocircuito. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ La resistencia del tramo del punto H' al punto N será:
$R_{H-N} = R_{25} + R_{25} + R_{25} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega = 0{,}0027\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:
$Z_{H-N} = R_{H-N} = 0{,}00027\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto F hasta el N será:
$Z_{F-N} = Z_{F-H'} + Z_{H-N} = 0{,}018303\ \Omega + 0{,}0027\ \Omega = 0{,}021003\ \Omega$.

Impedancia del punto H' al punto O

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto O (salida del ramal "alarmas técnicas") del cuadro de la 2.ª planta:

■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT, cuadro CDP 2.ª.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT201} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT201} al interruptor automático Q_{AT202}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor automático Q_{AT202}.

Para el cálculo de las protecciones el interruptor automático Q_{AT202} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red, pero su aportación es despreciable. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{AT202}, a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,6 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}015\ \Omega$.

A partir de este punto se ramifican las salidas para las líneas de las diversas alarmas técnicas, hasta las cabeceras de los interruptores automáticos Q_{AT203}, Q_{AT204}, Q_{AT205} y Q_{AT206}.

■ Conductor de conexiones de los bornes múltiples a las cabeceras de los interruptores automáticos, bipolares. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 0{,}8\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}03525\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto H' al punto O será:

$R_{H-O} = R_{25} + R_{1,5} + R_{1,5} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}015\ \Omega + 0{,}03525\ \Omega = 0{,}05115\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{H-O} = R_{H-O} = 0{,}05115\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto O será:

$Z_{F-O} = Z_{F-H'} + Z_{H'-O} = 0{,}018303\ \Omega + 0{,}05115\ \Omega = 0{,}069453\ \Omega$.

Impedancia del punto M al punto U

Se trata de la impedancia de la línea de distribución 1.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor seccionador Q_{IT303}, hasta la caja de bornes más alejada IT-2-05 y de ésta al cuadro C-IT-2-05.

La línea es trifásica con neutro de 22 m y una sección de 35 mm² para las fases y de 25 mm² para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor seccionador Q_{IT303} hasta los bornes de la caja de derivaciones IT-2-05.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{22\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0141428\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja IT-2-05, hasta los bornes del interruptor automático, bipolar del cuadro C-IT-2-05. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0054\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto M al punto U:

$R_{N-V} = R_{35} + R_{25} = 0{,}0141428\ \Omega + 0{,}0054\ \Omega = 0{,}0195428\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{N-V} = R_{N-V} = 0{,}0195482\ \Omega$.
■ La impedancia desde el punto F hasta el punto U será:
$Z_{F-U} = Z_{F-N} + Z_{N-U} = 0{,}021003\ \Omega + 0{,}0195428\ \Omega = 0{,}0405458\ \Omega$.

Impedancia del punto N al punto V

Se trata de la impedancia de la línea de distribución 2.ª, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{IT403}, hasta la caja de bornes más alejada IT-2-12 y de ésta al cuadro C-IT-2-12.
La línea es trifásica con neutro de 35 mm² para las fases y de 25 mm² para el neutro:
■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{IT403} hasta los bornes de la caja de derivaciones C-IT-2-12.

La resistrencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{25\ m}{35\ mm^2} = 0{,}0160714\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja IT-2-12 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C-IT-2-12. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0054\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto N al punto V:
$R_{NV} = R_{25} + R_{25} = 0{,}0160714\ \Omega + 0{,}0054\ \Omega = 0{,}0214714\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{N-V} = R_{N-V} = 0{,}0214714\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto F hasta el punto V será:
$Z_{F-V} = Z_{F-N} + Z_{N-U} = 0{,}021003\ \Omega + 0{,}0214714\ \Omega = 0{,}0424744\ \Omega$.

Tercera planta

Impedancia del punto I' al punto P

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto P (salida del ramal 1.º) del cuadro de la 3.ª planta:
■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT, cuadro CDP 3.ª.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT301} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor seccionador Q_{IT301} al interruptor automático del Q_{IT502}, ramal 1.º. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones el interruptor automático Q_{IT502} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red, pero su aportación es despreciable. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_{IT502} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{IT503}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor seccionador.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT503} no debe desconectar por un cortocircuito aguas abajo. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ La resistencia del tramo del punto I' al punto P será:

$R_{I-P} = R_{25} + R_{25} + R_{25} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega = 0{,}0027\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{I-P} = R_{I-P} = 0{,}0027\ \Omega$.

■ La impedancia desde el punto F hasta el punto P será:

$Z_{J-P} = Z_{F-I'} + Z_{I'-P} = 0{,}030678\ \Omega + 0{,}0027\ \Omega = 0{,}033378\ \Omega$.

Impedancia del punto I' al punto Q

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 3.ª hasta el punto Q (salida del ramal 2.º) del cuadro de la 3.ª planta:

■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT, cuadro CDP 3.ª.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT301} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT301} al interruptor del Q_{IT602} ramal 2.º. Con conductores de 25 mm^2 por fase y 25 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones el interruptor automático Q_{IT602} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red, pero su aportación es despreciable. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{IT602} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm^2 por fase y 25 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{IT603}. Con conductores de 25 mm^2 por fase y 25 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor seccionador.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT603} no debe desconectar por un cortocircuito aguas abajo. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ La resistencia del tramo del punto I al punto Q será:

$R_{I-Q} = R_{25} + R_{25} + R_{25} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega = 0{,}0027\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{I-Q} = R_{I-Q} = 0{,}0027\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto O será:

$Z_{F-Q} = Z_{F-I'} + Z_{I'-Q} = 0{,}030678\ \Omega + 0{,}0027\ \Omega = 0{,}033378\ \Omega$.

Impedancia del punto I' al punto R

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 3.ª hasta el punto R (salida del ramal "alarmas técnicas") del cuadro de la 3.ª planta:

■ El interruptor seccionador, alimentación régimen IT, cuadro CDP 3.ª.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen IT el interruptor seccionador Q_{IT301} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor seccionador Q_{IT301} al interruptor automático Q_{AT302}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

■ El interruptor automático Q_{AT302}.
Para el cálculo de las protecciones el interruptor automático Q_{AT302} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red, pero su aportación es despreciable. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_{AT302} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,6 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0009\ \Omega$.

A partir de este punto se ramifican las salidas para las líneas de las diversas alarmas técnicas, hasta las cabeceras de los interruptores automáticos Q_{AT303}, Q_{AT304}, Q_{AT305} y Q_{AT306}.
■ Conductor de conexiones de los bornes múltiples a las cabeceras de los interruptores automáticos, bipolares. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 0{,}8\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}03525\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto I al punto R será:
$R_{I-R} = R_{25} + R_{1,5} + R_{1,5} = 0{,}0009\ \Omega + 0{,}0009\ \Omega + 0{,}03525\ \Omega = 0{,}03705\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:
$Z_{I-R} = R_{I-R} = 0{,}03705\ \Omega$.
■ La impedancia desde el punto F hasta el punto R será:
$Z_{F-R} = Z_{F-I'} + Z_{I'-R} = 0{,}030678\ \Omega + 0{,}03705\ \Omega = 0{,}067728\ \Omega$.

Impedancia del punto P al punto X
Se trata de la impedancia de la línea de distribución 1.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{IT503}, hasta la caja de bornes más alejada IT-3-05 y de ésta al cuadro C-IT-3-05.
La línea es trifásica con neutro de 22 m y una sección de 25 mm² para las fases y de 25 mm² para el neutro:
■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{IT503} hasta los bornes de la caja de derivaciones IT-2-05.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{22\ m}{35\ mm^2} = 0{,}0141428\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja IT-2-05 hasta los bornes del interruptor automático, bipolar del cuadro C-IT-2-05. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{25\ mm^2} = 0{,}022179\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto P al punto X:
$R_{P-X} = R_{35} + R_{25} = 0{,}0141428\ \Omega + 0{,}0054\ \Omega = 0{,}0195428\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{P-X} = R_{P-X} = 0{,}0195428\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto F será:
$Z_{F-X} = Z_{J-P} + Z_{P-X} = 0{,}033378\ \Omega + 0{,}0195428\ \Omega = 0{,}0529208\ \Omega$.

Impedancia del punto Q al punto Y

Se trata de la impedancia de la línea de distribución 2.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{IT603}, hasta la caja de bornes más alejada IT-3-12 y de ésta al cuadro C-IT-3-12.

La línea es trifásica con neutro de 25 m y una sección de 25 mm^2 para las fases y de 25 mm^2 para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{IT603} hasta los bornes de la caja de derivaciones C-IT-2-12.

La resistencia: $R_{35} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{25\ m}{35\ mm^2} = 0{,}0160714\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja IT-2-12 hasta los bornes del interruptor automático, bipolar del cuadro C-IT-2-12. Conductor de 25 mm^2 con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0054\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto Q al punto Y.

$R_{Q-Y} = R_{35} + R_{25} = 0{,}0160714\ \Omega + 0{,}0054\ \Omega = 0{,}0214714\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable: $Z_{Q-Y} = R_{Q-Y} = 0{,}0214714\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto J hasta el punto Y será:

$Z_{F-Y} = Z_{F-Q} + Z_{Q-Y} = 0{,}033378\ \Omega + 0{,}0214714\ \Omega = 0{,}0548494\ \Omega$.

Impedancias red de régimen TT, desde el CGBT hasta las cargas

Impedancia del punto C al punto D

Tenemos que el suministro puede provenir de la Cía. A o de la Cía. B.

La Cía. A nos suministra de un CT del edificio.

Si partimos de los valores de la Tabla H1-3-019, página H1/89 del 2.º Volumen, que nos da las intensidades de cortocircuito a bornes del transformador, conectados a redes de MT de 500 MVA. Para un transformador de 630 kVA con I_{cc} = 21.501 A, éste será el punto de partida (punto A).

La Cía. B nos ha dado una potencia de cortocircuito en el punto de conexión de 20 kA.

Por tanto podemos considerar las dos alimentaciones iguales y tendremos en consideración la impedancia de la derivación individual de la Cía. B:

■ 1. Conductor de conexiones del interruptor automático Q_{TT1} al embarrado.

Desde los bornes del interruptor automático Q_{TT1} al embarrado de distribución general con 2 conductores de 120 mm^2 por fase y 1 para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{240} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{240\ mm^2} = 0{,}000094\ \Omega$.

$X_{240} = 0{,}09\ m\Omega/m \cdot 1\ m = 0{,}00009\ \Omega$.

■ 2. Embarrado para 630 A con pletina de cobre de 60 · 5 mm y una longitud entre conexiones 1,4 m.

Sección 1 · 60 · 5 mm = 300 mm^2.

La resistencia: $R_{E630} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1{,}4\ m}{300\ mm^2} = 0{,}000105\ \Omega$.

La reactancia: $X_{E630} = 0{,}15\ m\Omega/m \cdot 1{,}4\ m = 0{,}000210\ \Omega$.

■ 3. Conductor de conexiones del embarrado al interruptor automático Q_{TT8} o al Q_{TT9} o al Q_{TT10} o al Q_{TT11} o al Q_{TT12} o al Q_{TT13}, con conductores de 70 mm^2 y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{E-QTT16} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{70\ mm^2} = 0{,}0003214\ \Omega$.

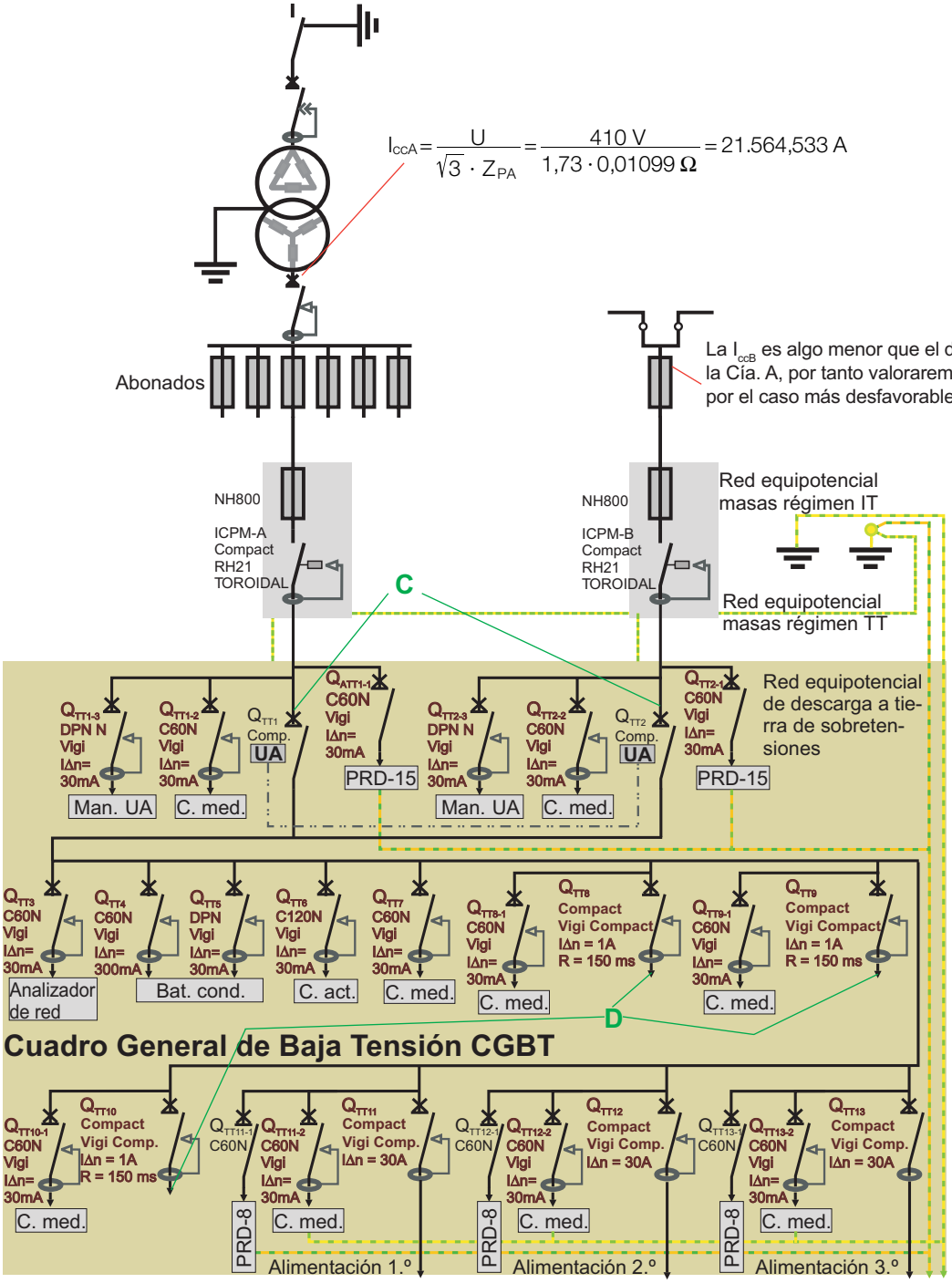


Fig. L6.4-430: *tramo de circuito del origen hasta las salidas del CGBT.*

La reactancia: $X_{E630} = 0{,}15\ m\Omega/m \cdot 1{,}4\ m = 0{,}000210\ \Omega$.

■ La impedancia del punto C al D.

La impedandia depende la la resistencia y la reactancia del circuito en el tramo C-D.

$R_D = \Sigma(R_{240} + R_{E630} + R_{E-QTT16}) = 0{,}000094\ \Omega + 0{,}000105\ \Omega + 0{,}000321\ \Omega =$

$= 0{,}00052\ \Omega$.

$X_D = \Sigma(X_{240} + X_{E630} + X_{E-QTT16}) = 0{,}00009\ \Omega + 0{,}00021\ \Omega + 0{,}00008\ \Omega = 0{,}00038\ \Omega$.

$Z_D = \sqrt{R_D^2 + X_D^2} = \sqrt{0{,}52^2 + 0{,}38^2} = 0{,}000644\ \Omega$.

Impedancia desde el punto D a los puntos E1-E2-E3

Al cuadro de la primera planta

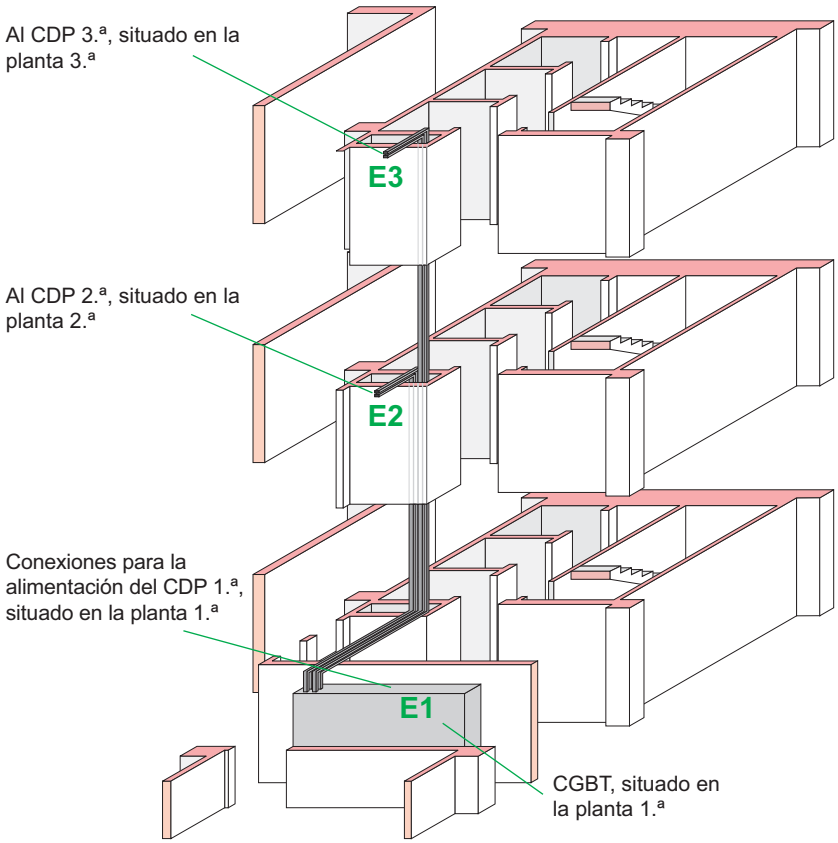


Fig. L6.4-431: *conexiones del cuadro general de baja tensión a los cuadros generales de distribución en las plantas.*

Al estar el CGBT y el de CDP 1.ª en la misma sala, las conexiones se han realizado por cable.

■ En régimen TT:

□ Potencia: P_{TTP1} = 122.719,63 W

□ Intensidad: I_{TTP1} = 184,73 A

□ Conexiones entre CGBT y CDP 1.ª.

(Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen), tipo XLPE 3x. F. 95 mm² --> 296 A

Coeficiente térmico K_T = 0,96

Coeficiente por agrupamiento K_A = 0,75

Intensidad real de circulación = 296 A · 0,96 · 0,75 = 213,12 A

Al cuadro de la segunda planta

Del CGBT al CDP 2.ª debemos distribuir por el techo de la primera planta el cajón de comunicación entre planta de las instalaciones eléctricas, y por el techo de la segunda planta hasta el cuadro de distribución de la planta.

La conducción la realizaremos con canalizaciones prefabricadas.

■ En régimen TT:

□ Potencia: P_{TTP2} = 119.517,68 W

□ Intensidad: I_{TTP2} = 179,91 A

□ Las características de la canalización prefabricada son:

Tipo	KSA250
Resistencia	0,216 mΩ/m
Reactancia	0,192 mΩ/m
Impedancia	0,3510 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,23 mΩ/m
Longitud	7 m

Al cuadro de la tercera planta

Del CGBT al CDP 3.ª debemos distribuir por el techo de la primera planta el cajón de comunicación entre planta de las instalaciones eléctricas, y por el techo de la tercera planta hasta el cuadro de distribución de la planta.

La conducción la realizaremos con canalizaciones prefabricadas.

■ En régimen TT:

□ Potencia: P_{TTP3} = 119.517,68 W

□ Intensidad: I_{TTP3} = 179,91 A

□ Las características de la canalización prefabricada son:

Tipo	KSA250
Resistencia	0,216 mΩ/m
Reactancia	0,192 mΩ/m
Impedancia	0,3510 mΩ/m
Resistencia del conductor de protección	0,23 mΩ/m
Longitud	12,5 m

Impedancia desde el punto D hasta el punto E1

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial de BT Q_{TT08} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{TT08} al seccionador Q_1 con conductores de 70 mm^2 por fase y 50 mm^2 para el neutro y una longitud de 4 m:

$$R_{70} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{4\ m}{70\ mm^2} = 0{,}0012857\ \Omega.$$

La reactancia es despreciable y la impedancia coincidirá con la resistencia.

$Z_{70} = R_{70}$ = 0,0012857 Ω.

■ El interruptor seccionador.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor seccionador de BT Q_1 no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.

■ Impedancia desde el punto A hasta el punto E1.

$Z_{A-E1} = Z_{A-B} + Z_{B-C} + Z_{C-D} + Z_{70}$ =

= 0,002835 Ω + 0,003621 Ω + 0,000644 Ω + 0,0012857 Ω = 0,0083857 Ω.

Impedancia desde el punto D al punto E2

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial de BT Q_{TT09} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{TT09} al seccionador Q_{101} canalización prefabricada Tipo KSA25 y una longitud de 4 m.

$Z_{KSA} = 0{,}000351\ \Omega/m \cdot 7\ m = 0{,}002457\ \Omega$.

■ El interruptor seccionador.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor seccionador de BT Q_{101} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.

■ Impedancia desde el punto A hasta el punto E2:

$Z_{A-E2} = Z_{A-B} + Z_{B-C} + Z_{C-D} + Z_{KSA} =$

$= 0{,}002835\ \Omega + 0{,}003621\ \Omega + 0{,}000644\ \Omega + 0{,}002457\ \Omega = 0{,}009557\ \Omega$.

Impedancia desde el punto D al punto E3

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial de BT Q_{TT10} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{TT10} al seccionador Q_{201} canalización prefabricada Tipo KSA25 y una longitud de 4 m:

$Z_{KSA} = 0{,}000351\ \Omega/m \cdot 12{,}5\ m = 0{,}0043875\ \Omega$.

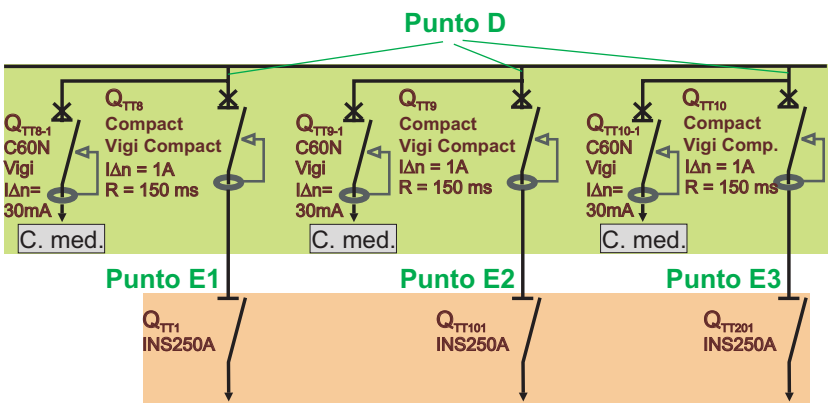


Fig. L6.4-432: *tramo de circuito del punto D, bornes de entrada de los interruptores de salidas a plantas, hasta los bornes de salida de los seccionadores de entrada de los cuadros de distribución de plantas.*

■ El interruptor seccionador.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor seccionador de BT Q_{201} no debe desconectar. Por tanto no consideramos su reactancia.

■ Impedancia desde el punto A hasta el punto E3:

$Z_{A-E3} = Z_{A-B} + Z_{B-C} + Z_{C-D} + Z_{KSA} =$

$= 0{,}002835\ \Omega + 0{,}003621\ \Omega + 0{,}000644\ \Omega + 0{,}0043875\ \Omega = 0{,}0114875\ \Omega$.

Impedancias en el CDP 1.ª

Impedancia desde el punto E1 hasta el punto F1

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CT 1.ª planta hasta el punto F1 (salida del ramal 1.º de las tomas de corriente) del cuadro de la 1.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_1 a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{C3}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{C3} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E1 al punto F1:

$Z_{E1–F1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto F1:

$Z_{A–F1} = Z_{A–E1} + Z_{E1–F1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0088593\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E1 al punto G1

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto G1 (salida del ramal 2.º de las tomas de corriente) del cuadro de la 1.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_1 a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{C4}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{C4} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E1 al punto G1:

$Z_{E1–G1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto F1:

$Z_{A–G1} = Z_{A–E1} + Z_{E1–G1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0088593\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E1 al punto H1

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto H1 (salida del ramal 1.º del alumbrado) del cuadro de la 1.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_1 a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{I3}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{I3} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Impedancia del punto E1 al punto H1:
$Z_{E1-G1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.
■ Impedancia del punto A al punto H1:
$Z_{A-H1} = Z_{A-E1} + Z_{E1-H1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0088593\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E1 al punto I1
Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto I1 (salida del ramal 2.º del alumbrado) del cuadro de la 1.ª planta:
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_1 a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{I4}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{I4} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Impedancia del punto E1 al punto I1:
$Z_{E1-I1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.
■ Impedancia del punto A al punto H1:
$Z_{A-I1} = Z_{A-E1} + Z_{E1-I1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0088593\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E1 al punto J1
Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto J1 (salida del ramal 1.º del acondicionamiento) del cuadro de la 1.ª planta:
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_1 a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{A3}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{A3} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Impedancia del punto E1 al punto J1:
$Z_{E1-J1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.
■ Impedancia del punto A al punto H1:
$Z_{A-J1} = Z_{A-E1} + Z_{E1-J1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0088593\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E1 al punto K1

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto K1 (salida del ramal 2.º del acondicionamiento) del cuadro de la 1.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_1 a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{A4}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{A4} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E1 al punto K1:

$Z_{E1-K1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto K1:

$Z_{A-K1} = Z_{A-E1} + Z_{E1-K1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0088593\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E1 al punto L1

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto L1 (salida del ramal 3.º del acondicionamiento) del cuadro de la 1.ª planta hasta el cuadro de acondicionamiento CC06:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_1 a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{A5}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{A5} hasta los interruptores automáticos Q_{A5-1} o Q_{A5-2}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{0{,}8\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0001894\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{A5-1} o Q_{A5-2} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E1 al punto L1:

$Z_{E1-L1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0001894\ \Omega = 0{,}000663\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto L1:

$Z_{A-L1} = Z_{A-E1} + Z_{E1-L1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}000663\ \Omega = 0{,}0090487\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E1 al punto M1

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto M1 (salida del ramal 1.º de ventilación) del cuadro de la 1.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_1 a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{A6}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

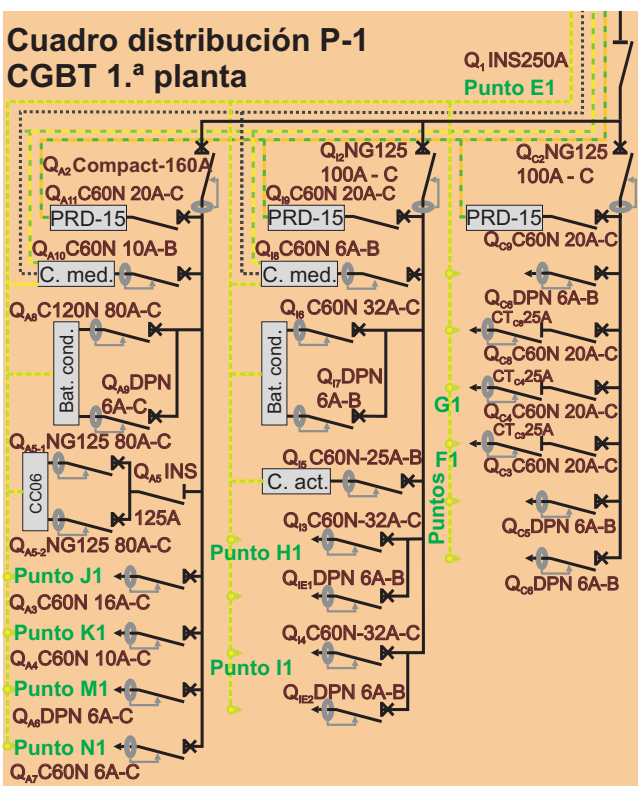
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{A6} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

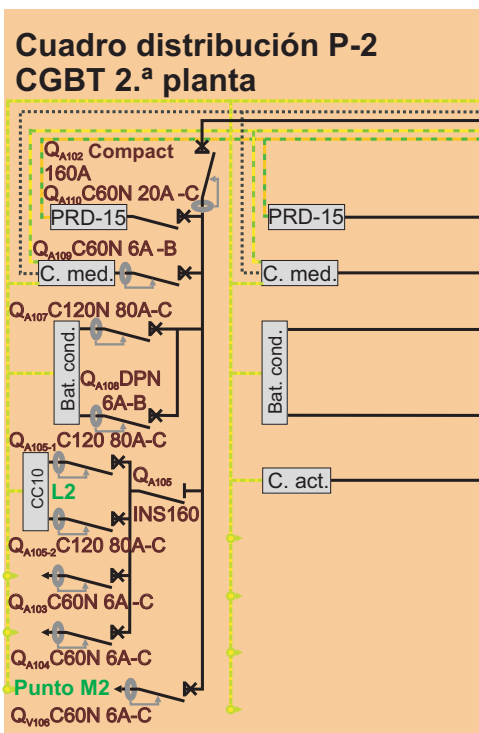
■ Impedancia del punto E1 al punto M1:

$Z_{E1-M1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto K1:

$Z_{A-M1} = Z_{A-E1} + Z_{E1-M1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0088593\ \Omega$.





Impedancia desde el punto E1 al punto N1

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto M1 (salida del ramal 2.º de ventilación) del cuadro de la 1.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_1, a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{A7}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{A7} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E1 al punto M1:

$Z_{E1-M1} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto K1:

$Z_{A-N1} = Z_{A-E1} + Z_{E1-N1} = 0{,}0083857\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0088593\ \Omega$.

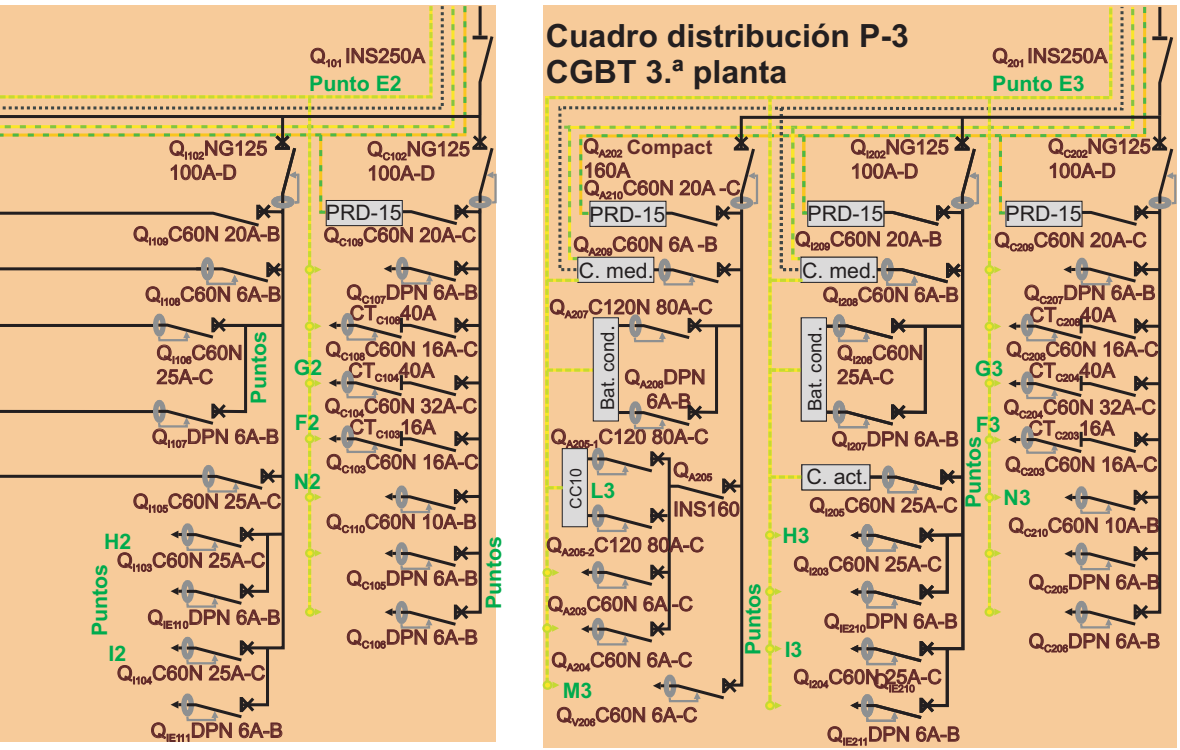


Fig. L6.4-433: *tramo de los bornes de salida de los interruptores seccionadores de las entradas a los cuadros de distribución de las plantas, hasta los bornes de salida de los interruptores de salida de las líneas de los cuadros de distribución de plantas.*

Impedancias en el CDP 2.ª

Impedancia desde el punto E2 al punto F2

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto F2 (salida del ramal 1.º de las tomas de corriente) del cuadro de la 2.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{101} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{C103}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{C103} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E2 al punto F2:

$Z_{E2-F2} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto F2:

$Z_{A-F2} = Z_{A-E2} + Z_{E2-F2} = 0{,}009557\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0100306\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E2 al punto G2

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto G2 (salida del ramal 2.º de las tomas de corriente) del cuadro de la 2.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{101} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{C104}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{C104} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E2 al punto G2:

$Z_{E2-G2} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto G2:

$Z_{A-G2} = Z_{A-E2} + Z_{E2-G2} = 0{,}009557\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0100306\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E2 al punto N2

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto N2 (salida del ramal para el agua sanitaria caliente) del cuadro de la 2.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{101} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{C110}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automático diferencial Q_{C110} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E2 al punto N2:

$Z_{E2-G2} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto G2:

$Z_{A-N2} = Z_{A-E2} + Z_{E2-N2} = 0{,}009557\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0100306\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E2 al punto H2

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto H2 (salida del ramal 1.º del alumbrado) del cuadro de la 2.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{101} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{I103}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automático diferencial Q_{I103} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E2 al punto H2:

$Z_{E2-H2} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto H2:

$Z_{A-H2} = Z_{A-E2} + Z_{E2-H2} = 0{,}009557\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0100306\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E2 al punto I2

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto I2 (salida del ramal 2.º del alumbrado) del cuadro de la 2.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{101} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{I104}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $aR_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automá-

tico diferencial Q_{I104} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E2 al punto I2:

$Z_{E2-I2} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto I2:

$Z_{A-I2} = Z_{A-E2} + Z_{E2-I2} = 0{,}009557\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0100306\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E2 al punto L2

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 1.ª hasta el punto L2 (salida del ramal 3.º del acondicionamiento) del cuadro de la 1.ª planta hasta el cuadro de acondicionamiento CC06:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{101} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{A105}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{A105} hasta los interruptores automáticos Q_{A105-1} o Q_{A105-2}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{A105-1} o Q_{A105-2} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E2 al punto L2:

$Z_{E2-L2} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0001894\ \Omega = 0{,}000663\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto L2:

$Z_{A-L2} = Z_{A-E2} + Z_{E2-L2} = 0{,}009557\ \Omega + 0{,}000663\ \Omega = 0{,}01022\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E2 al punto M2

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto M2 (salida del ramal de ventilación) del cuadro de la 2.ª planta.

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{101} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{V106}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automático diferencial Q_{V106} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E2 al punto M2:

$Z_{E2–M2} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto M2:

$Z_{A–M2} = Z_{A–E2} + Z_{E2–M2} = 0{,}009557\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0100306\ \Omega$.

Impedancias en el CDP 3.ª

Impedancia desde el punto E3 al punto F3

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 2.ª hasta el punto F3 (salida del ramal 1.º de las tomas de corriente) del cuadro de la 3.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{201} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{C203}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{C203} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E3 al punto F3:

$Z_{E3–F3} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto F2:

$Z_{A–F3} = Z_{A–E3} + Z_{E3–F3} = 0{,}0114875\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0119611\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E3 al punto G3

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 3.ª hasta el punto G3 (salida del ramal 2.º de las tomas de corriente) del cuadro de la 3.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{201} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{C204}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automático diferencial Q_{C204} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E3 al punto G3:

$Z_{E3–G3} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto G2:

$Z_{A–G3} = Z_{A–E3} + Z_{E3–G3} = 0{,}0114875\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0119611\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E3 al punto N3

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 3.ª hasta el punto N3 (salida del ramal para el agua sanitaria caliente) del cuadro de la 3.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{201} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{C210}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automático diferencial Q_{C210} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E3 al punto N3:

$Z_{E3–N3} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto G2:

$Z_{A–N3} = Z_{A–E3} + Z_{E3–N3} = 0{,}0114875\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0119611\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E3 al punto H3

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 3.ª hasta el punto H3 (salida del ramal 1.º del alumbrado) del cuadro de la 3.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{201} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.

Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{I203}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automático diferencial Q_{I203} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E3 al punto H3:

$Z_{E3–H3} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto H3:

$Z_{A–H3} = Z_{A–E3} + Z_{E3–H3} = 0{,}0114875\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0119611\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E3 al punto I3

Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 3.ª hasta el punto I3 (salida del ramal 2.º del alumbrado) del cuadro de la 3.ª planta:

■ Conductor de conexiones.

Del interruptor automático Q_{201} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{I204}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automático diferencial Q_{I204} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Impedancia del punto E3 al punto I3:
$Z_{E3–I3} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.
■ Impedancia del punto A al punto I3:
$Z_{A–I3} = Z_{A–E3} + Z_{E3–I3} = 0{,}0114875\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0119611\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E3 al punto L3
Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 3.ª hasta el punto L3 (salida del rama 3.º del acondicionamiento) del cuadro de la 3.ª planta:
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_{201} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{A205}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del interruptor seccionador Q_{A205} hasta los interruptores automáticos Q_{A205-1} o Q_{A205-2}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.
Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT, el interruptor automático diferencial Q_{A205-1} o Q_{A205-2} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.
■ Impedancia del punto E3 al punto L3:
$Z_{E3–L3} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0001894\ \Omega = 0{,}000663\ \Omega$.
■ Impedancia del punto A al punto L3:
$Z_{A–L3} = Z_{A–E3} + Z_{E3–L3} = 0{,}0114875\ \Omega + 0{,}000663\ \Omega = 0{,}0121505\ \Omega$.

Impedancia desde el punto E3 al punto M3
Es la impedancia correspondiente a la parte de instalación desde la entrada al CDP 3.ª hasta el punto M3 (salida del ramal de ventilación) del cuadro de la 3.ª planta:
■ Conductor de conexiones.
Del interruptor automático Q_{201} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ Conductor de conexiones.
Del juego de bornes múltiples al interruptor automático diferencial Q_{V206}. Con conductores de 95 mm² por fase y 95 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.

La resistencia: $R_{95} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{1\ m}{95\ mm^2} = 0{,}0002368\ \Omega$.

■ El interruptor automático.

Para el cálculo de las protecciones en la red de régimen TT el interruptor automático diferencial Q_{V206} debe desconectar por un defecto aguas abajo en la red pero no en las derivaciones. Por tanto no consideramos su impedancia.

■ Impedancia del punto E3 al punto M3:

$Z_{E3–M3} = R_{95} + R_{95} = 0{,}0002368\ \Omega + 0{,}0002368\ \Omega = 0{,}0004736\ \Omega$.

■ Impedancia del punto A al punto M2:

$Z_{A–M3} = Z_{A–E3} + Z_{E3–M3} = 0{,}0114875\ \Omega + 0{,}0004736\ \Omega = 0{,}0119611\ \Omega$.

Impedancias de las líneas de la 1.ª planta

Impedancia desde el punto F1 hasta el punto F11

Se trata de la impedancia de la línea de tomas de corriente 1.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C3}, hasta la caja de bornes más alejada CC28 y de ésta al cuadro C28.

La línea es trifásica con neutro de 17,9 m y una sección de 4 mm² para las fases y de 2,5 mm² para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C3} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC28.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{17{,}9\ m}{4\ mm^2} = 0{,}1006875\ \Omega$.

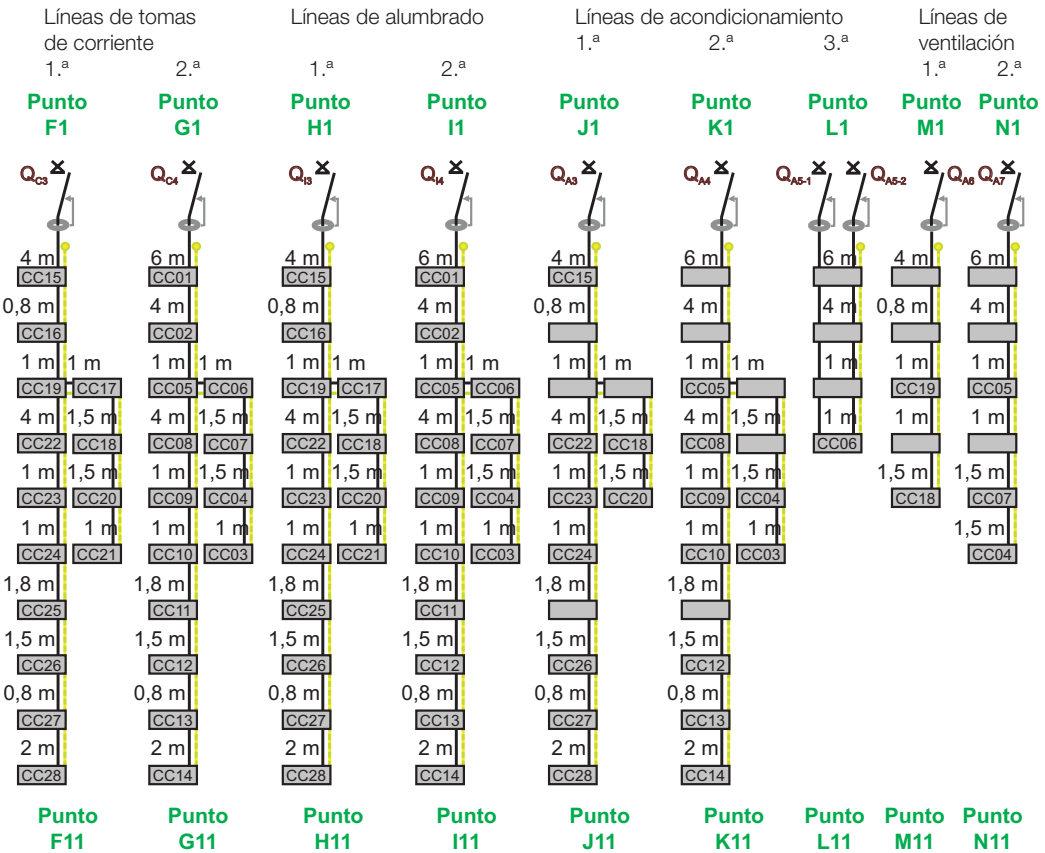


Fig. L6.4-434: *tramo de los bornes de salida de los interruptores automáticos del cuadro de distribución de la 1.ª planta, hasta los bornes de entrada de los cuadros de las cargas de planta.*

■ Conducción de los bornes de la caja CC28 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C28. Conductor de 4 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{4\ mm^2} = 0{,}03375\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto F1 al punto F11:

$Z_{F1–F11} = R_4 + R_4 = 0{,}1006875\ \Omega + 0{,}03375\ \Omega = 0{,}1344375\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{F1–F11} = R_{F1–F11} = 0{,}1344375\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto F11 será:

$Z_{A–F11} = Z_{A–F1} + Z_{F1–F11} = 0{,}0088595\ \Omega + 0{,}1344375\ \Omega = 0{,}143297\ \Omega$.

Impedancia desde el punto G1 hasta el punto G11

Se trata de la impedancia de la línea de tomas de corriente 2.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C4}, hasta la caja de bornes más alejada CC14 y de ésta al cuadro C14.

La línea es trifásica con neutro de 23,1 m y una sección de 4 mm² para las fases y de 2,5 mm² para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C4} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC14.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{23{,}1\ m}{4\ mm^2} = 0{,}1299375\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC14, hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C14. Conductor de 4 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{4\ mm^2} = 0{,}03375\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto G1 al punto G11.

$Z_{G1–G11} = R_4 + R_4 = 0{,}1299375\ \Omega + 0{,}03375\ \Omega = 0{,}1636875\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{G1–G11} = R_{G1–G11} = 0{,}1636875\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto F11 será:

$Z_{A–G11} = Z_{A–G1} + Z_{G1–G11} = 0{,}0088593\ \Omega + 0{,}1344375\ \Omega = 0{,}1432968\ \Omega$.

Impedancia desde el punto H1 hasta el punto H11

Se trata de la impedancia de la línea de alumbrado 1.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I3}, hasta la caja de bornes más alejada CC28 y de ésta al cuadro C28.

La línea es trifásica con neutro de 17,9 m y una sección de 4 mm² para las fases y de 2,5 mm² para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C4}, hasta los bornes de la caja de derivaciones CC28.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{17{,}9\ m}{4\ mm^2} = 0{,}1006875\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC28, hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C28. Conductor de 4 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{4\ mm^2} = 0{,}03375\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto H1 al punto H11:

$Z_{H1–H11} = R_4 + R_4 = 0{,}1006875\ \Omega + 0{,}03375\ \Omega = 0{,}1344375\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{H1–H11} = R_{H1–H11} = 0{,}1344375\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto H11 será:

$Z_{A–H11} = Z_{A–H1} + Z_{H1–H11} = 0{,}0088593\ \Omega + 0{,}1344375\ \Omega = 0{,}1432968\ \Omega$.

Impedancia desde el punto I1 hasta el punto I11

Se trata de la impedancia de la línea de alumbrado 2.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I4}, hasta la caja de bornes más alejada CC14 y de ésta al cuadro C14.

La línea es trifásica con neutro de 17,9 m y una sección de 6 mm^2 para las fases y de 4 mm^2 para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C4} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC28.

La resistencia: $R_6 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{23{,}1\ m}{6\ mm^2} = 0{,}086625\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC14 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C14. Conductor de 4 mm^2 con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_6 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{6\ mm^2} = 0{,}0225\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto I1 al punto I11:

$R_{I1–I11} = R_6 + R_6 = 0{,}086625\ \Omega + 0{,}0225\ \Omega = 0{,}109125\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{I1–I11} = R_{H1–H11} = 0{,}109125\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto H11 será:

$Z_{A–I11} = Z_{A–I1} + Z_{I1–I11} = 0{,}0088593\ \Omega + 0{,}109125\ \Omega = 0{,}1179843\ \Omega$.

Impedancia desde el punto J1 hasta el punto J11

Se trata de la impedancia de la línea de acondicionamiento 1.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A3}, hasta la caja de bornes más alejada CC28 y de ésta al cuadro C28.

La línea es trifásica con neutro de 17,9 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{A4} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC28.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{17{,}9\ m}{4\ mm^2} = 0{,}1006875\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC28 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C28. Conductor de 4 mm^2 con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{4\ mm^2} = 0{,}03375\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto J1 al punto J11:

$R_{J1–J11} = R_4 + R_4 = 0{,}1006875\ \Omega + 0{,}03375\ \Omega = 0{,}1344375\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{J1–J11} = R_{J1–J11} = 0{,}1344375\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto H11 será:

$Z_{A–J11} = Z_{A–J1} + Z_{J1–J11} = 0{,}0088595\ \Omega + 0{,}1344375\ \Omega = 0{,}143297\ \Omega$.

Impedancia desde el punto K1 hasta el punto K11

Se trata de la impedancia de la línea de acondicionamiento 2.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{IA4}, hasta la caja de bornes más alejada CC14 y de ésta al cuadro C14.

La línea es trifásica con neutro de 23,1 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C4} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC14.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{23{,}1\ m}{4\ mm^2} = 0{,}1636875\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC14 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C14. Conductor de 4 mm^2 con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{4\ mm^2} = 0{,}03375\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto K1 al punto K11:

$R_{K1–K11} = R_4 + R_4 = 0{,}1299375\ \Omega + 0{,}03375\ \Omega = 0{,}1636875\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{K1–K11} = R_{K1–K11} = 0{,}1636875\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto H11 será:

$Z_{A–K11} = Z_{A–K1} + Z_{K1–K11} = 0{,}0088593\ \Omega + 0{,}1636875\ \Omega = 0{,}1705468\ \Omega$.

Impedancia desde el punto L1 hasta el punto L11

Se trata de la impedancia de la línea de acondicionamiento 3.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático $Q_{A45\text{-}1}$ o $Q_{A45\text{-}2}$, hasta la caja de bornes más alejada CC06 y de ésta a la bomba de calor del terrado.

La línea es trifásica con neutro de 12 m hasta la caja CC06 y una sección de 25 mm^2 para las fases y de 16 mm^2 para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático $Q_{A45\text{-}1}$ o $Q_{A45\text{-}2}$, hasta los bornes del interruptor automático Q_{A01} o Q_{A05}.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{12\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0108\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto L1 al punto L11:

$R_{L1–L11} = R_{25} = 0{,}0108\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{L1–L11} = R_{L1–L11} = 0{,}0108\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto H11 será:

$Z_{A–L11} = Z_{A–L1} + Z_{L1–L11} = 0{,}0088593\ \Omega + 0{,}0108\ \Omega = 0{,}0196593\ \Omega$.

Impedancia desde el punto M1 hasta el punto M11

Se trata de la impedancia de la línea de ventilación 1.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A6}, hasta la caja de bornes más alejada CC18 y de ésta al cuadro C18.

La línea es monofásica con neutro de 8,3 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{A6} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC18.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 8{,}3\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}249\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC18 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C18. Conductor de 1,5 mm^2 con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}09\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto M1 al punto M11:

$R_{M1–M11} = R_{1,5} + R_{1,5} = 0{,}249\ \Omega + 0{,}09\ \Omega = 0{,}339\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{M1–M11} = R_{M1–M11} = 0{,}339\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto H11 será:

$Z_{A–M11} = Z_{A–M1} + Z_{M1–M11} = 0{,}0088593\ \Omega + 0{,}339\ \Omega = 0{,}3478593\ \Omega$.

Impedancia desde el punto N1 hasta el punto N11

Se trata de la impedancia de la línea de ventilación 2.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A7}, hasta la caja de bornes más alejada CC04 y de ésta al cuadro C04.

La línea es bifásica con neutro de 15 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{A7}, hasta los bornes de la caja de derivaciones CC04.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 15\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}45\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC18 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C18. Conductor de 1,5 mm^2 con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}09\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto N1 al punto N11:

$R_{N1–N11} = R_{1,5} + R_{1,5} = 0{,}45\ \Omega + 0{,}09\ \Omega = 0{,}54\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{N1–N11} = R_{N1–N11} = 0{,}54\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto N11 será:

$Z_{A–N11} = Z_{A–N1} + Z_{N1–N11} = 0{,}0088593\ \Omega + 0{,}54\ \Omega = 0{,}5488593\ \Omega$.

Impedancias de las líneas de la 2.ª planta

Impedancia desde el punto F2 hasta el punto F22

Se trata de la impedancia de la línea de tomas de corriente 1.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C103}, hasta la caja de bornes más alejada CC05 y de ésta al cuadro C05.

La línea es trifásica con neutro de 31 m y una sección de 2,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C103} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC05.

La resistencia: $R_{2,5} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{31\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}0279\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC05 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C05. Conductor de 2,5 mm^2 con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{2,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}054\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto F2 al punto F22:

$R_{F2–F22} = R_{2,5} + R_{2,5} = 0{,}279\ \Omega + 0{,}054\ \Omega = 0{,}333\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{F2–F22} = R_{F2–F22} = 0{,}333\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto F11 será:

$Z_{A–F22} = Z_{A–F2} + Z_{F2–F22} = 0{,}0100306\ \Omega + 0{,}333\ \Omega = 0{,}3430306\ \Omega$.

Impedancia desde el punto G2 hasta el punto G22

Se trata de la impedancia de la línea de tomas de corriente 2.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C104}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al cuadro C11.

La línea es trifásica con neutro de 36 m y una sección de 6 mm^2 para las fases y de 4 mm^2 para el neutro.

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C104} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC11.

La resistencia: $R_6 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{36\ m}{6\ mm^2} = 0{,}135\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC11 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C11. Conductor de 6 mm^2 con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_6 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{6\ mm^2} = 0{,}0225\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto G2 al punto G22:

$R_{G2–G22} = R_6 + R_6 = 0{,}135\ \Omega + 0{,}0225\ \Omega = 0{,}1575\ \Omega$.

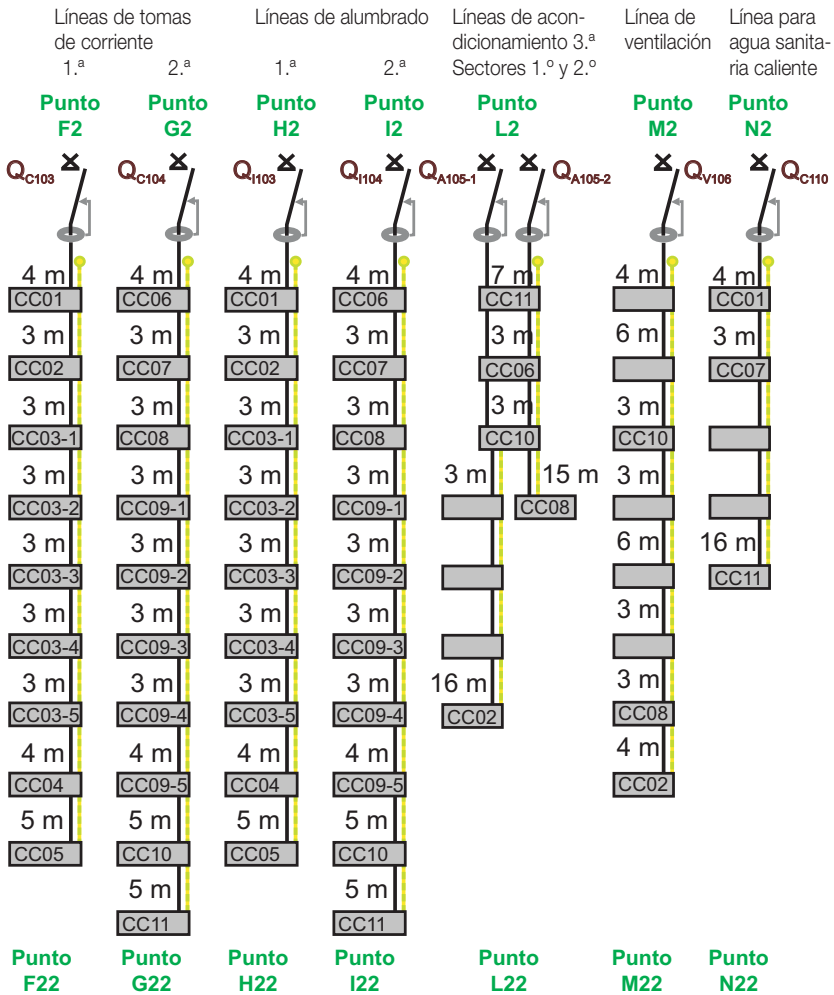


Fig. L6.4-435: *tramo de los bornes de salida de los interruptores automáticos del cuadro de distribución de la 2.ª planta, hasta los bornes de entrada de los cuadros de las cargas de planta.*

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{G2–G22} = R_{G2–G22} = 0{,}1575\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto G22 será:

$Z_{A–G22} = Z_{A–G2} + Z_{G2–G22} = 0{,}0100306\ \Omega + 0{,}1575\ \Omega = 0{,}1675306\ \Omega$.

Impedancia desde el punto N2 hasta el punto N22

Se trata de la impedancia de la línea de agua sanitaria caliente de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C110}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al termo S03.

La línea es trifásica con neutro de 23 m y una sección de 1,5 mm² para las fases y de 1,5 mm² para el neutro.

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C110} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC11.

$$\text{La resistencia: } R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 23 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} = 0{,}69\ \Omega.$$

■ Conducción de los bornes de la caja CC11, los bornes del termo S03, bipolar con una longitud de 4 m.

$$\text{La resistencia: } R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 4 \text{ m}}{1{,}5 \text{ mm}^2} = 0{,}12\ \Omega.$$

■ La resistencia del tramo del punto N2 al punto N22.

$R_{N2–N22} = R_{1,5} + R_{1,5} = 0{,}69\ \Omega + 0{,}12\ \Omega = 0{,}81\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{N2–N22} = R_{N2–N22} = 0{,}81\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto N22 será:

$Z_{A–N22} = Z_{A–N2} + Z_{N2–N22} = 0{,}0100306\ \Omega + 0{,}81\ \Omega = 0{,}8200306\ \Omega$.

Impedancia desde el punto H2 hasta el punto H22

Se trata de la impedancia de la línea de alumbrado 1.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I103}, hasta la caja de bornes más alejada CC05 y de ésta al cuadro C05.

La línea es trifásica con neutro de 31 m y una sección de 4 mm² para las fases y de 2,5 mm² para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{1103} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC05.

$$\text{La resistencia: } R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{31 \text{ m}}{4 \text{ mm}^2} = 0{,}174375\ \Omega.$$

■ Conducción de los bornes de la caja CC05, los bornes del cuadro C05, bipolar con una longitud de 3 m.

$$\text{La resistencia: } R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3 \text{ m}}{4 \text{ mm}^2} = 0{,}03375\ \Omega.$$

■ La resistencia del tramo del punto H2 al punto H22.

$R_{H2–H22} = R_4 + R_4 = 0{,}174375\ \Omega + 0{,}03375\ \Omega = 0{,}208125\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{H2–H22} = R_{H2–H22} = 0{,}208125\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto H22 será:

$Z_{A–H2} = Z_{A–E2} + Z_{E2–H2} = 0{,}010036\ \Omega + 0{,}208125\ \Omega = 0{,}218161\ \Omega$.

Impedancia desde el punto I2 hasta el punto I22

Se trata de la impedancia de la línea de alumbrado 2.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I104}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al cuadro C11.

La línea es trifásica con neutro de 36 m y una sección de 4 mm² para las fases y de 2,5 mm² para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{1104} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC11.

$$\text{La resistencia: } R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{36 \text{ m}}{4 \text{ mm}^2} = 0{,}174375\ \Omega.$$

■ Conducción de los bornes de la caja CC11, los bornes del cuadro C11, bipolar con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{4\ mm^2} = 0{,}03375\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto I2 al punto I22.

$R_{I2-I22} = R_4 + R_4 = 0{,}174375\ \Omega + 0{,}03375\ \Omega = 0{,}23625\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{I2-I22} = R_{I2-I22} = 0{,}23625\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto I22 será:

$Z_{A-I22} = Z_{A-I2} + Z_{I2-I22} = 0{,}0100306\ \Omega + 0{,}23625\ \Omega = 0{,}2462806\ \Omega$.

Impedancia desde el punto L2 hasta el punto L22

Se trata de la impedancia de la línea de acondicionamiento de la 2.ª planta sector 1.º, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A105}, hasta la caja de bornes más alejada CC02, de ésta al cuadro C02 y de éste a la bomba de calor del terrado A01.

La línea es trifásica con neutro de 29 m hasta el cuadro C02 y 19 m del cuadro C02 hasta la bomba de calor A01, con una línea trifásica, sección de 25 mm^2 para las fases y de 10 mm^2 para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{I105-1} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC05 y de ésta a la del cuadro C02.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{29\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0261\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la del interruptor Q_{I105-1} hasta los bornes de la bomba de calor A01 con una longitud de 19 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{19\ m}{25\ mm^2} = 0{,}017\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto L2 al punto L22:

$R_{L2-L22} = R_{25} + R_{25} = 0{,}0261\ \Omega + 0{,}0171\ \Omega = 0{,}0432\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{L2-L22} = R_{L2-L22} = 0{,}0432\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto L22 será:

$Z_{A-L22} = Z_{A-L2} + Z_{L2-L22} = 0{,}01022\ \Omega + 0{,}0432\ \Omega = 0{,}05342\ \Omega$.

Impedancia desde el punto M2 hasta el punto M22

Se trata de la impedancia de la línea de ventilación de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{V106}, hasta la caja de bornes más alejada CC02 y de ésta al ventilador R03.

La línea es trifásica con neutro de 32 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro sólo dispone de tres cargas que conectan cada una a una de ellas, por tanto consideraremos una línea monofásica:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{V106} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC02.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 32\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}96\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC02, los bornes del ventilador R03, bipolar con una longitud de 5 m.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 5\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}15\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto M2 al punto M22:

$R_{M2-M22} = R_{25} + R_{25} = 0{,}96\ \Omega + 0{,}15\ \Omega = 1{,}11\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{M2–M22} = R_{M2–M22} = 1{,}11\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto M22 será:

$Z_{A–M22} = Z_{A–M2} + Z_{M2–M22} = 0{,}0100306\ \Omega + 1{,}11\ \Omega = 1{,}1200306\ \Omega$.

Impedancias de las líneas de la 3.ª planta

Impedancia desde el punto F3 hasta el punto F33

Se trata de la impedancia de la línea de tomas de corriente 1.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C203}, hasta la caja de bornes más alejada CC05 y de ésta al cuadro C05.

La línea es trifásica con neutro de 31 m y una sección de 2,5 mm² para las fases y de 1,5 mm² para el neutro.

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C203} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC05.

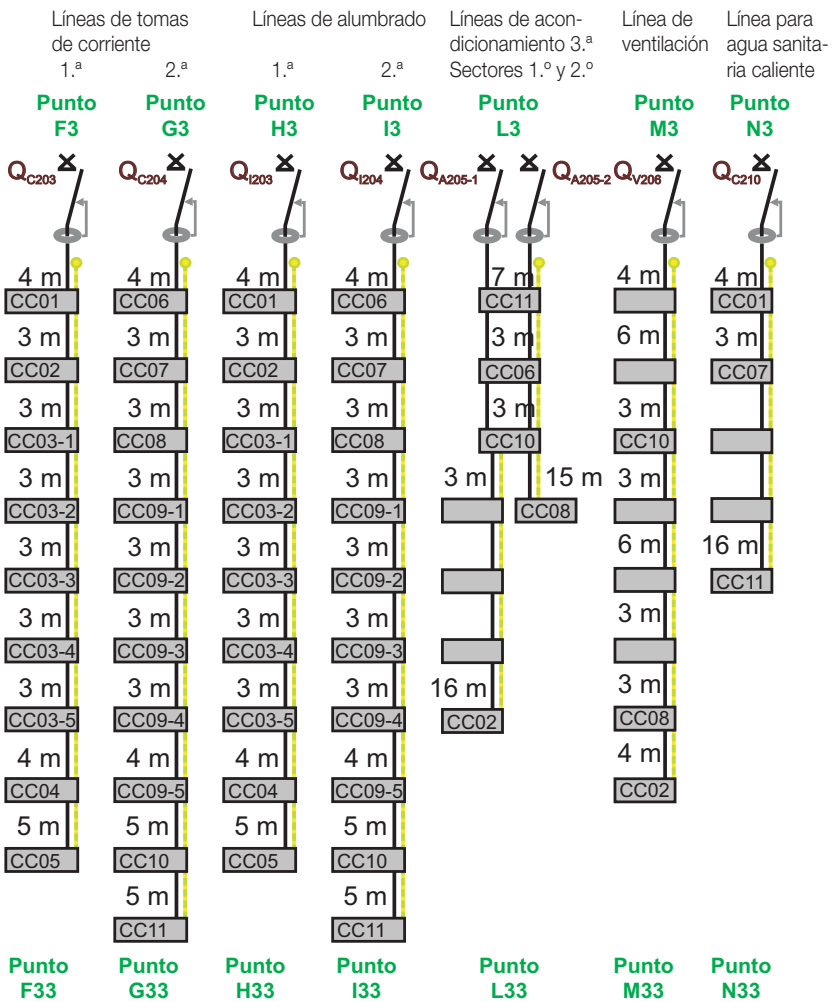


Fig. L6.4-436: *tramo de los bornes de salida de los interruptores automáticos del cuadro de distribución de la 3.ª planta, hasta los bornes de entrada de los cuadros de las cargas de planta.*

La resistencia: $R_{2,5} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{31\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}279\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC05 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C05. Conductor de 2,5 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_{2,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}054\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto F2 al punto F22:
$R_{F3–F33} = R_{2,5} + R_{2,5} = 0{,}279\ \Omega + 0{,}054\ \Omega = 0{,}333\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:
$Z_{F3–F33} = R_{F3–F33} = 0{,}333\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto F11 será:
$Z_{A–F33} = Z_{A–F3} + Z_{F3–F33} = 0{,}0119611\ \Omega + 0{,}333\ \Omega = 0{,}3449611\ \Omega$.

Impedancia desde el punto G3 hasta el punto G33

Se trata de la impedancia de la línea de tomas de corriente 2.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C204}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al cuadro C11.
La línea es trifásica con neutro de 36 m y una sección de 6 mm² para las fases y de 4 mm² para el neutro:
■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C204} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC11.

La resistencia: $R_6 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{36\ m}{6\ mm^2} = 0{,}135\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC11 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C11. Conductor de 6 mm² con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_6 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{6\ mm^2} = 0{,}0225\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto G3 al punto G33:
$R_{G3–G33} = R_6 + R_6 = 0{,}135\ \Omega + 0{,}0225\ \Omega = 0{,}1575\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:
$Z_{G3–G33} = R_{G3–G33} = 0{,}1575\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto G33 será:
$Z_{A–G33} = Z_{A–G3} + Z_{G3–G33} = 0{,}0119611\ \Omega + 0{,}1575\ \Omega = 0{,}1694611\ \Omega$.

Impedancia desde el punto N3 hasta el punto N33

Se trata de la impedancia de la línea de agua sanitaria caliente de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C210}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al termo S03.
La línea es trifásica con neutro de 23 m y una sección de 1,5 mm² para las fases y de 1,5 mm² para el neutro:
■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{C210} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC11.

La resistencia:$R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 23\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}69\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC11, los bornes del termo S03, bipolar con una longitud de 4 m.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 4\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}12\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto N3 al punto N33:
$R_{N3–N33} = R_{1,5} + R_{1,5} = 0{,}69\ \Omega + 0{,}12\ \Omega = 0{,}81\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:
$Z_{N3–N33} = R_{N3–N33} = 0,81\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto N33 será:
$Z_{A–N33} = Z_{A–N3} + Z_{N3–N33} = 0,0119611\ \Omega + 0,81\ \Omega = 0,8219611\ \Omega$.

Impedancia desde el punto H3 hasta el punto H33
Se trata de la impedancia de la línea de alumbrado 1.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I203}, hasta la caja de bornes más alejada CC05 y de ésta al cuadro C05.
La línea es trifásica con neutro de 31 m y una sección de 4 mm² para las fases y de 2,5 mm² para el neutro:
■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{I203} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC05.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0,0225 \frac{31\ m}{4\ mm^2} = 0,174375\ \Omega$.
■ Conducción de los bornes de la caja CC05, los bornes del cuadro C05, bipolar con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0,0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{4\ mm^2} = 0,03375\ \Omega$.
■ La resistencia del tramo del punto H3 al punto H33:
$R_{H3–H33} = R_4 + R_4 = 0,174375\ \Omega + 0,03375\ \Omega = 0,208125\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:
$Z_{H3–H33} = R_{H3–H33} = 0,208125\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto H33 será:
$Z_{A–H3} = Z_{A–E3} + Z_{E3–H3} = 0,0119611\ \Omega + 0,208125\ \Omega = 0,2200861\ \Omega$.

Impedancia desde el punto I3 hasta el punto I33
Se trata de la impedancia de la línea de alumbrado 2.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I204}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al cuadro C11.
La línea es trifásica con neutro de 36 m y una sección de 4 mm² para las fases y de 2,5 mm² para el neutro:
■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{I204}, hasta los bornes de la caja de derivaciones CC11.

La resistencia:$R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0,0225 \frac{36\ m}{4\ mm^2} = 0,174375\ \Omega$.
■ Conducción de los bornes de la caja CC11, los bornes del cuadro C11, bipolar con una longitud de 3 m.

La resistencia: $R_4 = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0,0225 \frac{2 \cdot 3\ m}{4\ mm^2} = 0,03375\ \Omega$.
■ La resistencia del tramo del punto I2 al punto I22:
$R_{I3–I33} = R_4 + R_4 = 0,174375\ \Omega + 0,03375\ \Omega = 0,23625\ \Omega$.
■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:
$Z_{I3–I33} = R_{I3–I33} = 0,23625\ \Omega$.
■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto I33 será:
$Z_{A–I33} = Z_{A–I3} + Z_{I3–I33} = 0,0119611\ \Omega + 0,23625\ \Omega = 0,2482111\ \Omega$.

Impedancia desde el punto L3 hasta el punto L33
Se trata de la impedancia de la línea de acondicionamiento de la 3.ª planta sector 1.º, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A205}, hasta la caja de bornes más alejada CC02, de ésta al cuadro C02 y de éste a la bomba de calor del terrado A01.

La línea es trifásica con neutro de 29 m hasta el cuadro C02 y 16 m del cuadro C02 hasta la bomba de calor A01, con una línea trifásica, sección de 25 mm^2 para las fases y de 10 mm^2 para el neutro:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático $Q_{I105\text{-}1}$ hasta los bornes de la caja de derivaciones CC05 y de ésta a la del cuadro C02.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{29\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0261\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la del interruptor $Q_{I105\text{-}1}$ hasta los bornes de la bomba de calor A01, con una longitud de 19 m.

La resistencia: $R_{25} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{16\ m}{25\ mm^2} = 0{,}0144\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto L3 al punto L33:

$R_{L3\text{–}L33} = R_{25} + R_{25} = 0{,}0261\ \Omega + 0{,}0144\ \Omega = 0{,}0405\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{L3\text{–}L33} = R_{L3\text{–}L33} = 0{,}0405\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto L33 será:

$Z_{A\text{–}L33} = Z_{A\text{–}L3} + Z_{L3\text{–}L33} = 0{,}0121905\ \Omega + 0{,}0405\ \Omega = 0{,}0526905\ \Omega$.

Impedancia desde el punto M3 hasta el punto M33

Se trata de la impedancia de la línea de ventilación de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{V206}, hasta la caja de bornes más alejada CC02 y de ésta al ventilador R03.

La línea es trifásica con neutro de 32 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro, sólo dispone de tres cargas que conectan cada una a una de ellas, por tanto consideraremos una línea monofásica:

■ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{V206} hasta los bornes de la caja de derivaciones CC02.

La resistrencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 32\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}96\ \Omega$.

■ Conducción de los bornes de la caja CC02, los bornes del ventilador R03, bipolar con una longitud de 5 m.

La resistencia: $R_{1,5} = \rho \frac{2 \cdot L}{S} = 0{,}0225 \frac{2 \cdot 5\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}15\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo del punto M3 al punto M33:

$R_{M3\text{–}M33} = R_{25} + R_{25} = 0{,}96\ \Omega + 0{,}15\ \Omega = 1{,}11\ \Omega$.

■ La impedancia será igual a la resistencia, en estas intensidades la reactancia es despreciable:

$Z_{M3\text{–}M33} = R_{M3\text{–}M33} = 1{,}11\ \Omega$.

■ La impedancia desde el origen punto A hasta el punto M33 será:

$Z_{A\text{–}M33} = Z_{A\text{–}M3} + Z_{M3\text{–}M33} = 0{,}01196611\ \Omega + 1{,}11\ \Omega = 1{,}1219661\ \Omega$.

Corrientes de cortocircuito en la red de régimen TT

Cálculos en consideración a la Cía. A

La impedancia aguas arriba del punto A, teniendo en cuenta que se trata de una red de 500 MVA a 20 kV, será:

$$Z_{0\text{–}A} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{cc}} = \frac{410\ V}{1{,}73 \cdot 21 \cdot 501\ A} = 0{,}01102247\ \Omega.$$

■ Resistencia de la zona de MT, entre la red y el transformador, es muy inferior a la reactancia. La que podría ser más importante es la del transformador que se tendría que calcular a partir de la potencia de pérdidas, $R_T = \frac{P_{pérdidas}}{3 \cdot I_n^2}$, la experien-

cia nos dice que para redes de 20 kV y potencias pequeñas la relación entre la impedancia y la resistencia es del orden de:

□ A 20 kV la relación $\frac{R_a}{Z_a} \approx 0{,}2$.

$R_a = 0{,}2 \cdot Z_a = 0{,}2 \cdot 0{,}0110224\ \Omega = 0{,}0022044\ \Omega$.

$X_a = \sqrt{Za^2 - Ra^2} = \sqrt{0{,}01102247^2 - 0{,}0022044^2} = 0{,}0107998\ \Omega$.

□ Comprobación del cálculo de la impedancia:

$Z_a = \sqrt{Ra^2 + Xa^2} = \sqrt{0{,}0022044^2 + 0{,}0107998^2} = 0{,}0110225\ \Omega \cong 0{,}01102247\ \Omega$.

■ La resistencia del tramo 0-E será:

$R_{0-E} = \Sigma(R_{0A} + R_{AB} + R_{BC} + R_{CD} + R_{DE}) =$

$= \Sigma(0{,}00220449 + 0{,}002044 + 0{,}00263 + 0{,}00052 + 0{,}044892)\ \Omega = 0{,}05229\ \Omega$.

■ La reactancia del tramo 0-E será:

$X_{0-E} = \Sigma(X_{0A} + X_{AB} + X_{BC} + X_{CD} + X_{DE}) =$

$= \Sigma(0{,}0107998 + 0{,}00211 + 0{,}00249 + 0{,}00038 + 0{,}042105)\ \Omega = 0{,}057884\ \Omega$.

■ La impedancia del tramo 0-E será:

$Z_{0-E} = \Sigma(Z_{0A} + Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{CD} + Z_{DE}) =$

$= \Sigma(0{,}01102247 + 0{,}002938 + 0{,}003621 + 0{,}000644 + 0{,}061547)\ \Omega = 0{,}079773\ \Omega$.

■ Comprobación de la impedancia del tramo 0-E será:

$Z_{0-E} = \sqrt{R_{0\text{-}E}{}^2 + X_{0-E}{}^2} = \sqrt{0{,}055229^2 + 0{,}0057884^2} = 0{,}078005\ \Omega$.

Las diferencias de los cálculos parciales no son significativas.

■ Relación entre la resistencia y la reactancia en el punto E:

$$\frac{R_{0E}}{X_{0E}} = \frac{0{,}05229\ \Omega}{0{,}057884\ \Omega} = 0{,}903345.$$

Según el ábaco de la Fig. H1-3-007, página H1/70 del 2.º Volumen, para una relación de 0,9 le corresponde un valor de K = 1,1:

□ El coseno en cortocircuito será: $\cos \varphi_{cc} = \frac{R_{0E}}{Z_{0E}} = \frac{0{,}05229\ \Omega}{0{,}079773\ \Omega} = 0{,}655481$.

□ El ángulo $\varphi_{cc} = 49° 3'$.

■ La corriente de cortocircuito simétrica será:

$$I_{CC-E} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{0E}} = \frac{410\ V}{1{,}73 \cdot 0{,}079773\ \Omega} = 2.970{,}8669\ A.$$

A este valor tendríamos que sumarle la descarga del compensador activo de 15,84 Ar y la aportación de todos los motores de acondicionamiento que estuvieran funcionando en el momento del cortocircuito menos las pérdidas producidas en el transcurso de estas intensidades por el circuito hasta el punto E.

Para el dimensionado de la potencia de cortocircuito de la aparamenta utilizada en el ejemplo, es prácticamente despreciable.

La aportación de los motores asíncronos utilizados en el acondicionamiento los tendremos en cuenta.

En la primera planta tendremos:

La intensidad en el acondicionamiento es de 131 A, la intensidad de cortocircuito considerada de aportación será 3 · In = 3 · 131 A = 393 A.

En la segunda o tercera planta tendremos:

La intensidad en el acondicionamiento es de 126 A, la intensidad de cortocircuito considerada de aportación será 3 · In = 3 · 126 A = 378 A.

En los puntos A, B y C puede aportar: 393 A + 378 A + 378 A = 1.149 A.

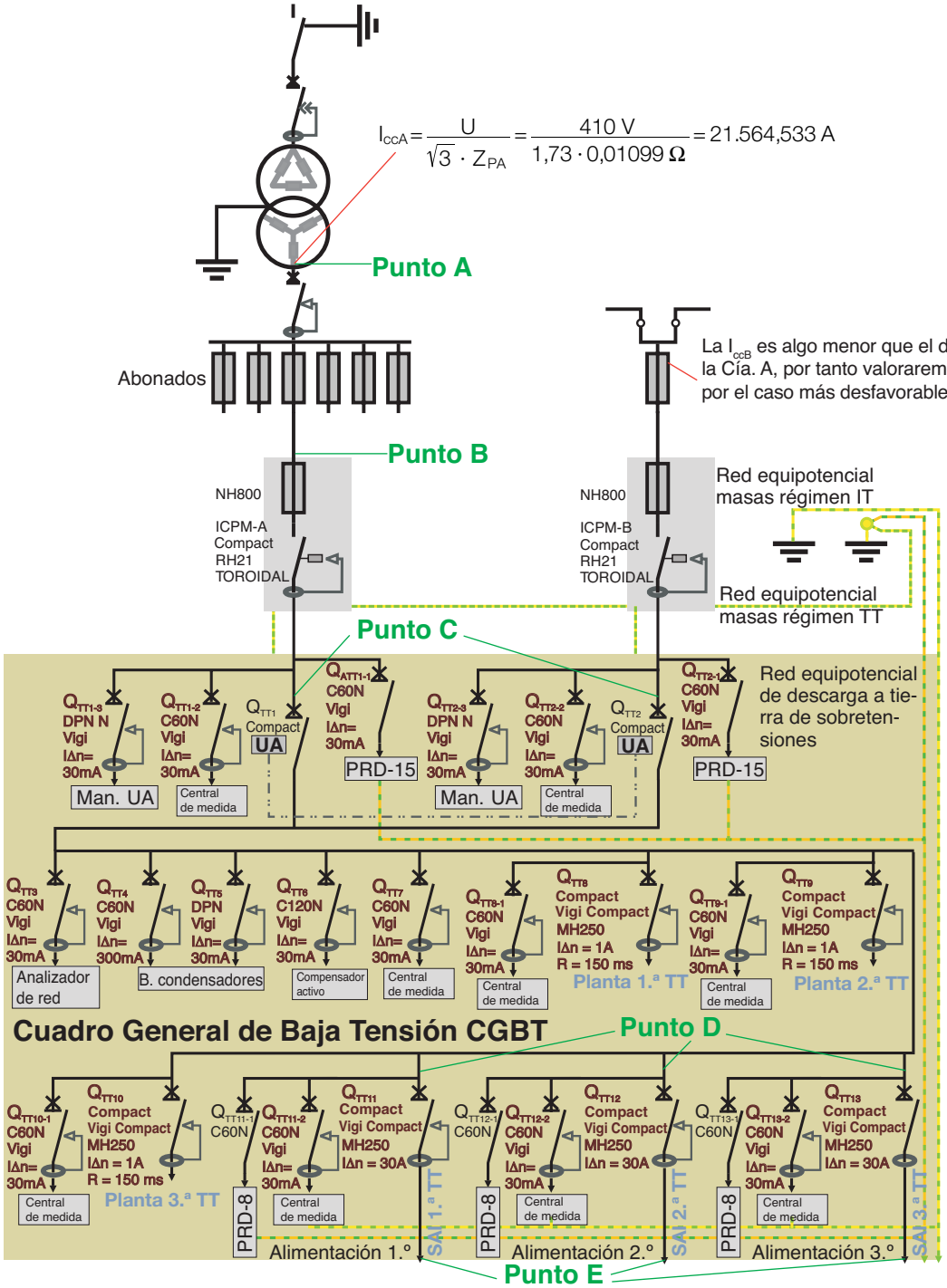


Fig. L6.4-437: *tramo de circuito del origen hasta las salidas del CGBT.*

A partir del punto D, al desconectar sólo una planta, aportarán energía sólo los motores desconectados de la planta, consideremos los 393 A. En realidad deberíamos considerar la impedancia del circuito desde el motor hasta el punto considerado, deduciendo la pérdida de potencia por la impedancia del circuito, pero para las intensidades que estamos barajando no es práctico realizar los cálculos.

Tabla de valores I_{cc}, del circuito de régimen TT										
Tramo	Resistencia Ω	Reactancia Ω	R/X Ω	Impedancia en Ω			Intensidad de cortocircuito			
				Tramo	Desde A	Desde 0	I_{cc} (A)	Aportación	K	I_{pcc} (A)
Punto A						0,01099	21.564	1.149	1,1	35.581
A-B	0,001894	0,00211	0,9		0,002835	0,013825	19.771	1.149	1,1	32.622
B-C	0,00263	0,00249	1,1	0,003621	0,006456	0,017446	15.667	1.149	1,1	25.851
C-D	0,00052	0,00038	1,4	0,000644	0,0071	0,01809	15.110	1.149	1,1	24.931
D-E1				0,0012857	0,0083857	0,0193757	14.107	393	1	21.161
D-E2				0,002457	0,009557	0,020547	13.303	378	1	19.954
D-E3				0,0043875	0,0114875	0,0224775	12.160	378	1	18.240
E1-F1				0,0004736	0,0088593	0,0198493	13.770		1	20.656
E1-G1				0,0004736	0,0088593	0,0198493	13.770		1	20.656
E1-H1				0,0004736	0,0088593	0,0198493	13.770		1	20.656
E1-I1				0,0004736	0,0088593	0,0198493	13.770		1	20.656
E1-J1				0,0004736	0,0088593	0,0198493	13.770		1	20.656
E1-K1				0,0004736	0,0088593	0,0198493	13.770		1	20.656
E1-L1				0,000663	0,0090487	0,0200387	13.640	393	1	20.460
E1-M1				0,0004736	0,0088593	0,0198493	13.770		1	20.656
E1-N1				0,0004736	0,0088593	0,0198493	13.770		1	20.656
E2-F2				0,0004736	0,0100306	0,0210206	13.003		1	19.505
E2-G2				0,0004736	0,0100306	0,0210206	13.003		1	19.505
E2-N2				0,0004736	0,0100306	0,0210206	13.003		1	19.505
E2-H2				0,0004736	0,0100306	0,0210206	13.003		1	19.505
E2-I2				0,0004736	0,0100306	0,0210206	13.003		1	19.505
E2-L2				0,000663	0,01022	0,02121	12.887	378	1	19.331
E2-M2				0,0004736	0,0100306	0,0210206	13.003		1	19.505
E3-F3				0,0004736	0,0119611	0,0229511	11.909		1	17.864
E3-G3				0,0004736	0,0119611	0,0229511	11.909		1	17.864
E3-N3				0,0004736	0,0119611	0,0229511	11.909		1	17.864
E3-H3				0,0004736	0,0119611	0,0229511	11.909		1	17.864
E3-I3				0,0004736	0,0119611	0,0229511	11.909		1	17.864
E3-L3				0,000663	0,0121505	0,0231405	11.812	378	1	17.718
E3-M3				0,0004736	0,0119611	0,0229511	11.909		1	17.864
F1-F11				0,1344375	0,143297	0,154287	1.772		1	2.657
G1-G11				0,1636875	0,1432968	0,1542868	1.772		1	2.657
H1-H11				0,1344375	0,1432968	0,1542868	1.772		1	2.657
I1-I11				0,109125	0,1179843	0,1289743	2.119		1	3.179
J1-J11				0,1344375	0,143297	0,154287	1.772		1	2.657
K1-K11				0,1636875	0,1725468	0,1835368	1.489		1	2.234
L1-L11				0,0108	0,0196593	0,0306493	8.918	393	1	13.377
M1-M11				0,338	0,3478593	0,3588493	762		1	1.143
N1-N11				0,54	0,5488593	0,5598493	488		1	732
F2-F22				0,333	0,3430306	0,3540206	772		1	1.158
G2-G22				0,1575	0,1675306	0,1785206	1.531		1	2.297
N2-N22				0,81	0,8200306	0,8310206	329		1	493
H2-H22				0,208125	0,218161	0,229151	1.193		1	1.789
I2-I22				0,23625	0,2462806	0,2572706	1.062		1	1.594
L2-L22				0,0432	0,05342	0,06441	4.244	378	1	6.365
M2-M22				1,11	1,1200306	1,1310206	242		1	363
F3-F33				0,333	0,3449611	0,3559511	768		1	1.152
G3-G33				0,1575	0,1694611	0,1804511	1.515		1	2.272
N3-N33				0,81	0,8219611	0,8329511	328		1	492
H3-H33				0,208125	0,2200861	0,2310761	1.183		1	1.774
I3-I33				0,23625	0,2482111	0,2592011	1.055		1	1.582
L3-L33				0,0405	0,0526905	0,0636805	4.292	378	1	6.438
M3-M33				1,11	1,1219661	1,1329561	241		1	362

Tabla L6.4-438: *corrientes de cortocircuito en la red de régimen TT.*

Para el cálculo de la potencia de corte de los interruptores del circuito la utilizaremos, pero para determinar la protección de las personas no. Una mayor corriente de cortocircuito puede hacer desconectar más rápidamente a un interruptor automático con desconexión por repulsión, por tanto hemos de dimensionar por el caso más desfavorable.
La corriente de cortocircuito asimétrica será (ver "Defecto alejado de los alternadores", página H1/65 del 2.º Volumen):

$I_p = K\sqrt{2} \cdot I_{cc} = 1{,}1 \cdot 1{,}42 \cdot 2.970{,}87\ A = 4.640{,}49\ A.$

El factor K es función de la relación entre la resistencia y la reactancia (ver Fig. H1-3-007, página H1/70 del 2.º Volumen).
En nuestro caso es aplicable hasta el punto D puesto que a partir de este punto su valor es prácticamente la unidad.
En la tabla adjunta podemos apreciar los datos de la hoja de cálculo de las corrientes de cortocircuito correspondientes a la red de régimen TT, partiendo de los cálculos previos de las impedancias y las corriente de cortocircuito de origen:

Columna 1.ª: referencia de los puntos considerados.
Columna 2.ª: la resistencia del tramo considerado.
Columna 3.ª: la reactancia del tramo considerado.
Columna 4.ª: la relación entre la resistencia y la reactancia.
Columna 5.ª: la impedancia del tramo considerado.
Columna 6.ª: la impedancia desde el punto A.
Columna 7.ª: la impedancia desde el origen 0.
Columna 8.ª: la intensidad de cortocircuito simétrica en el punto considerado:

$$I_{cc}(A) = \frac{U\ (V)}{\sqrt{3} \cdot Z\ (\Omega)}.$$

Columna 9.ª: la intensidad de cortocircuito aportada en el punto por los motores del aire acondicionado, que en el momento del corte de corriente aportan a la red los motores asíncronos correspondientes.
Columna 10.ª: el valor del coeficiente K en función de la relación de la resistencia y la reactancia, para el cálculo de la corriente de cortocircuito asimétrica.
Columna 11.ª: corriente de cortocircuito asimétrica del punto considerado:

$ip = K\sqrt{2} \cdot I_{cc}.$

Tramo del cuadro general a la entrada de los cuadros de distribución de las plantas D-E1, D-E2 y D-E3

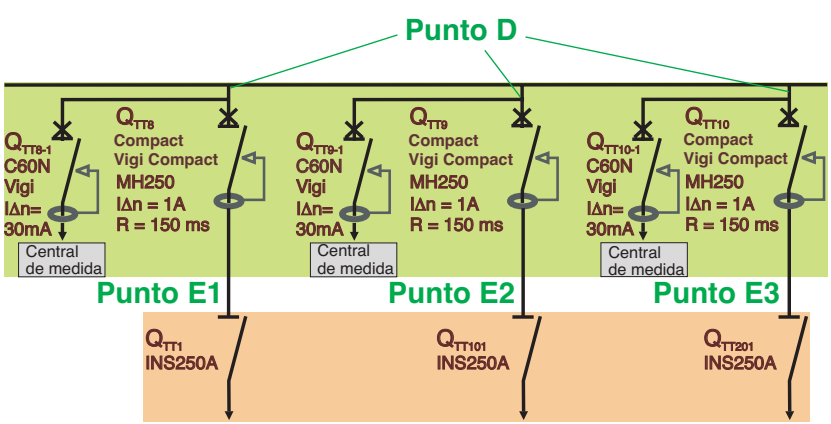


Fig. L6.4-439: *tramo de circuito de las salidas del CGBT a las entradas de los cuadros de distribución.*

Tramo de la entrada de los cuadros de distribución de plantas a la salida a las líneas de cargas

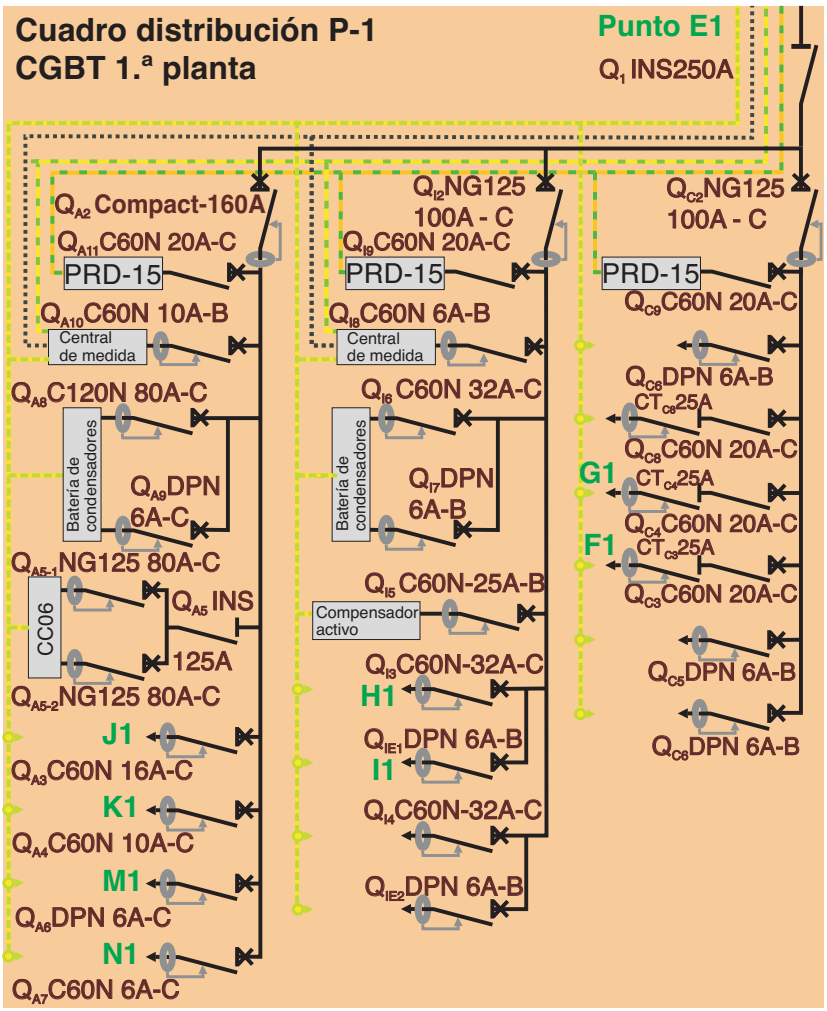


Fig. L6.4-440: *tramo de circuito de la entrada del cuadro de distribución de la 1.ª planta a las salidas de las líneas.*

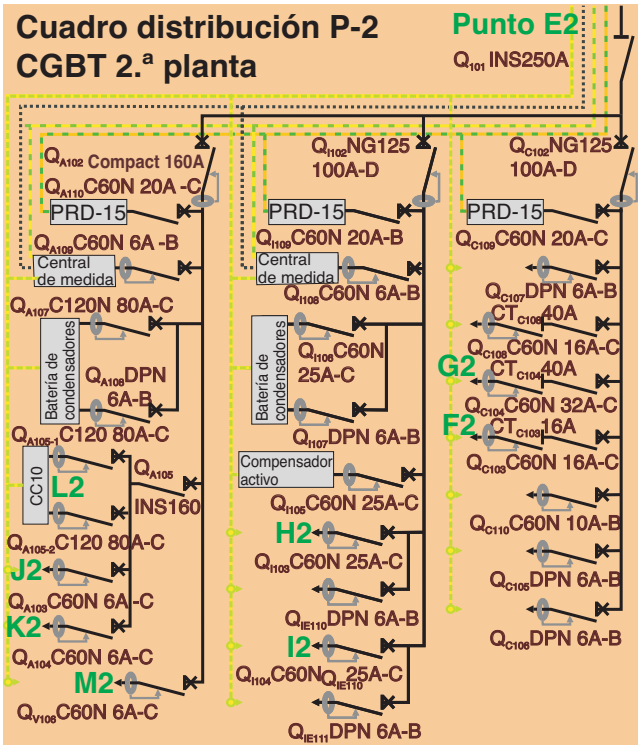


Fig. L6.4-441: *tramo de circuito de la entrada del cuadro de distribución de la 2.ª planta a las salidas de las líneas.*

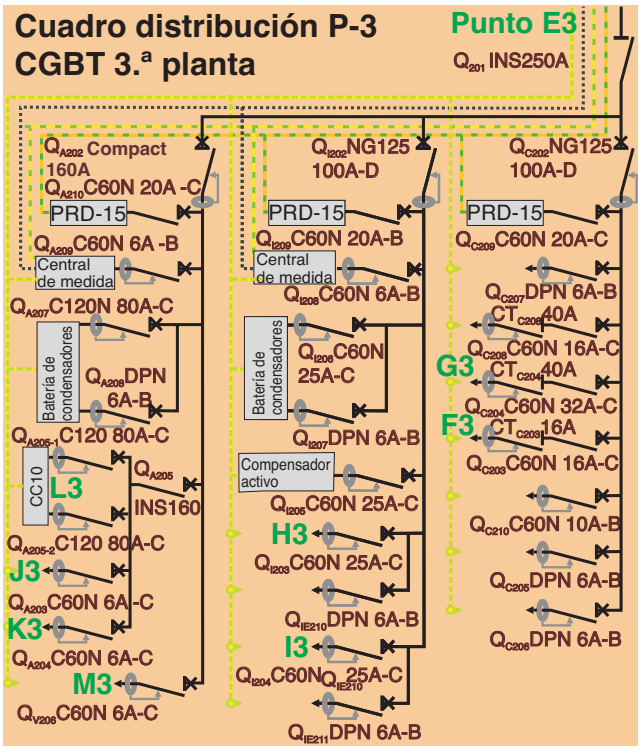


Fig. L6.4-442: *tramo de circuito de la entrada del cuadro de distribución de la 3.ª planta a las salidas de las líneas.*

Tramos desde la salida de los cuadros de distribución de las plantas hasta la última caja de conexiones y el cuadro de cargas

■ 1.ª planta

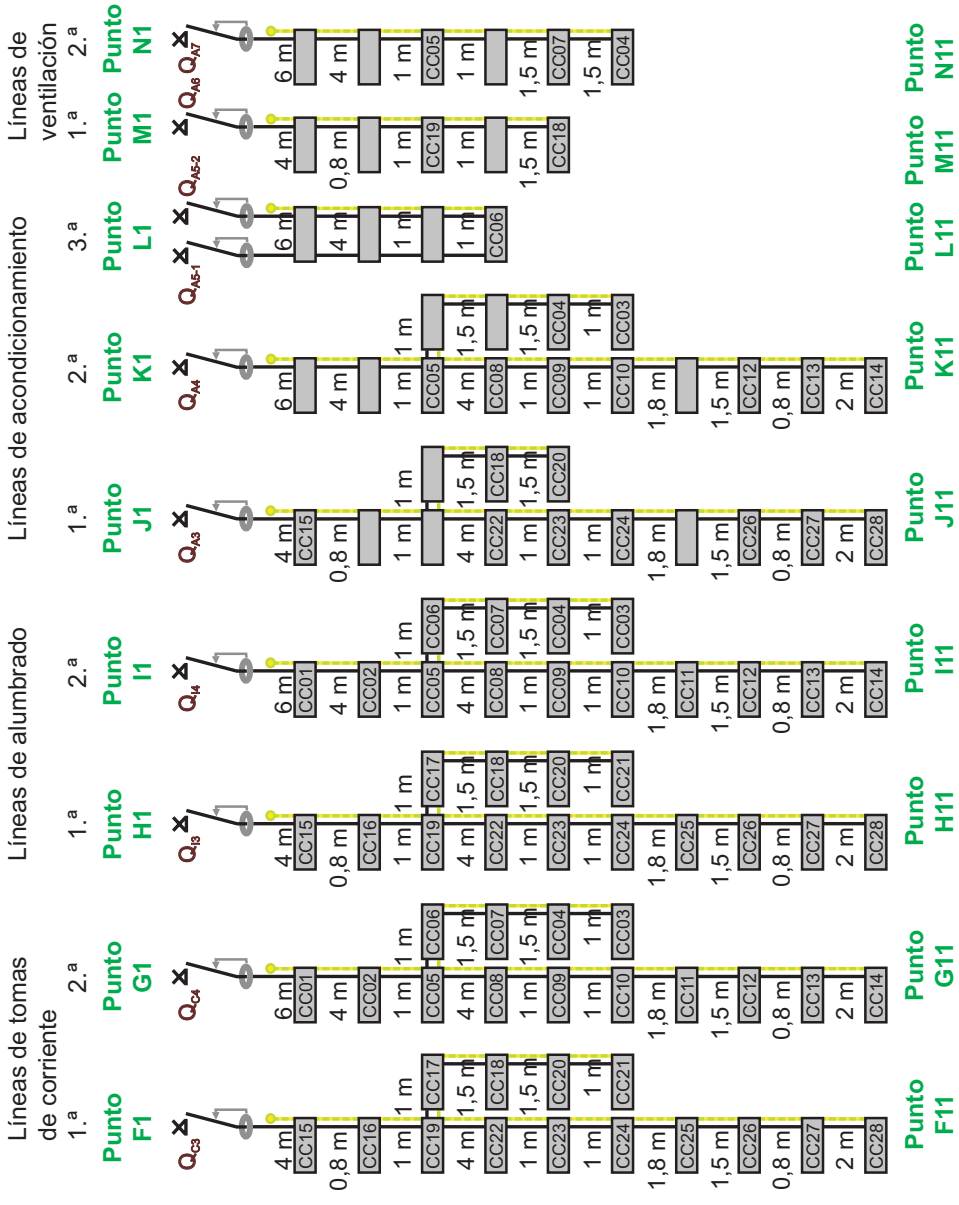


Fig. L6.4-443: *tramo de circuito de la salida del cuadro de distribución de la 1.ª planta a la última caja de conexiones de las líneas.*

■ 2.ª planta

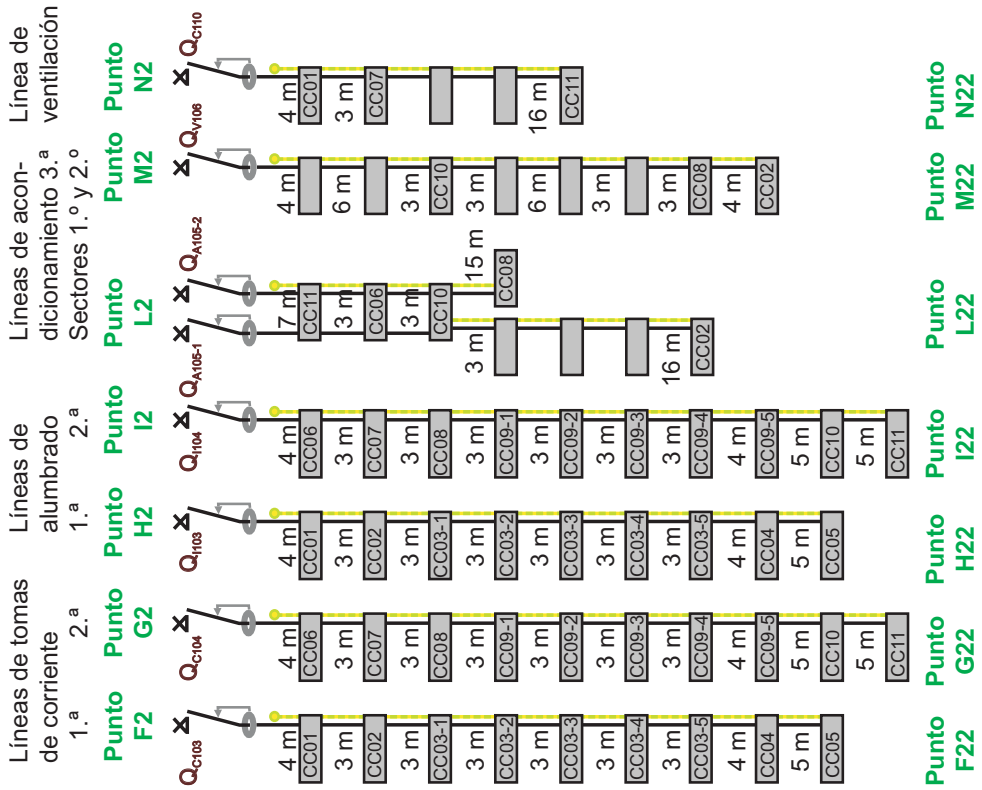


Fig. L6.4-444: *tramo de circuito de la salida del cuadro de distribución de la 2.ª planta a la última caja de conexiones de las líneas.*

■ 3.ª planta

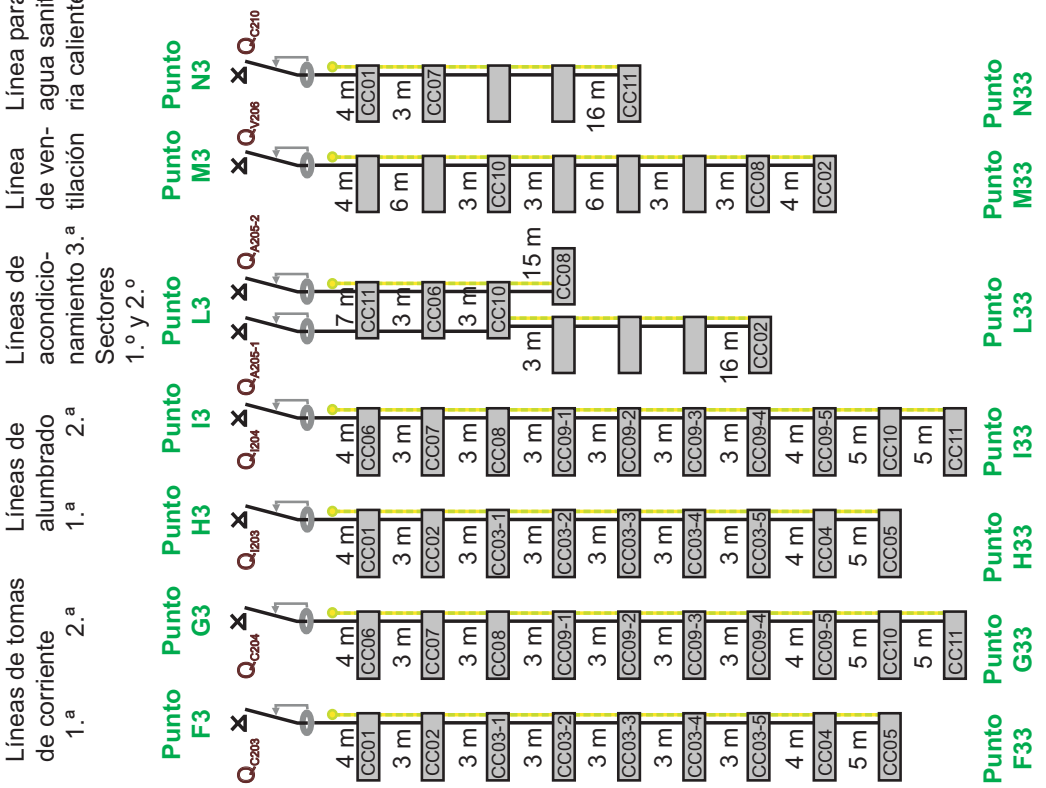


Fig. L6.4-445: *tramo de circuito de la salida del cuadro de distribución de la 3.ª planta a la última caja de conexiones de las líneas.*

Corrientes de cortocircuito en la red de régimen IT

Disponemos de las impedancias en los puntos que hemos situado los interruptores automáticos de protección.

Debemos tener en consideración la forma de trabajar del circuito:

1.º) Disponemos de tres alimentaciones en paralelo desde el circuito en régimen TT y estas alimentaciones disponen de un SAI, cada una, para suministrar la potencia necesaria durante una hora.

2.º) La carga de la batería del SAI será total al inicio de la solicitud de trabajo (al inicio de la hora), pero en el minuto 59 su carga será considerada mínima. Un fallo al inicio de la hora (a plena carga) tendrá una corriente de descarga Icc-1, y en el minuto 59 una intensidad de descarga Icc-2 inferior.

3.º) En función de la forma de trabajo del SAI:

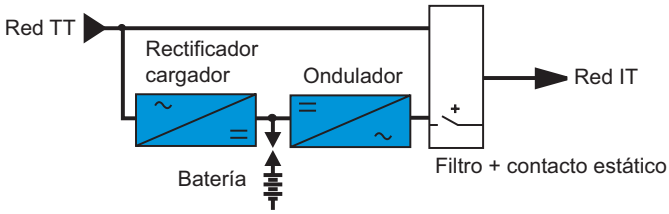
■ En paralelo “off-line” y “line-interactive”.

El SAI sólo trabaja al fallo de la red de alimentación y entonces existe una separación del circuito de alimentación.

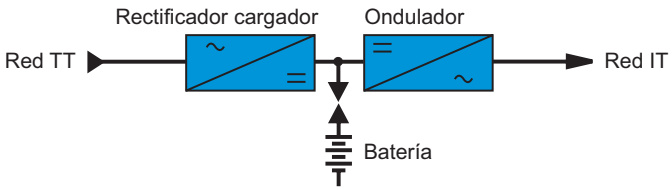
La intensidad de cortocircuito dependerá:

□ Mientras no trabaje el SAI, de la red de alimentación y de la impedancia del circuito.

□ En el momento que trabaje el SAI, el circuito se inicia en él y por tanto dependerá de la capacidad de carga de la batería y de la potencia de cortocircuito del ondulador.



■ En serie “on-line”.
El SAI trabaja siempre, por tanto existe una separación galvánica constante del circuito de alimentación. Sólo dependerá de la capacidad de carga de la batería y de la potencia de cortocircuito del ondulador.



4.º) Las tres alimentaciones están calculadas para que cada una suministre la potencia necesaria para el funcionamiento del circuito, por tanto:
■ Cuando trabajen las dos en paralelo tendremos una intensidad de cortocircuito doble.
■ Cuando trabajen las tres, la intensidad de cortocircuito será triple.

Para poder tener una idea global de la complejidad de las alternativas en el cálculo de una red con SAI ver el capítulo J, apartado 14 “Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)”, página J\|725 del 3.er Volumen.

La potencia de cortocircuito es función de la fuente de alimentación y de la impedancia del circuito, al escoger un SAI que trabaja en serie “on-line”, In = 174 A. La única fuente de alimentación es el propio SAI puesto que se comporta como una separación galvánica permanente.
El rectificador del SAI trabaja permanentemente, absorbiendo energía de la red de corriente alterna y transformándola en corriente continua para cargar las baterías.
La acumulación de energía de las baterías se mantendrá a plena carga mientras el rectificador la mantenga.
El ondulador recoge la energía de la carga de las baterías en corriente continua y la transforma en corriente alterna.
El fabricante del SAI lo construye con un dispositivo de protección del ondulador que limita la intensidad máxima a 2,6 In durante 1 segundo.
El SAI suministra una potencia constante de 120 kVA durante una hora, por tanto ha de controlar la carga para mantener una relación entre la intensidad y la tensión de la batería para mantener un suministro constante a la carga. Un registro de la tensión nos permite conocer el límite de posibilidad de mantener la potencia de suministro, en el momento que la tensión de la batería baja del registro (supongamos al cabo de una hora) corta la conexión de la batería al ondulador, por tanto la fuente de alimentación queda desconectada. En este punto la intensidad máxima que puede suministrar el SAI es de 1,6 In. Por tanto el SAI puede suministrar de 2,6 · 174 A = 452,4 A a 1,6 · 174 A = 278,4 A.
Cuando trabajen dos SAI en paralelo la intensidad a suministrar será la misma, pero la potencia en reserva el doble y cuando trabajen tres el triple.

Al disponer de dos o tres SAI nunca llegaremos a vaciar las baterías en el punto de tensión que solo puedan proporcionar 1,6 In en cortocircuito, lo normal es que se reduzca en una hora a 2,2 In, pero por seguridad consideraremos el mínimo de 1,6 I_n.

Tabla de valores corrientes de cortocircuito régimen IT						
Tramo	Impedancia en Ω		Intensidad de cortocircuito (A)			
			Máxima carga		Mínima carga	
1	2 Tramo	3 Desde F	4 3 SAI	5 2 SAI	6 3 SAI	7 2 SAI
SAI			1357	905	835	557
Punto F		0,001323	1351	902	833	556
F-G		0,002269	1347	900	831	555
F-H		0,002361	1347	900	831	555
F-I		0,002453	1346	900	831	555
F-G'		0,0048	1336	895	827	553
F-H'		0,019626	1274	867	803	542
F-I'		0,032001	1227	845	784	534
G'-J	0,0027	0,0075	1324	890	823	551
G'-K	0,0027	0,0075	1324	890	823	551
G'-L	0,05115	0,05595	1145	805	750	517
J-S	0,022179	0,029679	1236	849	788	535
K-T	0,041015	0,048515	1169	817	760	522
H'-M	0,0027	0,022326	1264	862	799	540
H'-N	0,0027	0,022326	1264	862	799	540
H'-O	0,05115	0,070776	1100	783	730	508
M-U	0,01942	0,041963	1192	828	769	527
N-V	0,02147	0,043891	1185	825	767	525
I'-P	0,0027	0,034701	1217	840	780	532
I'-Q	0,0027	0,034701	1217	840	780	532
I'-R	0,03705	0,069051	1105	785	732	509
P-X	0,01954	0,054394	1150	808	752	518
Q-Y	0,02147	0,056358	1144	805	749	517

Tabla L6.4-446: *valores de las corrientes de cortocircuito en la red de régimen IT.*

En la tabla adjunta podemos apreciar los datos de la hoja de cálculo de las corrientes de cortocircuito correspondientes a la red de régimen IT, partiendo de los cálculos previos de las impedancias y las corriente de cortocircuito de origen:

Columna 1.ª: referencia de los puntos considerados.

Columna 2.ª: la impedancia del tramo considerado.

Columna 3.ª: la impedancia desde el punto F + Z_{70}.

Columna 4.ª: la intensidad de cortocircuito simétrica, capaz de proporcionar a plena carga tres SAI en paralelo Icc = 3 · 2,6 · In = 3 · 2,6 · 174 A = = 1.357 A, en el punto considerado:

$$I_{cc(punto)} = \frac{I_{cc(origen)} \cdot U\,(V)}{U\,(V) + (Z_{Tramo} \cdot I_{cc(origen)})}.$$

Columna 5.ª: la intensidad de cortocircuito simétrica, capaz de proporcionar a plena carga dos SAI en paralelo Icc = 2 · 2,6 · In = 2 · 2,6 · 174 A = = 905 A, en el punto considerado:

$$I_{cc(punto)} = \frac{I_{cc(origen)} \cdot U\,(V)}{U\,(V) + (Z_{Tramo} \cdot I_{cc(origen)})}.$$

Columna 6.ª: la intensidad de cortocircuito simétrica, capaz de proporcionar a baja carga tolerada (1 hora) tres SAI en paralelo Icc = 3 · 1,6 · In = = 3 · 1,6 · 174 A = 835 A, en el punto considerado:

$$I_{cc(punto)} = \frac{I_{cc(origen)} \cdot U\ (V)}{U\ (V) + (Z_{Tramo} \cdot I_{cc(origen)})}.$$

Columna 7.ª: la intensidad de cortocircuito simétrica, capaz de proporcionar a baja carga tolerada (1 hora) dos SAI en paralelo Icc = 2 · 1,6 · In = = 2 · 1,6 · 174 A = 557 A, en el punto considerado:

$$I_{cc(punto)} = \frac{I_{cc(origen)} \cdot U\ (V)}{U\ (V) + (Z_{Tramo} \cdot I_{cc(origen)})}.$$

La intensidad asimétrica la podemos calcular mediante la fórmula:

$I_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$; siendo el valor de K = 1 en nuestro caso.

Al escoger SAI "on-line", con total separación galvánica, la fuente se inicia en el punto de unión de los SAI en paralelo (F). De este punto situado en el cuadro general de baja tensión CGBT, se distribuye a los cuadros de las tres plantas, puntos G-H-I.

Tramo correspondiente del cuadro de control de los SAI al cuadro general de baja tensión CGBT

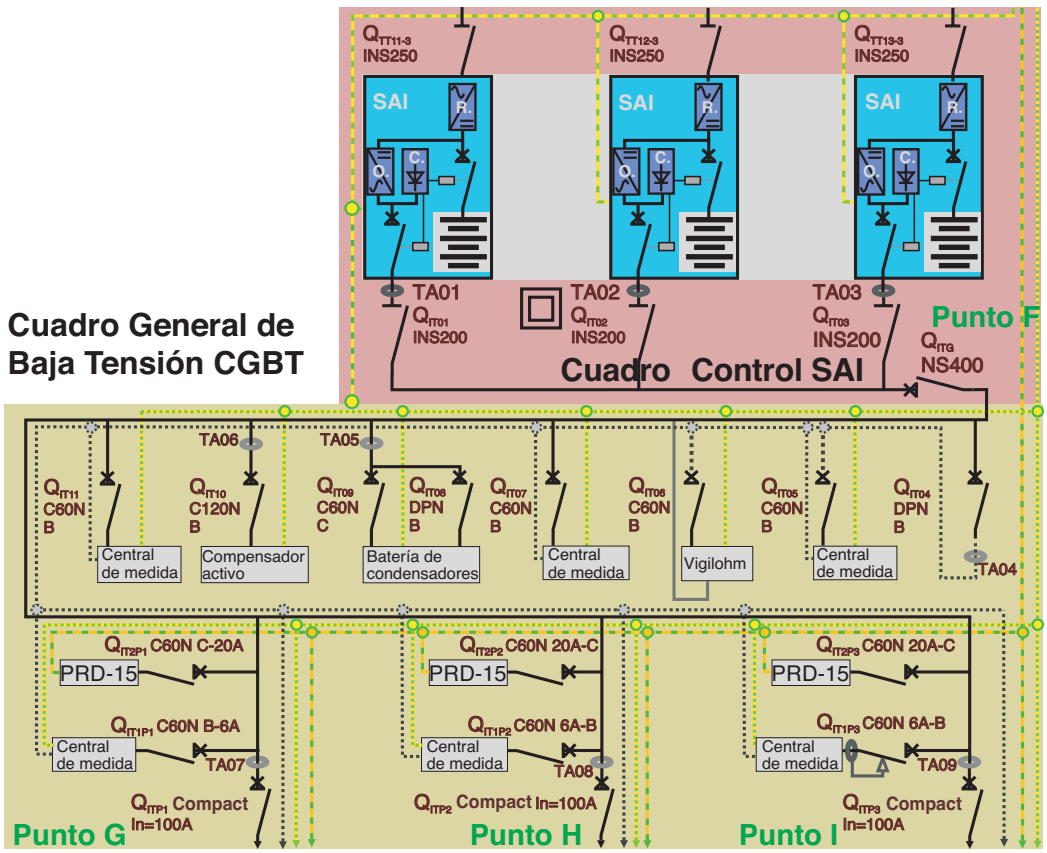


Fig. L6.4-447: *tramo de circuito de la salida de los SAI hasta el cuadro CGBT, y de éste a las salidas a los cuadros de distribución de las plantas.*

Tramo correspondiente de las salidas del cuadro general de baja tensión a los cuadros de distribución de las planta

Realizado con conducciones de cables y canalizaciones prefabricadas de los puntos G al G', del H al H' y del I al I'.

Tramo de la entrada del cuadro de distribución de la primera planta CDP 1.ª, punto G', a las salidas de las líneas puntos J-K-L, y de éstos al final de las redes puntos S-T

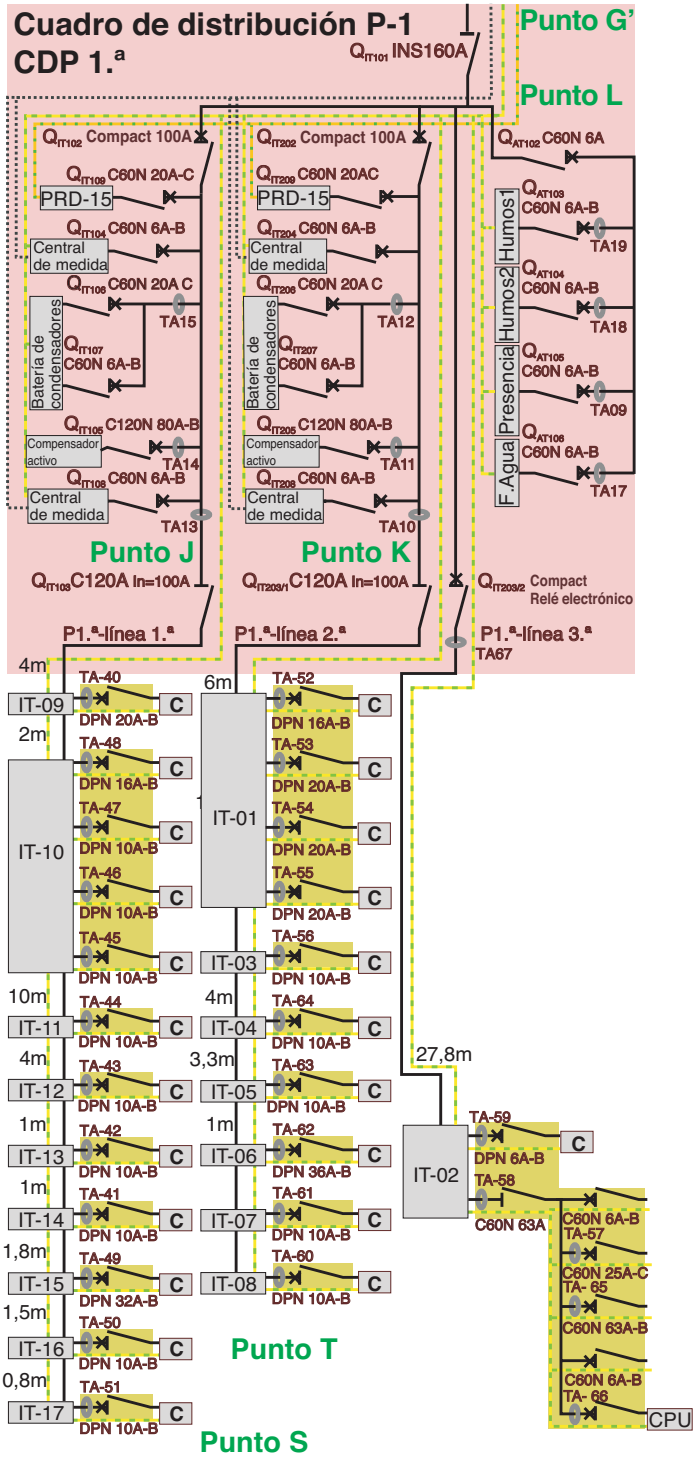


Fig. L6.4-448: *tramo de circuito de la entrada del CDP 1.ª hasta las salidas, y de éstas hasta la última caja de conexiones de las líneas de distribución.*

Tramo de la entrada del cuadro de distribución de la segunda planta CDP 2.ª, punto H', a las salidas de las líneas puntos M-N-O, y de éstos al final de las redes puntos U-V

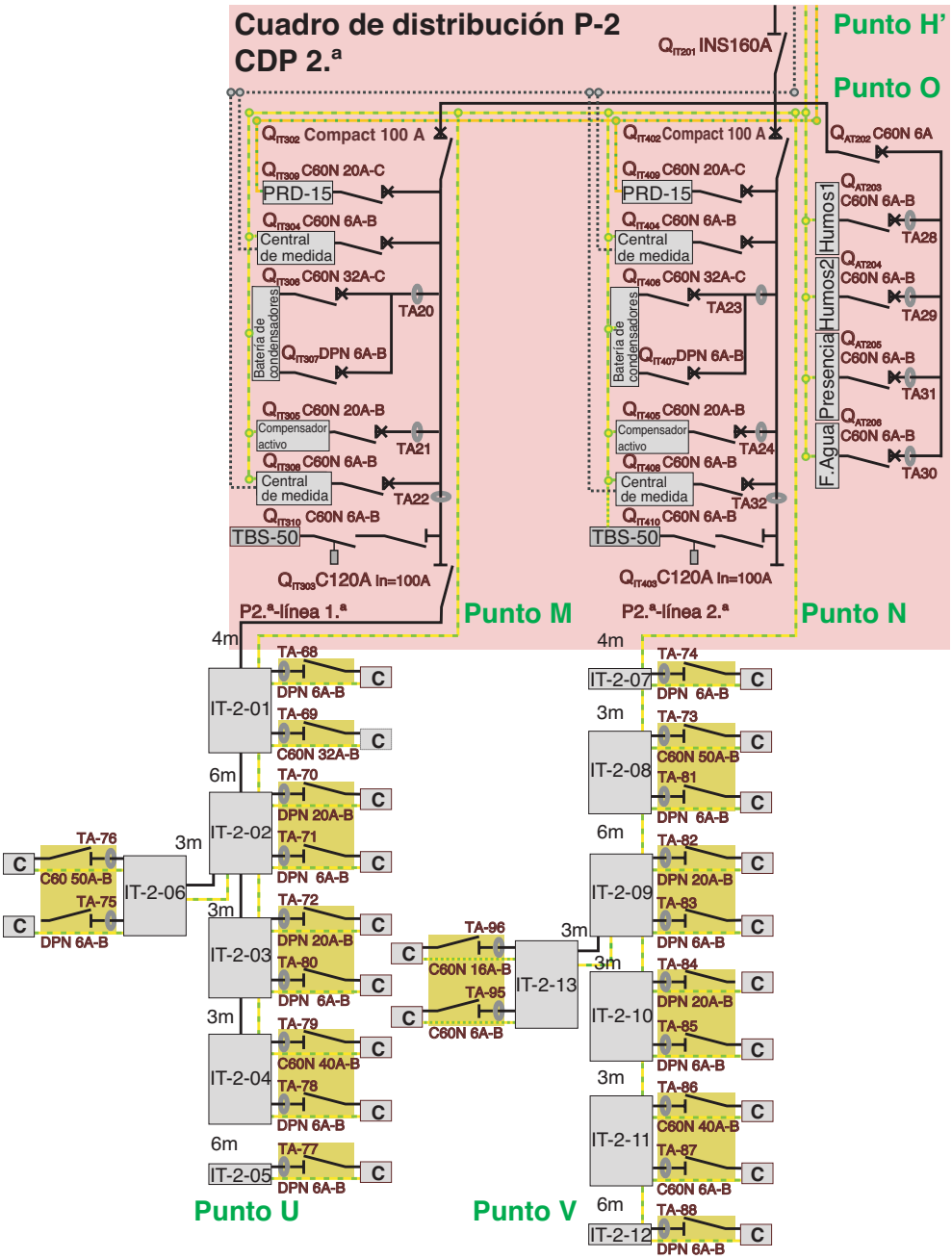


Fig. L6.4-449: *tramo de circuito de la entrada del CDP 2.ª hasta las salidas, y de éstas hasta la última caja de conexiones de las líneas de distribución.*

Tramo de la entrada del cuadro de distribución de la tercera planta CDP 3.ª, punto l', a las salidas de las líneas puntos P-Q-R, y de éstos al final de las redes puntos X-Y

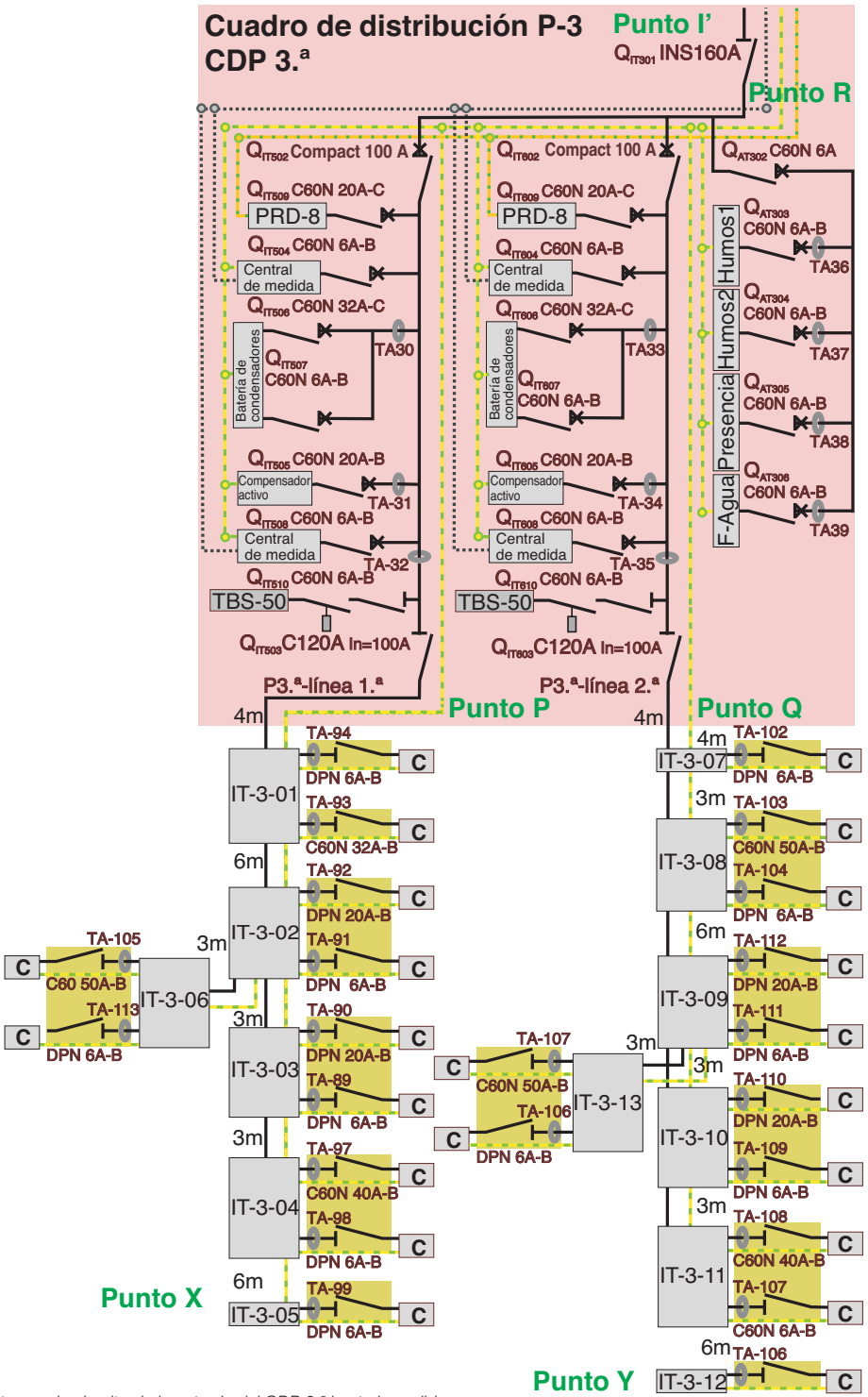


Fig. L6.4-450: *tramo de circuito de la entrada del CDP 3.ª hasta las salidas, y de éste hasta la última caja de conexiones de las líneas de distribución.*

Cálculo de los conductores de protección

Ver apartado “Conductores de protección”, página H1/109 del 2.º Volumen.
En el apartado “Dimensionamiento”, página H1/111 del 2.º Volumen, encontraremos los métodos de cálculo de los conductores de protección. En nuestro caso utilizaremos el método simple para el circuito de régimen IT y el TT.

Cálculo de los conductores de protección en el régimen TT

Efectuaremos un cálculo previo de los conductores de protección para su dimensionado y un ajuste de los mismos con el cálculo de las corrientes de choque.

Red de régimen TT

■ Del punto B al punto C.
La conducción entre estos dos puntos se realiza con una canalización prefabricada KSA de 630 A.
Sección equivalente de las fases de 300 mm^2 en Cu.
La resistividad es de 0,074 mΩ/m.
Se utiliza la carcasa de la canalización como conductor de protección. La resistividad del conductor de protección según el fabricante es igual a la de las fases 0,074 mΩ/m, por tanto se debe considerar una sección de 300 mm^2 en Cu.
Para las conexiones en el interior del cuadro de control y medida utilizaremos una sección: $S_{PE} = S_f/2 = 300\ mm^2/2 = 150\ mm^2$.
■ Del punto C al punto D.
Se trata de las conexiones del conductor PE en el cuadro general de baja tensión CGBT.
La llegada del conductor de protección se realiza con la canalización prefabricada KSA de 630 A, y de ella al embarrado general del cuadro. Tanto las conexiones de las dos canalizaciones de llegada como la barra del conductor de protección deben tener una sección equivalente en cobre de 150 mm^2.
Del punto D al punto E-E1-E2-E3.
■ Del punto D al punto E.
Son las conexiones desde el cuadro general de baja tensión CGBT, al cuadro de control de los SAI.
Disponemos de tres salidas para tres SAI con conexiones de conductores tipo XLPE de 70 mm^2.
La sección del conductor de protección: $S_{PE} = S_f/2 = 70\ mm^2/2 = 35\ mm^2$.
■ Del punto D al punto E1.
Son las conexiones desde el cuadro general de baja tensión CGBT, al cuadro de distribución de la primera planta, con conductores en las fases de 95 mm^2.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 95\ mm^2/2 = 47{,}5\ mm^2 \Rightarrow 50\ mm^2$.
■ Del punto D al punto E2.
Son las conexiones desde el cuadro general de baja tensión CGBT, al cuadro de distribución de la segunda planta, con una canalización prefabricada KSA250, de una sección equivalente por fase de 105 mm^2.
Se utiliza la carcasa de la canalización como conductor de protección. La resistividad del conductor de protección, según el fabricante es 0,23 mΩ/m, por tanto se debe considerar una sección equivalente en Cu de 97 mm^2 en Cu.
La sección del conductor de protección cumple las condiciones.
■ Del punto D al punto E3.
Son las conexiones desde el cuadro general de baja tensión CGBT, al cuadro de distribución de la tercera planta, con una canalización prefabricada KSA250, de una sección equivalente por fase de 105 mm^2.
Se utiliza la carcasa de la canalización como conductor de protección. La resistividad del conductor de protección según el fabricante es 0,23 mΩ/m, por tanto se debe considerar una sección equivalente en Cu de 97 mm^2 en Cu.
La sección del conductor de protección cumple las condiciones.

■ Del punto E1 a los puntos F1-G1-H1-I1-J1-K1-L1-M1-N1.
Son los puntos de salida de las líneas que derivan del cuadro de distribución de la 1.ª planta CDP 1.ª.
Las conexiones de las diferentes tomas en las fases se realizan con conductor de Cu de 95 mm^2.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 95\ mm^2/2 = 47{,}5\ mm^2 \Rightarrow 50\ mm^2$.
■ Del punto E2 a los puntos F2-G2-H2-I2-L2-M2-N2.
Son los puntos de salida de las líneas que derivan del cuadro de distribución de la 2.ª planta CDP 2.ª.
Las conexiones de las diferentes tomas en las fases se realizan con conductor de Cu de 95 mm^2.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 95\ mm^2/2 = 47{,}5\ mm^2 \Rightarrow 50\ mm^2$.
■ Del punto E3 a los puntos F3-G3-H3-I3-L3-M3-N3.
Son los puntos de salida de las líneas que derivan del cuadro de distribución de la 3.ª planta CDP 3.ª.
Las conexiones de las diferentes tomas en las fases se realizan con conductor de Cu de 95 mm^2.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 95\ mm^2/2 = 47{,}5\ mm^2 \Rightarrow 50\ mm^2$.
■ Del punto F1 al punto F11.
Se trata de la línea de tomas de corriente 1.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C3}, hasta la caja de bornes más alejada CC28 y de ésta al cuadro C28.
La línea es trifásica con neutro de 17,9 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.
■ Del punto G1 al punto G11.
Se trata de la línea de tomas de corriente 2.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C4}, hasta la caja de bornes más alejada CC14 y de ésta al cuadro C14.
La línea es trifásica con neutro de 23,1 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.
■ Del punto H1 al punto H11.
Se trata de la línea de alumbrado 1.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I3}, hasta la caja de bornes más alejada CC28 y de ésta al cuadro C28.
La línea es trifásica con neutro de 17,9 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.
■ Del punto I1 al punto I11.
Se trata de la línea de alumbrado 2.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I4}, hasta la caja de bornes más alejada CC14 y de ésta al cuadro C14.
La línea es trifásica con neutro de 17,9 m y una sección de 6 mm^2 para las fases y de 4 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 6\ mm^2/2 = 3\ mm^2 \Rightarrow 4\ mm^2$.

■ Del punto J1 al punto J11.
Se trata de la línea de acondicionamiento 1.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A3}, hasta la caja de bornes más alejada CC28 y de ésta al cuadro C28.
La línea es trifásica con neutro de 17,9 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.
■ Del punto K1 al punto K11.
Se trata de la línea de acondicionamiento 2.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{IA4}, hasta la caja de bornes más alejada CC14 y de ésta al cuadro C14.
La línea es trifásica con neutro de 23,1 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.
■ Del punto L1 al punto L11.
Se trata de la línea de acondicionamiento 3.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático $Q_{A45\text{-}1}$ o $Q_{A45\text{-}2}$, hasta la caja de bornes más alejada CC06 y de ésta a la bomba de calor del terrado.
La línea es trifásica con neutro de 12 m hasta la caja CC06 y una sección de 25 mm^2 para las fases y de 16 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
■ Del punto M1 al punto M11.
Se trata de la línea de ventilación 1.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A6}, hasta la caja de bornes más alejada CC18 y de ésta al cuadro C18.
La línea es monofásica con neutro de 8,3 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y neutro.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm^2.
■ Del punto N1 al punto N11.
Se trata de la línea de ventilación 2.ª de la 1.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A7}, hasta la caja de bornes más alejada CC04 y de ésta al cuadro C04.
La línea es bifásica con neutro de 15 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y neutro.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm^2.
■ Del punto F2 al punto F22.
Se trata de la línea de tomas de corriente 1.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C103}, hasta la caja de bornes más alejada CC05 y de ésta al cuadro C05.
La línea es trifásica con neutro de 31 m y una sección de 2,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm^2.
■ Del punto G2 al punto G22.
Se trata de la línea de tomas de corriente 2.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C104}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al cuadro C11.
La línea es trifásica con neutro de 36 m y una sección de 6 mm^2 para las fases y de 4 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 6\ mm^2/2 = 3\ mm^2 \Rightarrow 4\ mm^2$.

■ Del punto N2 al punto N22.
Se trata de la línea de agua sanitaria caliente de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C110}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al termo S03.
La línea es trifásica con neutro de 23 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm^2.
■ Del punto H2 al punto H22.
Se trata de la línea de alumbrado 1.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I103} hasta la caja de bornes más alejada CC05 y de ésta al cuadro C05.
La línea es trifásica con neutro de 31 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.
■ Del punto I2 al punto I22.
Se trata de la línea de alumbrado 2.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I104}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al cuadro C11.
La línea es trifásica con neutro de 36 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.
■ Del punto L2 al punto L22.
Se trata de la línea de acondicionamiento de la 2.ª planta sector 1.º, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A105}, hasta la caja de bornes más alejada CC02, de ésta al cuadro C02 y de éste a la bomba de calor del terrado A01.
La línea es trifásica con neutro de 29 m hasta el cuadro C02 y 19 m del cuadro C02 hasta la bomba de calor A01, con una línea trifásica, sección de 25 mm^2 para las fases y de 10 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
■ Del punto M2 al punto M22.
Se trata de la línea de ventilación de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{V106}, hasta la caja de bornes más alejada CC02 y de ésta al ventilador R03.
La línea es trifásica con neutro de 32 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro, sólo dispone de tres cargas que conectan cada una a una de ellas, por tanto consideraremos una línea monofásica.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm^2.
■ Del punto F3 al punto F33.
Se trata de la línea de tomas de corriente 1.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C203}, hasta la caja de bornes más alejada CC05 y de ésta al cuadro C05.
La línea es trifásica con neutro de 31 m y una sección de 2,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm^2.
■ Del punto G3 al punto G33.
Se trata de la línea de tomas de corriente 2.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C204}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al cuadro C11.

La línea es trifásica con neutro de 36 m y una sección de 6 mm^2 para las fases y de 4 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 6\ mm^2/2 = 3\ mm^2 \Rightarrow 4\ mm^2$.

■ Del punto N3 al punto N33.

Se trata de la línea de agua sanitaria caliente de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{C210}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al termo S03.
La línea es trifásica con neutro de 23 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm^2.

■ Del punto H3 al punto H33.

Se trata de la línea de alumbrado 1.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I203}, hasta la caja de bornes más alejada CC05 y de ésta al cuadro C05.
La línea es trifásica con neutro de 31 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.

■ Del punto I3 al punto I33.

Se trata de la línea de alumbrado 2.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{I204}, hasta la caja de bornes más alejada CC11 y de ésta al cuadro C11.
La línea es trifásica con neutro de 36 m y una sección de 4 mm^2 para las fases y de 2,5 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 4\ mm^2/2 = 2\ mm^2 \Rightarrow 2{,}5\ mm^2$.

■ Del punto L3 al punto L33.

Se trata de la línea de acondicionamiento de la 3.ª planta sector 1.º, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{A205} hasta la caja de bornes más alejada CC02, de ésta al cuadro C02 y de éste a la bomba de calor del terrado A01.
La línea es trifásica con neutro de 29 m hasta el cuadro C02 y 16 m del cuadro C02 hasta la bomba de calor A01, con una línea trifásica, sección de 25 mm^2 para las fases y de 10 mm^2 para el neutro.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.

■ Del punto M3 al punto M33.

Se trata de la línea de ventilación de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{V206}, hasta la caja de bornes más alejada CC02 y de ésta al ventilador R03.
La línea es trifásica con neutro de 32 m y una sección de 1,5 mm^2 para las fases y de 1,5 mm^2 para el neutro, sólo dispone de tres cargas que conectan cada una a una de ellas, por tanto consideraremos una línea monofásica.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC, la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm^2.

Red de régimen IT

■ De los bornes de salida de los SAI hasta el punto F.

De los bornes del SAI a los bornes del interruptor automático Q_{IT01} o Q_{IT02} o Q_{IT03}, con conductores de 70 mm^2 por fase y 50 mm^2 para el neutro y una longitud de 12 m.
La sección del conductor de protección:
$S_{PE} = S_f/2 = 70\ mm^2/2 = 35\ mm^2$.

■ Del punto F al punto G.
Es la parte de instalación del CGBT, hasta la salida al cuadro de la 1.ª planta:
□ Tramo de embarrado de la alimentación hasta la derivación.
Embarrado con pletinas de 25 mm · 3 mm = 75 mm^2. Longitud 1 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 75\ mm^2/2 = 37{,}5\ mm^2 \Rightarrow (10 \cdot 3) = 33\ mm^2$.
□ Conductor de conexiones.
Del embarrado a los bornes del interruptor automático Q_{ITP1} con conductores de 35 mm^2 por fase y 35 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 35\ mm^2/2 = 17{,}5\ mm^2 \Rightarrow 25\ mm^2$.
■ Del punto F al punto H.
Es la parte de instalación del CGBT hasta la salida al cuadro de la 2.ª planta:
□ Tramo de embarrado de la alimentación hasta la derivación.
Embarrado con pletinas de 25 mm · 3 mm = 75 mm^2. Longitud 1 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 75\ mm^2/2 = 37{,}5\ mm^2 \Rightarrow (10 \cdot 3) = 33\ mm^2$.
□ Conductor de conexiones.
Del embarrado a los bornes del interruptor automático Q_{ITP2} con conductores de 35 mm^2 por fase y 35 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 35\ mm^2/2 = 17{,}5\ mm^2 \Rightarrow 25\ mm^2$.
■ Del punto F al punto I.
Es la parte de instalación del CGBT hasta la salida al cuadro de la 3.ª planta:
□ Tramo de embarrado de la alimentación hasta la derivación.
Embarrado con pletinas de 25 mm · 3 mm = 75 mm^2. Longitud 1 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 75\ mm^2/2 = 37{,}5\ mm^2 \Rightarrow (10 \cdot 3) = 33\ mm^2$.
□ Conductor de conexiones.
Del embarrado a los bornes del interruptor automático Q_{ITP3} con conductores de 35 mm^2 por fase y 35 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 35\ mm^2/2 = 17{,}5\ mm^2 \Rightarrow 25\ mm^2$.
■ Del punto G al punto G'.
Es la parte de instalación de la salida al cuadro CGBT de la 1.ª planta, hasta la entrada del cuadro de distribución de la 1.ª planta.
Tramo de conducción con conductores de 25 mm^2, longitud de 1,8 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
■ Del punto H al punto H'.
Es la parte de instalación de la salida al cuadro CGBT de la 2.ª planta, hasta la entrada del cuadro de distribución de la 2.ª planta:
□ Tramo de conducción con conductores de 25 mm^2, longitud de 1 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
□ Tramo canalización prefabricada KN100, la resistencia del conductor de protección es de 0,73 mΩ/m y equivale a una sección del 30 mm^2 de Cu, suficiente para la longitud del tramo.
■ Del punto I al punto I'.
Es la parte de instalación de la salida al cuadro CGBT de la 1.ª planta, hasta la entrada del cuadro de distribución de la 3.ª planta:
□ Tramo de conducción con conductores de 25 mm^2, longitud de 1 m.
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
□ Tramo canalización prefabricada KN100, la resistencia del conductor de protección es de 0,73 mΩ/m equivale a una sección del 30 mm^2 de Cu, suficiente para la longitud del tramo.
■ Del punto G' al punto J.
Es la parte de instalación desde la entrada al CGBT 1.ª planta hasta el punto J (salida del ramal 1.º) del cuadro de la 1.ª planta:
□ Conductor de conexiones de las fases.
Del interruptor seccionador Q_{IT101} al interruptor automático Q_{IT102}, ramal 1.º. Con conductores de 25 mm^2 por fase y 25 mm^2 para el neutro y una longitud de 1 m.

Del interruptor automático Q_{IT102} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{IT103}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Las conexiones de las fases se reralizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.

■ Del punto G' al punto K.

Es la parte de instalación desde la salida del CGBT hasta el punto K (salida del ramal 2.º) del cuadro de la 1.ª planta:

□ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT101} al interruptor automático del Q_{IT202}, ramal 2.º. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Del interruptor seccionador Q_{IT202} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Del juego de bornes múltiples al interruptor automático Q_{IT203}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Las conexiones de las fases se reralizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.

■ Del punto G' al punto L.

Es la parte de instalación desde la salida del CGBT hasta el punto L (salida del ramal para "alarmas técnicas") del cuadro de la 1.ª planta:

□ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT101} al interruptor automático Q_{AT102}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Las conexiones de las fases se reralizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
Del interruptor automático Q_{AT102} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,6 m.
A partir de este punto se ramifican las salidas para las líneas de las diversas alarmas técnicas, hasta las cabeceras de los interruptores automáticos Q_{AT103}, Q_{AT104}, Q_{AT105} y Q_{AT106}.
Conductor de conexiones de los bornes múltiples a las cabeceras de los interruptores automáticos, bipolares. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC, la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm².

■ Del punto J al punto S.

Se trata de la línea de distribución 1.ª, desde el origen de la línea, el interruptor seccionasor Q_{IT103}, hasta la caja de bornes más alejada IT-17 y de ésta al cuadro C-IT-17.
La línea es trifásica con neutro de 26,1 m y una sección de 35 mm² para las fases y de 25 mm² para el neutro.

□ Conducción de los bornes del interruptor seccionador Q_{IT103} hasta los bornes de la caja de derivaciones IT-17.

□ Conducción de los bornes de la caja IT-17 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C-IT-17. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.

Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.

■ Del punto K al punto T.

Se trata de la línea de distribución 2.ª, desde el origen de la línea, el interruptor seccionador Q_{IT203}, hasta la caja de bornes más alejada IT-01 y de ésta al cuadro C-IT-01.
La línea es trifásica con neutro de 29,3 m y una sección de 35 mm² para las fases y de 35 mm² para el neutro:

□ Conducción de los bornes del interruptor seccionador Q_{IT203} hasta los bornes de la caja de derivaciones IT-01.
□ Conducción de los bornes de la caja IT-01 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C-IT-01. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.
Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
■ Del punto H' al punto O.
Es la parte de instalación desde la entrada al CGBT 2.ª planta hasta el punto O (salida del ramal "alarmas técnicas") del cuadro de la 2.ª planta:
□ Conductor de conexiones.
Del interruptor seccionador Q_{IT201} al interruptor automático Q_{AT202}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
Del interruptor automático Q_{AT202}, a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,6 m.
A partir de este punto se ramifican las salidas para las líneas de las diversas alarmas técnicas, hasta las cabeceras de los interruptores automáticos Q_{AT203}, Q_{AT204}, Q_{AT205} y Q_{AT206}.
Conductor de conexiones de los bornes múltiples a las cabeceras de los interruptores automáticos, bipolares. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC, la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm².
■ Del punto M al punto U.
Se trata de la línea de distribución 1.ª de la 2.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor seccionador Q_{IT303} hasta la caja de bornes más alejada IT-17 y de ésta al cuadro C-IT-17.
La línea es trifásica con neutro de 22 m y una sección de 25 mm² para las fases y de 25 mm² para el neutro:
□ Conducción de los bornes del interruptor seccionador Q_{IT303} hasta los bornes de la caja de derivaciones IT-2-05.
□ Conducción de los bornes de la caja IT-2-05 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C-IT-2-05. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.
Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
■ Del punto N al punto V.
Se trata de la línea de distribución 2.ª, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{IT403} hasta la caja de bornes más alejada IT-2-12 y de ésta al cuadro C-IT-2-12.
La línea es trifásica con neutro de 25 m y una sección de 25 mm² para las fases y de 25 mm² para el neutro:
□ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{IT403} hasta los bornes de la caja de derivaciones C-IT-2-12.
□ Conducción de los bornes de la caja IT-2-12 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C-IT-2-12. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.
Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
■ Del punto I' al punto P.
Es la parte de instalación desde la entrada al CGBT 2.ª planta hasta el punto P (salida del ramal 1.º) del cuadro de la 3.ª planta:
□ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT301} al interruptor automático del Q_{IT502}, ramal 1.º. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Del interruptor automático Q_{IT502} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{IT503}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.

■ Del punto I' al punto Q.

Es la parte de instalación desde la entrada al CGBT 3.ª planta hasta el punto Q (salida del ramal 2.º) del cuadro de la 3.ª planta:

□ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT301} al interruptor del Q_{IT602}, ramal 2.º. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Del interruptor automático Q_{IT602}, a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Del juego de bornes múltiples al interruptor seccionador Q_{IT603}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.

■ Del punto I' al punto R.

Es la parte de instalación desde la entrada al CGBT 3.ª planta hasta el punto R (salida del ramal "alarmas técnicas") del cuadro de la 3.ª planta:

□ Conductor de conexiones.

Del interruptor seccionador Q_{IT301} al interruptor automático Q_{AT302}. Con conductores de 25 mm² por fase y 25 mm² para el neutro y una longitud de 1 m.
Del interruptor automático Q_{AT302} a un juego de bornes múltiples. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,6 m.
Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.
A partir de este punto se ramifican las salidas para las líneas de las diversas alarmas técnicas, hasta las cabeceras de los interruptores automáticos Q_{AT303}, Q_{AT304}, Q_{AT305} y Q_{AT306}.

■ Conductor de conexiones de los bornes múltiples a las cabeceras de los interruptores automáticos, bipolares. Con conductores de 1,5 mm² por fase y 1,5 mm² para el neutro y una longitud de 0,8 m.
La sección del conductor de protección: en la normativa UNE e IEC, la mínima sección para un conductor protegido mecánicamente es de 2,5 mm².

■ Del punto P al punto X.

Se trata de la línea de distribución 1.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{IT503}, hasta la caja de bornes más alejada IT-3-05 y de ésta al cuadro C-IT-3-05.
La línea es trifásica con neutro de 22 m y una sección de 25 mm² para las fases y de 25 mm² para el neutro:

□ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{IT503} hasta los bornes de la caja de derivaciones IT-2-05.

□ Conducción de los bornes de la caja IT-2-05 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C-IT-2-05. Conductor de 25 mm² con una longitud de 3 m.

Las conexiones de las fases se reralizan con secciones de 25 mm².
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.

■ Del punto Q al punto Y.

Se trata de la línea de distribución 2.ª de la 3.ª planta, desde el origen de la línea, el interruptor automático Q_{IT603}, hasta la caja de bornes más alejada IT-3-12 y de ésta al cuadro C-IT-3-12.

La línea es trifásica con neutro de 25 m y una sección de 25 mm^2 para las fases y de 25 mm^2 para el neutro:
□ Conducción de los bornes del interruptor automático Q_{IT603} hasta los bornes de la caja de derivaciones C-IT-2-12.
□ Conducción de los bornes de la caja IT-2-12 hasta los bornes del interruptor automático bipolar del cuadro C-IT-2-12. Conductor de 25 mm^2 con una longitud de 3 m.
Las conexiones de las fases se realizan con secciones de 25 mm^2.
$S_{PE} = S_f/2 = 25\ mm^2/2 = 12{,}5\ mm^2 \Rightarrow 16\ mm^2$.

6.4.5. Medidas de protección para garantizar la seguridad

6.4.5.1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos

En el apartado 6.3. "Instalaciones eléctricas en viviendas", subapartado "Las medidas de protección contra los choques eléctricos", página Ll617 de la 1.ª parte de este Volumen, se expone la tecnología a la protección de los choques eléctricos en viviendas. Así mismo, a lo largo del capítulo G del 2.º Volumen se exponen los fundamentos de este apartado y solamente se añade un resumen de conceptos para detallar las soluciones en los diferentes esquemas de conexión a tierra ECT.

Los ECT en BT se caracterizan por la forma de conexión a tierra del secundario del transformador MT/BT y las formas de conexión de las masas de la instalación. Cada modelo de ECT puede aplicarse al montaje de una instalación eléctrica de BT, pero varios ECT pueden coexistir en una misma instalación; ver, por ejemplo, la Fig. L6.4-451).

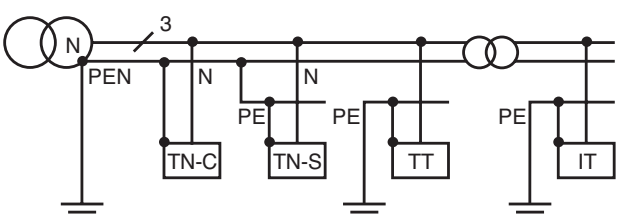


Fig. L6.4-451: *ejemplo de coexistencia entre los diversos ECT.*

Puesta a neutro o esquema TN

Ante un defecto de aislamiento, la corriente de defecto I_d no está limitada más que por la impedancia de los cables del bucle de defecto $I_d = \dfrac{U_0}{R_{L1} + R_d + R_{PE}}$.

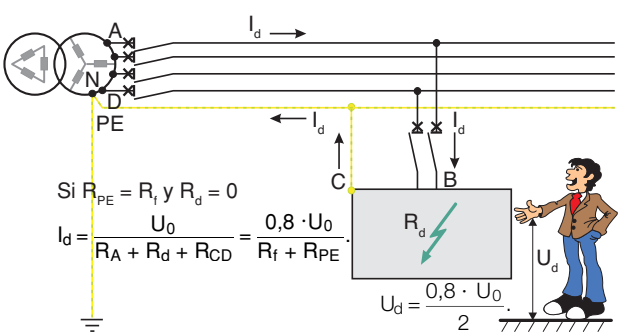


Fig. L6.4-452: *corriente y tensión de defecto en el esquema TN.*

Para una salida y en el supuesto de que $R_d \cong 0$: $I_d = \frac{0{,}8 \cdot U_0}{R_{L1} + R_{PE}}$.

En efecto, durante un cortocircuito se admite que las impedancias aguas arriba, de la salida considerada, provocan una caída de tensión del orden del 20% sobre la tensión simple U_0, que es la tensión nominal entre fase y tierra; de ahí el coeficiente 0,8.

I_d genera, entonces, una tensión de defecto, respecto a tierra: $U_d = R_{PE} \cdot I_d$.

Donde: $U_d = 0{,}8 \cdot U_0 \frac{R_{PE}}{R_{L1} + R_{PE}}$.

Para redes de 230/400 V esta tensión es del orden de $U_0/2$ (si $R_{PE} = R_{L1}$), esta tensión es peligrosa porque es superior a la tensión límite de seguridad, incluso en ambiente seco (U_L = 50 V). Entonces es necesario asegurar un corte de tensión automático e inmediato de la instalación o de parte de la instalación.

Siendo el defecto de aislamiento similar a un cortocircuito fase-neutro, el corte se realiza con un dispositivo de protección contra cortocircuito (DPCC) con un tiempo máximo de corte en función de U_L.

Instalación

Para estar seguro de que la protección es realmente activa hace falta, sea el que sea el punto del defecto, que la corriente I_d sea superior al umbral de funcionamiento de la protección I_a (regulación del relé de desconexión del interruptor automático) ($I_d > I_a$). Esta condición debe verificarse durante el diseño de la instalación con los cálculos de la corriente de defecto, y esto para cada uno de los circuitos de distribución.

Un mismo recorrido del conductor de protección (PE) y de los conductores activos facilita el cálculo y está recomendado por las normas IEC y UNE.

Para garantizar esta condición hay otra forma, que consiste en imponer un valor máximo de impedancia a los bucles de defecto en función del tipo de calibre de los DPCC escogidos (ver la norma inglesa BS7671). Este método puede llevar a aumentar las secciones de los conductores activos y/o del de protección.

Otro aspecto a verificar, para asegurar que el DPCC protegerá personas, es calcular la longitud máxima, que ninguna salida habrá de sobrepasar, para un margen de protección I_a dado:

■ Para calcular I_d y $L_{máx}$ se pueden utilizar tres métodos simples:

- El método de las impedancias.
- El método de composición.
- El método convencional.

Esta última deriva de la ecuación: $I_d = \frac{0{,}8 \cdot U_0}{Z} = \frac{0{,}8 \cdot U_0}{R_{L1} + R_{PE}} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_{L1}}{\rho \cdot (1 + m) \cdot L}$.

■ Para que la protección asegure bien su funcionamiento, es necesario que $I_a < I_d$; de donde $L_{máx}$, longitud máxima permitida por la protección que tiene el margen I_a, es: $L_{máx} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_{L1}}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$.

Donde:

$L_{máx}$: longitud máxima en (m).
U_0: tensión simple, 230 V para una red trifásica de 400 V.
ρ: resistividad $\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$.
I_a: corriente de corte automático:
– Para un interruptor automático $I_a = I_m$ (I_m corriente de funcionamiento del relé magnético o de corto retardo).
– Para un fusible, corriente tal que el tiempo total de corte del fusible (tiempo de prearco + tiempo de arco) sea conforme a la norma.

$m = \frac{S_{L1}}{S_{PE}}$.

Si la línea es de una longitud superior a $L_{máx}$, hay que o bien disminuir I_a, o bien aumentar S_{PE}, o bien instalar un dispositivo diferencial residual (DDR).

Neutro a tierra o esquema TT

Ante un fallo de aislamiento, la corriente de defecto I_d (Fig. L6.4-453) está limitada sobre todo por las resistencias a tierra (si la conexión a tierra de las masas y conexión a tierra del neutro no son la misma).

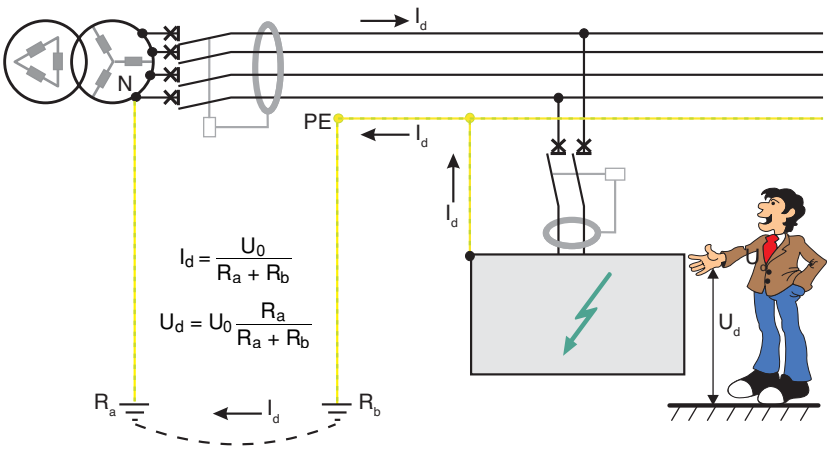


Fig. L6.4-453: *corriente y tensión de defecto en un esquema TT.*

Siempre con la hipótesis de que $R_d = 0$, la corriente de defecto es: $I_d = \frac{U_0}{R_a + R_b}$.

Esta corriente de defecto genera una tensión de defecto en función de la resistencia a tierra de los receptores: $U_d = R_a \cdot I_d$ o bien $U_d = \frac{U_0 \cdot R_a}{R_a + R_b}$.

Siendo bajas las resistencias a tierra y del mismo orden de magnitud ($\cong 10\ \Omega$), esta tensión, del orden de $U_0/2$, es peligrosa; por tanto, es obligatorio prever una desconexión automática de la parte de la instalación afectada por el defecto.

Instalación

En la cabecera de la instalación es necesario colocar, por lo menos, un DDR, puesto que la corriente de defecto, más allá de la cual hay riesgo $I_{d0} = \frac{U_L}{R_a}$, es muy inferior a la de ajuste de los dispositivos de protección de las sobreintensidades.
Para mejorar la disponibilidad de la energía eléctrica, el empleo de varios DDR permite conseguir una selectividad de disparo, amperimétrica y cronométrica.
Todos estos DDR tendrán un margen de corriente asignada $I_{\Delta n}$ inferior a I_{d0}.
La desconexión de la tensión, por la actuación de los DDR, debe realizarse dentro de los tiempos permitidos por la IEC en cada situación.
Hay que destacar que la protección por medio de DDR:
- Es independiente de la longitud de los cables.
- Permite varias tomas de tierra R_a separadas (disposición no deseable, por que el PE ya no es una referencia de potencial único para todo el conjunto de la instalación).

Neutro aislado o impedante, o esquema IT

El neutro está aislado, no está conectado a tierra.
Las tomas de tierra de las masas están totalmente interconectadas (como para el ECT TN o TT).

Funcionando normalmente (sin defecto de aislamiento), la red está puesta a tierra por la impedancia de fuga de la red.
Recuérdese que la impedancia natural de fuga a tierra de un cable trifásico, de 1 km de longitud, se caracteriza por los valores típicos:

- C = 1 μF/km.
- R = 1 MΩ/km.

Que a 50 Hz dan:

- $Z_{cf} = \frac{1}{j \cdot C \cdot \omega} = 3.200\ \Omega$.
- $Z_{rf} = R_f = 1\ M\Omega$.

Ver apartado "Caso de sistema sin reactancia de puesta a tierra", página G/71 del 2.º Volumen.

Por tanto: $Z_{rf} \cong R_f \cong 3.200\ \Omega$.
Para determinar bien el potencial de una red en IT respecto a tierra, es aconsejable, sobre todo si es corta, colocar una impedancia entre el neutro del transformador y tierra... es el esquema IT llamado de neutro impedante.

Comportamiento al primer fallo

Neutro aislado

La corriente de defecto se establece como sigue (valor máximo en caso de defecto franco y neutro no distribuido):
$I_f = I_{c1} + I_{c2}$ con: $I_{c1} = j \cdot C_f \cdot \omega \cdot V_{13}$ y $I_{c2} = j \cdot C_f \cdot \omega \cdot V_{23}$, de donde: $I_d = U_0 \cdot 3\ C_f \cdot \omega$.
Para 1 km de red de 230/400 V, la tensión de defecto será igual a: $U_c = R_b \cdot I_d$ que será 0,7 V si $R_b = 10\ \Omega$. Esta tensión no es peligrosa, por lo que la instalación puede mantenerse en servicio.
Si se distribuye el neutro, la diferencia de potencial del neutro con respecto a tierra añade una corriente $I_d = U_0 \cdot C_f \cdot \omega$ y $I_d = U_0 \cdot 4 \cdot C_r \cdot \omega$.

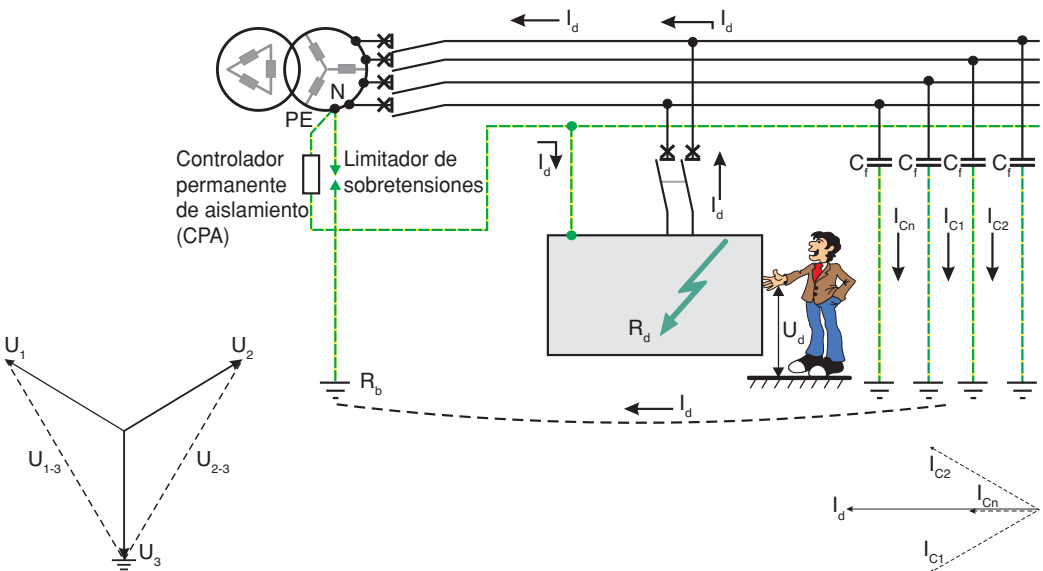


Fig. L6.4-454: *corriente del primer defecto de aislamiento en el esquema IT.*

Neutro impedante

La corriente del primer defecto es: $I_{d0} = \frac{U}{Z_{eq}}$ con $\frac{1}{Z_{eq}} = \frac{1}{Z_n} + 3j \cdot C_f \cdot \omega$.

La tensión de defecto correspondiente resulta débil y no peligrosa y la instalación puede mantenerse en servicio:

- Continuar la explotación sin peligro es muy importante, pero hace falta:
- Saber que hay un defecto.

□ Buscarlo rápidamente y eliminarlo, antes de que se produzca un segundo defecto.
■ Para responder a esta demanda:
□ La información del defecto la da un controlador permanente de aislamiento (CPA) que supervisa todos los conductores activos, incluido el neutro.
□ La búsqueda se realiza con la ayuda de un localizador de defectos.

Comportamiento con el segundo defecto

Cuando aparece un segundo defecto y no se ha eliminado el primero, hay que analizar dos casos:

El defecto afecta al mismo conductor activo

No pasa nada y la explotación puede continuar.

El defecto afecta a dos conductores activos diferentes

Si todas las masas están interconectadas, el defecto doble es un cortocircuito (a través del PE).

El riesgo de electrización es similar al encontrado con el ECT TN. Las condiciones más desfavorables para los DPCC (I_d muy débil), se tienen en el caso que existan salidas que tengan las mismas características de sección y longitud.

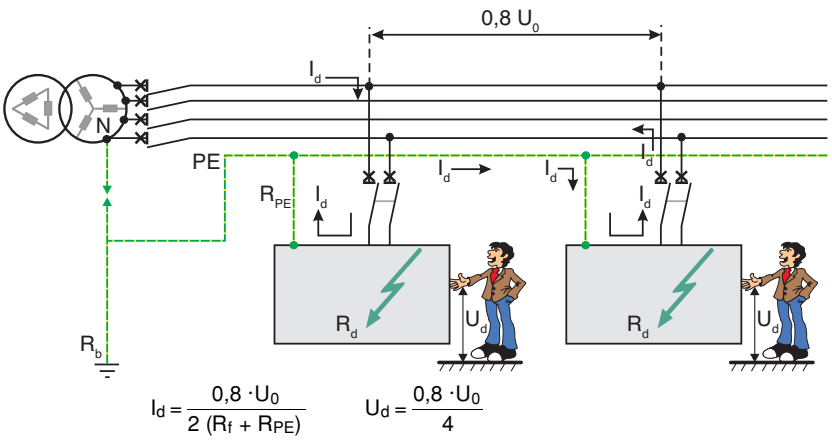


Fig. L6.4-455: *corriente del 2.º defecto en el esquema IT (neutro distribuido) y salidas que tienen la misma sección y longitud.*

■ Los DPCC deben de respetar las relaciones:
□ Si el neutro está distribuido y uno de los dos conductores con defecto es el neutro: $I_a \leq \frac{0{,}8 \cdot U_0}{2 \cdot Z}$.

□ Si el neutro no está distribuido: $I_a \leq \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot Z}$.

Obsérvese que en el caso de que uno de los dos defectos esté sobre el neutro, la corriente de defecto y la tensión de defecto son dos veces menores que en el esquema TN. Esto ha llevado a que, en este caso, las normas autoricen un tiempo de funcionamiento de los DPCC más largo.
■ Como en el ECT TN, la protección por DPCC no es admisible más que para unas longitudes máximas de cable:

□ Neutro distribuido: $L_{máx} = \frac{1}{2} \cdot \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$.

□ Neutro no distribuido: $L_{máx} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$.

Esto a condición de que el neutro esté protegido y que su sección sea igual a la sección de las fases.
El defecto afecta a dos conductores activos diferentes pero no todas las masas están interconectadas.
Para las masas puestas a tierra individualmente o por grupos, cada circuito o cada grupo de circuitos debe de estar protegido por un DDR.
En efecto, en caso de un defecto de aislamiento a nivel de grupos conectados a dos tomas de tierra diferentes, el comportamiento del ECT, respecto al fallo de aislamiento (I_d, U_d), es análogo al del esquema en TT (la corriente defecto pasa por tierra).
La protección de personas contra contactos indirectos está entonces asegurada por la misma forma $I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_a}$.
Nótese que, cumpliendo los tiempos previstos por la normativa, es posible realizar una selectividad cronométrica horizontal para privilegiar la continuidad del servicio en ciertos departamentos.

Nota: para proteger una red de BT aislada de la tierra (IT) contra las elevaciones de tensión (cebado en el transformador MT/BT, contacto accidental con una red de MT), es recomendable la instalación de un limitador de sobretensión entre el punto neutro del transformador MT/BT y la tierra (R_b).

Para tener una visión de síntesis de las magnitudes que caracterizan los diferentes ECT frente a la protección de las personas y bienes, en la tabla L6.4-456 se recogen las fórmulas principales.

		I_d	U_d	$L_{máx}$	Continuidad de servicio
TN		$\frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{r \cdot (1+m) \cdot L}$	$\frac{0{,}8 \cdot U_0}{1+m}$	$\frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{r \cdot (1+m) \cdot I_a}$	Selectividad vertical
TT		$\frac{U_0}{R_a + R_b}$	$\frac{U_0 \cdot R_a}{R_a + R_b}$	Sin problemas	Selectividad vertical
IT	1.er defecto	< 1 A			No desconecta
	Defecto doble con neutro	$\leq \frac{1}{2} \cdot \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{\rho \cdot (1+m) \cdot L}$	$\leq \frac{m}{2} \cdot \frac{0{,}8 \cdot U_0}{1+m}$	$\frac{1}{2} \cdot \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{\rho \cdot (1+m) \cdot I_a}$	Selectividad vertical y posibilidad de selectividad horizontal en beneficio de las salidas de gran intensidad
	Defecto doble entre fases	$\leq \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{\rho \cdot (1+m) \cdot L}$	$\leq \frac{m\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{0{,}8 \cdot U_0}{1+m}$	$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{\rho \cdot (1+m) \cdot I_a}$	

Tabla L6.4-456: *magnitudes características de los ECT.*

■ Recordatorio:
□ La resistividad de los conductores.
□ (m) es la relación de secciones entre los conductores activos y el de protección.
□ La sección del conductor de protección PE, generalmente es de igual sección que las fases, pero puede dimensionarse a la mitad a partir de 35 mm² lo que aumenta la U_d en los esquemas TN y TI.

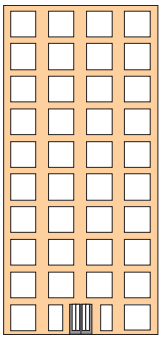
Ejemplos de protecciones a los choques eléctricos en edificios de pública concurrencia

Independientemente de las referencias que se han expuesto al inicio del apartado de protección contra los choques eléctricos se debe tener en consideración lo expuesto en el capítulo F, apartado 5. "La realización y medida de las puestas a tierra", página F\|87 y siguientes del 1.er Volumen, el capítulo G, apartado 8. "Las protecciones contra contactos indirectos, en las instalaciones domésticas", página G\|227 y siguientes del 2.º Volumen, el capítulo H2, apartado 4.2. "Instalación de protecciones contra las sobretensiones en los ejemplos ilustrados", página H2\|267 del

2.º Volumen, así como el capítulo K, apartado 5. "El control de la energía en los ejemplos ilustrados en este manual", página Kl355 y siguientes del 4.ºVolumen.

En un edificio de pública concurrencia nos podemos encontrar con diferentes puestas a tierra:
■ Puesta a tierra en función de las posibles descargas de sobretensiones de origen atmosférico, para todo el edificio, las cuales debemos procurar que no interfieran a las otras puestas a tierra.
■ Puestas a tierra de las instalaciones eléctricas. Estas puestas a tierra pueden ser:
□ Únicas: si todo el edifico está suministrado desde un mismo centro de transformación MT/BT y presenta una homogeneidad constructiva de la arquitectura de la red (la misma conexión de puesta a tierra ECT).
□ Múltiples:
– Si no todo el edificio está suministrado desde un mismo centro de transformación.
– Si las estructuras eléctricas de los abonados no presentan una uniformidad de estructura (diferentes conexiones de puesta a tierra ECT).
□ Que existan centros de transformación con su propia conexión a tierra.
Todos estos circuitos de puesta a tierra deberán mantener unas distancias para que ninguno de ellos pueda inducir sobretensiones, a las demás, capaces de superar el nivel de aislamiento de cada red.
No pretendemos repetir lo expuesto en los apartados referenciados, pero sí que expondremos un resumen de los ejemplos desarollados, con el fin de revivir los criterios fundamentales.

Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de viviendas y locales comerciales



Bloque de viviendas y locales comerciales en las plantas

Las protecciones a las corrientes de choque, en los edificios de pública concurrencia, pueden complicarse muchísimo por la falta de homogeneidad en los suministros eléctricos.
Por ejemplo: el ejemplo ilustrado de un bloque de 36 viviendas (nueve plantas con cuatro viviendas por planta: 36 viviendas por 4 personas = 144 personas) los servicios generales quedan dentro del concepto de pública concurrencia.

ITC-BT-28 01. Campo de aplicación

Igualmente se aplican a aquellos locales clasificados en condiciones BD2, BD3 y BD4, según la norma UNE 20460-3 y a todos aquellos locales no contemplados en los apartados anteriores, cuando tengan una capacidad de ocupación de más de 100 personas.
Esta instrucción tiene por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad, en especial aquellas dedicadas a alumbrado que faciliten la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios.

Los conceptos de BD2, BD3 y BD4 los encontraremos en la Tabla F8-001 de la página F/336 del 1.er Volumen.

BD	Condiciones de evacuación en una emergencia	
BD1	Baja densidad - fácil evacuación	Normal
BD2	Baja densidad - difícil evacuación	Materiales retardantes de la propagación de la llama, del desarrollo del humos y de los gases tóxicos
BD3	Alta densidad - fácil evacuación	
BD4	Alta densidad - difícil evacuación	En estudio

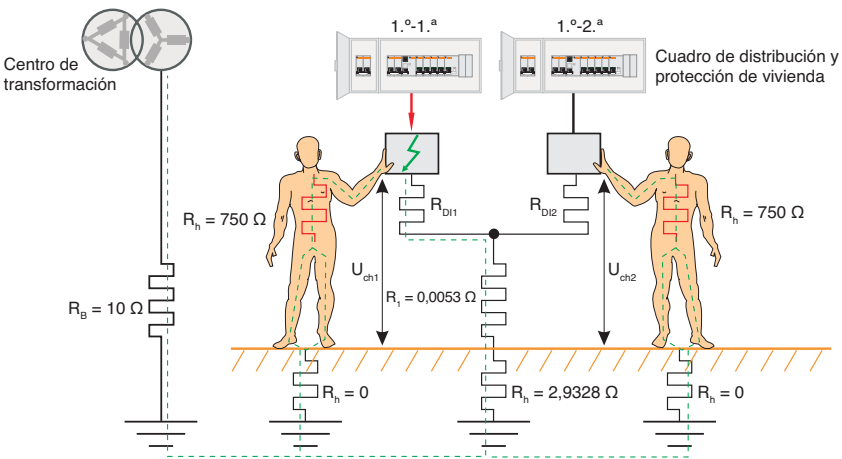
Estas instrucciones nos permiten considerar que los servicios generales de los edificios de más de 100 personas se han de considerar instalaciones de pública concurrencia.

El nuevo reglamento en la instrucción ITC-BT-15 obliga a instalar un conductor de protección individualizado para cada abonado, formando parte de la línea de distribución individual ID.

ITC -BT-15 3. Cables

El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores de la derivación correspondiente y según su potencia, llevando cada línea su correspondiente conductor neutro así como el conductor de protección. En el caso de suministros individuales el punto de conexión se dejará a criterio del proyectista de la instalación. Además, cada derivación individual incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas. No se admitirá el empleo de conductor neutro común ni de conductor de protección común para distintos suministros.

Si analizamos la repercusión de una situación de fuga de una vivienda a otra, por ejemplo entre dos de la primera planta, tendremos:
Supongamos que el abonado de la primera planta, 1.º-1.ª, tiene una fuga y todo el edificio está suministrado desde un solo centro de transformación en régimen TT (ECT TT). Las masas del abonado 1.º-1.ª estarán bajo una tensión de choque, en la que el circuito se cierra a través de su derivación individual de conexión a puesta a tierra, la conexión al borne común de la puesta de tierra, la propia puesta a tierra y de la puesta a tierra del neutro del transformador.
La protección diferencial prescrita a cada vivienda debe cortar el suministro de energía de la vivienda con defecto.



- Intensidad de fuga I_d.
- Tensión de contacto del cuerpo humano U_{ch1} y U_{ch2}.

□ Resistencia puesta a tierra centro de transformación $R_B = 10\ \Omega$.
□ Resistencia conexión a tierra tramo derivación individual:

$$R_{DI1} = 1{,}25\,\rho_{20}\frac{L}{S} = 0{,}0225\ \frac{10\ m}{6\ mm^2} = 0{,}0375\ \Omega.$$

□ Resistencia conexión a tierra tramo desde la centralización de contadores hasta el borne de puesta a tierra: $R_1 = 0{,}0053\ \Omega$.
□ Resistencia de la puesta a tierra $R_T = 2{,}9328\ \Omega$.
□ Resistencia de la puesta a tierra del cuerpo humano $R_h = 0$.
□ Resistencia del cuerpo humano $R_h = 0{,}75 \cdot 1.000\ \Omega = 750\ \Omega$ (ver Tabla G1-009 y Fig. G1-006, páginas G/35 y G/34 del 2.º Volumen).

Fig. L6.4-457: *circuito de fuga en un abonado y repercusión a otro abonado.*

Circuito de fuga para el abonado de la vivienda con fuga

$$I_{h1} = I_d \cdot \frac{R_{DI1} + R_1 + R_T}{R_{h1}} =$$

$$= \frac{0{,}0375\ \Omega + 0{,}0053\ \Omega + 2{,}9328\ \Omega}{750\ \Omega} =$$

$$= 0{,}0039674 \cdot I_d$$

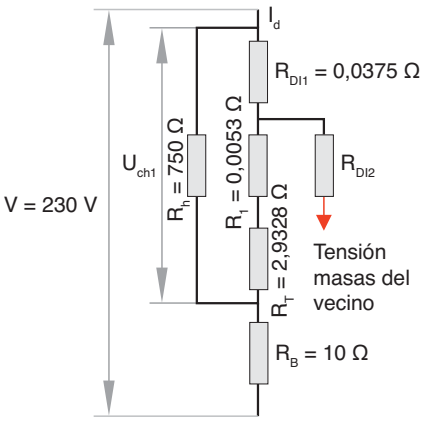


Fig. L6.4-458: *circuito de fuga del abonado de la vivienda con fuga.*

Pero si analizamos el circuito como bloque de viviendas, particularmente la del abonado del 1.º-2.ª, que representa una derivación individual mínima del borne de puesta a tierra, tendremos:
■ Las masas del abonado del 1.º-2.ª están a un potencial y cualquier contacto con ellas nos proporciona una corriente de choque, que no depende del buen funcionamiento de sus protecciones, si no a las correspondientes del abonado con la fuga, del 1.º-1.ª.

Circuito de choque para el abonado sin fuga

$$I_{h2} = I_d \cdot \frac{R_1 + R_T}{R_{DI1} + R_{h1}} =$$

$$= \frac{0{,}0053\ \Omega + 2{,}9328\ \Omega}{0{,}0375\ \Omega + 750\ \Omega} I_d =$$

$$= 0{,}0039172 \cdot I_d$$

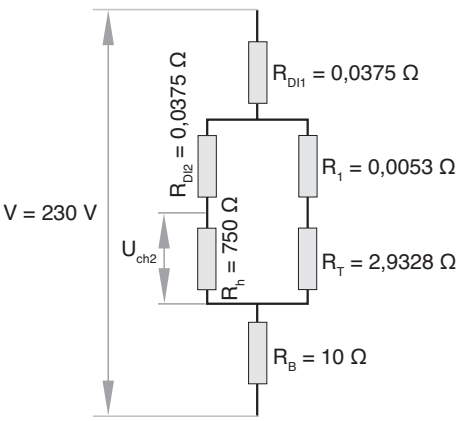


Fig. L6.4-459: *circuito de choque para el abonado sin fuga.*

En el caso que las protecciones del abonado del 1.º-1.ª no actuaran en perfectas condiciones, podríamos tener alguna repercusión en el 1.º-2.ª.

■ El abonado de la vivienda con fuga está sometido a una derivación en paralelo de la corriente de fuga, repartida en función inversa de los valores de las resistencias de los circuitos. Con respecto a su instalación de puesta a tierra.

■ El abonado de la vivienda sin fuga está sometido a una derivación en serie con respecto a las resistencias de las derivaciones individuales y a una derivación en paralelo de la corriente de fuga, repartida en función inversa de los valores de la corriente de fuga.

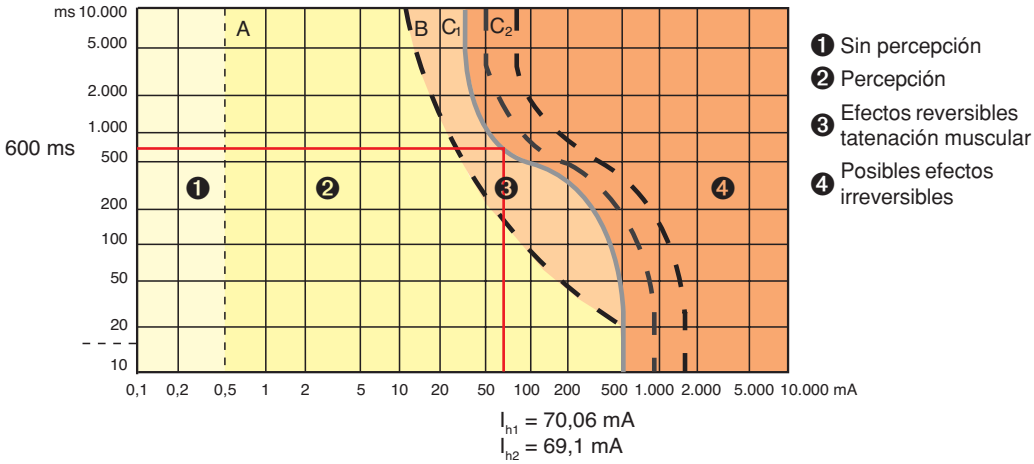


Fig. L6.4-460: *incidencia de la tensión de choque del abonado sin fuga.*

La intensidad de fuga en zona BB1, según los cálculos del apartado "Intensidad de fuga", página G/255 del 2.º Volumen, es Id = 17,66 A.

■ Para el abonado del 1.º-1.ª será: I_{h1} = 0,0039674 · 17,66 A = 0,07006 A.

■ Para el abonado del 1.º-2.ª será: I_{h2} = 0,0039172 · 17,66 A = 0,0691 A.

Si estos valores de intensidades los aplicamos al ábaco de la Fig. G1-011, página G/38 del 2.º Volumen resulta que (ver Fig. L6.4-460) si las protecciones del abonado con fuga no están en perfectas condiciones, pueden afectar al abonado sin fuga a partir de unos 600 ms de contacto permanente.

Se debe tener en consideración que se ha trabajado con las condiciones más desfavorables:

■ ***El cuerpo humano mojado en situación BB1.***

■ ***El cuerpo humano desnudo.***

■ ***Un contacto mano dos pies.***

■ ***La resistencia de puesta a tierra del cuerpo humano con valor 0. Es una situación posible pero poco incidente en la casuística, aun que ha habido electrocuciones (con muertes) de vecinos, por no estar en perfectas condiciones los circuitos de protección a los choques eléctricos de un vecino.***

Nuestro Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión prevé la instalación de un interruptor diferencial en cabecera de la instalación de cada vivienda, prevé la revisión y comprobación de los circuitos de puesta a tierra cada año.

ITC-BT-18 3.1 Tomas de tierra

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

12. Revisión de las tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por el director de la obra o instalador autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

Pero aún no se ha trazado un protocolo de verificación y control de las protecciones a corrientes de choque. Es necesario mantener el grado de protección a las corrientes de choque procurando una eficiente relación entre los valores de fiabilidad, disponibilidad, seguridad y mantenibilidad. La tasa de fallo de un interruptor diferencial es baja pero existente. Las desgracias no deseadas suceden por imprevisión o por exceso de confianza. En todo el capítulo G "La protección contra los choques eléctricos" del 2.º Volumen se ha defendido la necesidad de la redundancia en las protecciones contra los choques eléctricos, sobre todo en los circuitos utilizados por personas no cualificadas.

Es muy conveniente plantear si las instalaciones son "suficientemente seguras".

Si las protecciones a las corrientes de choque de las instalaciones en las viviendas las realizamos según las orientaciones del capítulo G "La protección contra los choques eléctricos" del 2.º Volumen, dispondremos de una redundancia.

Protecciones contra contactos indirectos (página G/251 del 2.º Volumen):

■ Esquemas:

□ Locales comerciales.

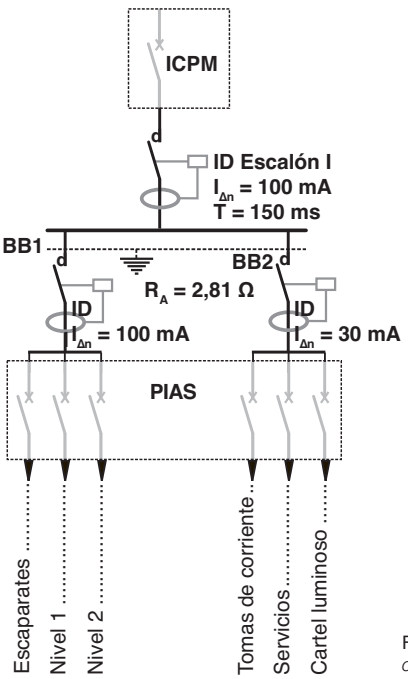


Fig. G8-021: *esquema de protecciones diferenciales de un local comercial (2.º Volumen).*

□ Viviendas.

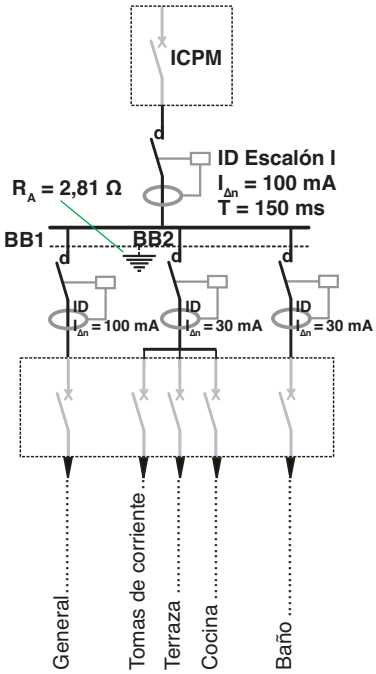


Fig. G8-022: *esquema de protecciones diferenciales de una vivienda en un bloque de pisos (2.º Volumen).*

□ Servicios generales.

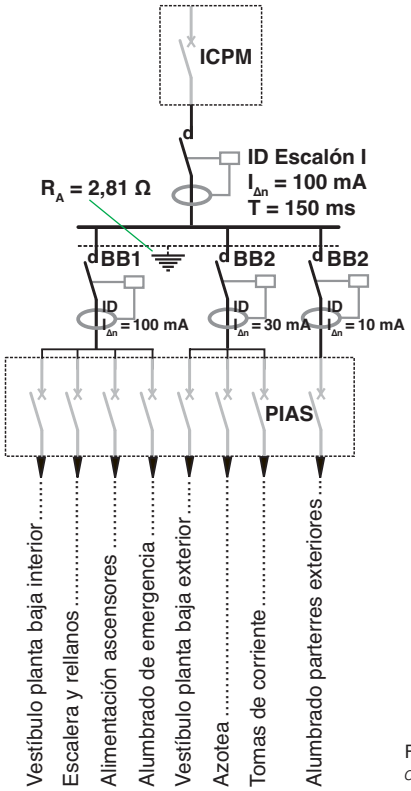
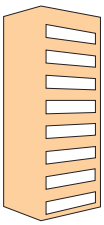


Fig. G8-023: *esquema de protecciones diferenciales de los servicios generales (2.º Volumen).*

Un interruptor diferencial de 100 mA retardado 100 ms en cabecera y un interruptor diferencial, aguas abajo, instantáneo de 30 mA, con lo que logramos una tasa de fallo bajísima (la coincidencia que fallen los dos interruptores en el mismo instante).

Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales



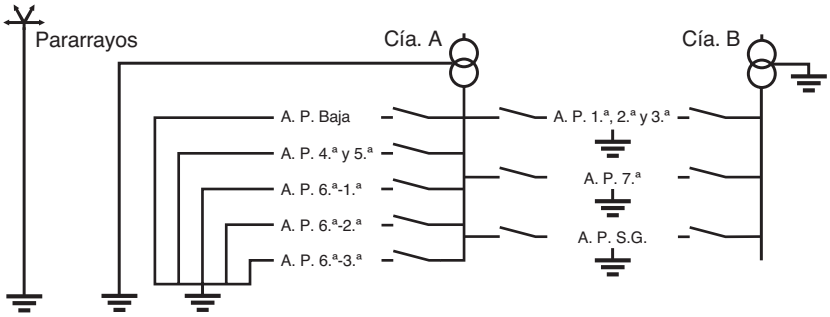
No se repetirán los cálculos que siguen el mismo proceso del ejemplo anterior y están desarrollados en el capítulo G del 2.º Volumen, pero sí que se expondrán los temas diferenciales, o sea propios.

Exposición

No es fácil realizar las tomas de tierra para la protección contra los contactos indirectos de un edificio tan complejo.

Existe un grupo de abonados que dispone de un solo suministro de la Cía. A, que tiene ubicado un centro de transformación en el primer sótano para suministrar todo el edificio, y tres abonados disponen de un suministro supletorio, para el caso de fallo del primero, pero que por contratación deben consumir un número determinado de kWh al mes de la segunda Cía. B, que suministra desde una red de BT.

La toma de tierra de los abonados que sólo se alimentan de la Cía. A puede ser única, pero la de los abonados que se alimentan de dos Cías., la A y la B, debe ser individual para cada uno.



La figura quiere indicar que los abonados con doble suministro en el momento que se conectan a la Cía. A forman parte de la red de puesta a tierra A y en el momento de conectarse a la Cía. B forman parte de la red de puesta a tierra de la B, por tanto obliga a que estos abonados dispongan de red de puesta a tierra propia (la imagen no quiere representar que se seccione la puesta a tierra). Al disponer de puesta a tierra propia sólo se podrá interferir una con la otra a través de tierra. Si se sitúan las tierras a las distancias suficientes no habrá influencias peligrosas.

Además deberemos albergar la puesta a tierra de los herrajes del centro de transformación de la Cía. A, y la puesta a tierra del pararrayos del edificio.
Todas estas tierras deberán estar separadas para que no tengan influencias unas con otras, o por lo menos las posibles tensiones derivadas no superen los niveles de aislamiento de los circuitos que de ellas se derivan.

Los cálculos de las puestas a tierra del conjunto de abonados se han realizado en el apartado "Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales", página Gl262 del 2.º Volumen. En este apartado sólo se calcularán los circuitos del abonado de la planta 1.ª, 2.ª y 3.ª.

Consideraciones

En la instrucción ITC-BT-30 el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión nos clasifica las instalaciones en locales húmedos y mojados, dando por entendido la existencia de los secos.
Las protecciones contras las corrientes de choque tienen como sujeto principal la protección de las personas y los animales domésticos. Por tanto las debemos dimensionar para que sean eficientes en su función.
En lo que respecta a la normativa encontramos:
■ IEC: Informe Técnico IEC 479-1: 1994 convertido en norma UNE 20572-1 "Efectos de la corriente sobre el cuerpo humano y los animales domésticos".
■ IEC: Informe Técnico IEC 479-2: 1987 "Efectos de la corriente al circular por el cuerpo humano":
□ Capítulo 4.º: "Efectos de la corriente alterna superior a 100 Hz".
□ Capítulo 5.º: "Efectos de la corriente con formas de onda especiales".
□ Capítulo 6.º: "Efectos de la corriente de impulsión única y de corta duración", convertido en norma UNE 20572-93 parte 2.ª.
■ IEC: Norma Internacional IEC 61140 "Publicación fundamental de seguridad. Protección contra los choques eléctricos - Aspectos comunes de las instalaciones y los materiales".
■ IEC: Informe Técnico. Guía para las instalaciones eléctricas, parte 413 "Protección contra los contactos indirectos - Corte automático de la alimentación".
De todas ellas encontraremos su filosofía y recomendaciones en este Manual teórico-práctico de Schneider Electric.
■ Esquema de situación en planta de las diferentes tomas de tierra del edificio:
□ Planta.

Toma de tierra para el abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª

La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos, en esta instalación, corresponde a una situación del cuerpo humano BB2. La que presenta mayor problemática es la que está más alejada de la toma de tierra natural, los servicios de la 3.ª planta, que deberá disponer de una línea adecuada, en función de la protección, que le comunique correctamente con la toma de tierra.

Circuito de régimen TT

Desde la toma individual de cada Cía. suministradora, hasta la salida del cuadro "Protección y Medida" utilizamos como protección el doble aislamiento y a partir de este punto el corte automático de la alimentación, para una tensión de choque peligrosa.
En un régimen TT, la protección por corte de la alimentación debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA u otra en función de la puesta a tierra.

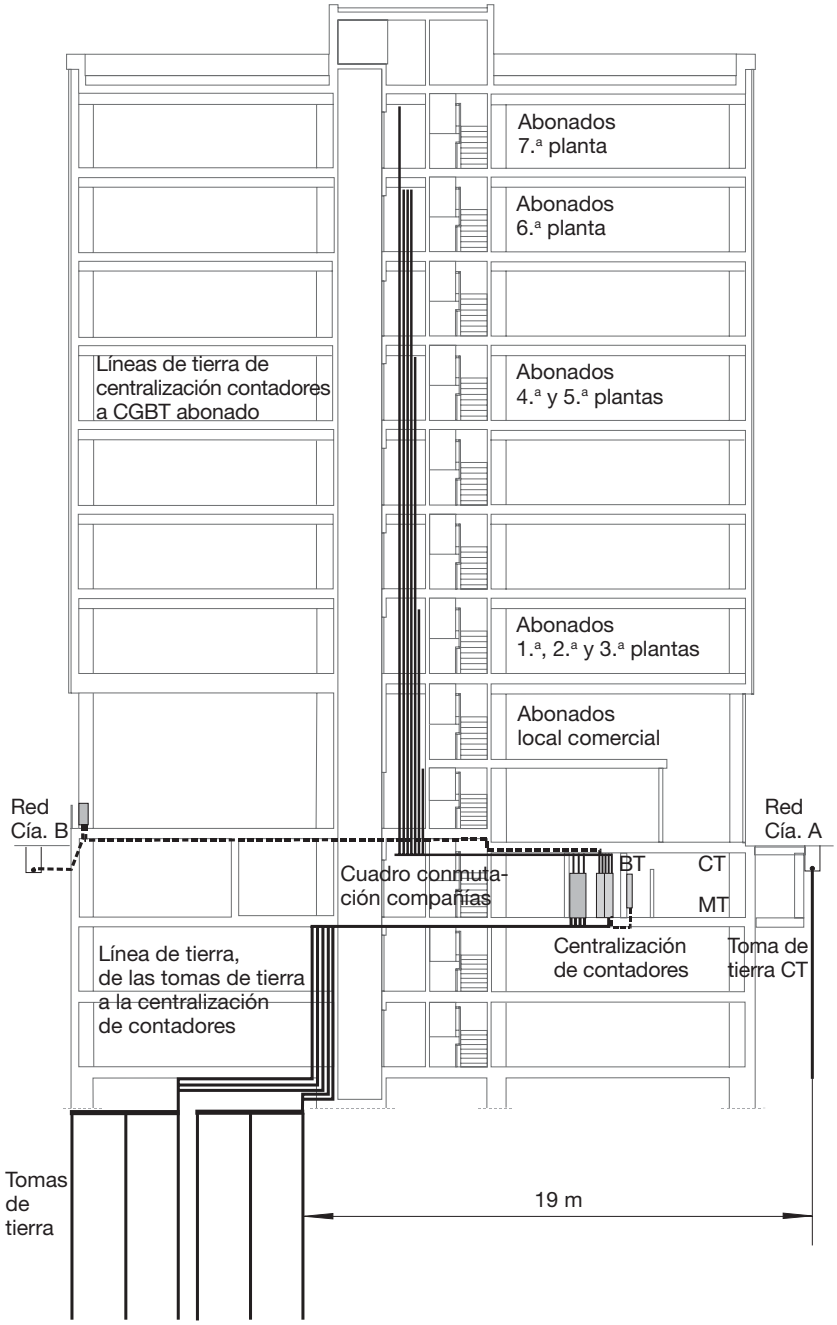


Fig. L6.4-461: *situación de las puestas a tierra del edificio (sección).*

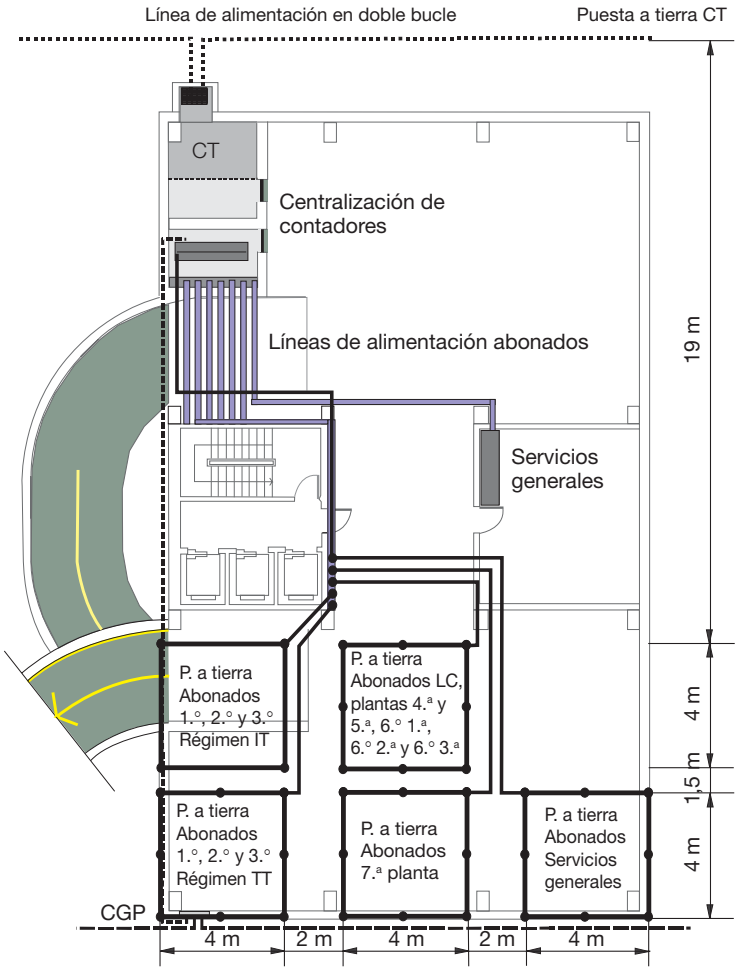


Fig. F6.4-462: *situación en planta de las diferentes tomas de tierra del edificio.*

Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad, en función de sus características constructivas, desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 ms con $5 \cdot I_{\Delta n}$, según norma UNE-EN 61009.

Circuito en régimen de neutro IT

En un régimen IT, las puestas a tierra y las protecciones se calculan para el caso de dos defectos simultáneos en conductores activos diferentes, y en las mismas condiciones que un régimen TN:

- Protección con interruptores automáticos.
- Protecciones con interruptores diferenciales. Con protecciones diferenciales también podremos protegernos.
- Por un solo defecto disponemos del control del aislamiento de la red.

En nuestro caso alimentamos el régimen IT a través de tres SAI “on-line” con separación galvánica.

El cálculo de la puesta a tierra del régimen TT

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB2 en la 3.ª planta:

- Tensión de contacto Uc.

En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar la tensión de contacto máxima que un cuerpo humano puede soportar en situaciones BB2 (25 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que tarda el DDR en desconectar: Uc = 95 V:

□ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de: $R_B = 10\ \Omega$.

□ ¿Cuál debe ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación (R_A)?

A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del local de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª y desde ella toda su configuración (ver capítulo G, apartado 3 "La desconexión automática en esquema TT", página G/62 del 2.º Volumen).

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 95\ V.$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{95\ V} - 1} = 7{,}0373\ \Omega.$$

Cálculo de la resistencia de las diferentes partes del circuito de puesta a tierra

Resistividad para el cálculo de corrientes de choque en régimen TT, se calcula con un 20% superior a la resistividad a 20 °C; $\rho = 1{,}25\ \rho_{20} = 0{,}0225\ \Omega m/mm^2$.

La situación del punto más alejado será en la tercera planta, pero no solo consideraremos el punto más alejado, sino toda una serie de puntos que nos permitan dimensionar todo el circuito.

Cálculo de la resistencia del circuito de tierra

Resistencia de puesta a tierra (X Ω).

Nota: *La deberemos calcular cuando dispongamos de la resistencia de todo el circuito.*

Tramo 1.º, del punto T_0 al punto B

El punto B está situado a la salida del cuadro de "Protección y medida":

■ Resistencia de la conexión de la puesta a tierra al borne principal de puesta a tierra (punto 1).

Distancia 5 m.

Sección 50 mm^2.

$$R_{1-B} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \frac{29\ m}{50\ mm^2} = 0{,}01305\ \Omega.$$

■ Resistencia del borne principal de tierra al borne de salida del cuadro de protección y contaje.

Longitud 29 m.

Sección 50 mm^2.

$$R_{1-B} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \frac{29\ m}{50\ mm^2} = 0{,}01305\ \Omega.$$

■ Resistencia total hasta el punto B.

$R_{T0B} = R_{T0-1} + R_{1-B} = 0{,}00225\ \Omega + 0{,}01305\ \Omega = 0{,}0153\ \Omega$.

Tramo 2.º, del punto B al punto C

De los cuadros de protección y medida hasta el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT):

■ Las características de la canalización prefabricada son:

Longitud 33 m.

Resistencia del conductor de protección 0,074 mΩ/m.

$R_{B-C} = L \cdot R\ (m\Omega/m) = 33\ m \cdot 0{,}074\ (m\Omega/m) = 0{,}002442\ \Omega$.

Tramo 3.º, del punto C al punto D

De la entrada del CGBT a la salida del cuadro de distribución de la 3.ª planta (CDP 3.ª):

■ Las conexiones se realizan con conductor de:

Longitud 4 m.

Sección 35 mm^2.

$$R_{C-D} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{4\ m}{35\ mm^2} = 0{,}002571\ \Omega.$$

Tramo 4.º, del punto D al punto E3

De la salida de la 3.ª planta del CGBT a la entrada del cuadro de distribución de la 3.ª planta (CDP 3.ª):

■ Las características de la canalización prefabricada son:

Longitud 12,5 m.

Resistencia del conductor de protección 0,23 mΩ/m.

$R_{D-E3} = L \cdot R\ (m\Omega/m) = 12{,}5\ m \cdot 0{,}23\ (m\Omega/m) = 0{,}002875\ \Omega.$

Tramo 5.º, del punto E3 al punto L3. Equivalente a los puntos F3-G3-H3-I3-M3 y N3

De la entrada del cuadro de distribución de la 3.ª planta (CDP 3.ª) a la salida de acondicionamiento L3:

Longitud 2,8 m.

Sección 35 mm^2.

$$R_{E3-L3} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{2{,}8\ m}{35\ mm^2} = 0{,}00126\ \Omega.$$

Tramo 6.º, del punto L3 al punto L33-A01

Del cuadro de distribución de la 3.ª planta (CDP 3.ª) hasta el cuadro de acondicionamiento C10, y de éste a la bomba de calor A01:

Longitud (29 m + 16 m) = 45 m.

Sección 16 mm^2.

$$R_{L3-L33-A01} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{45\ m}{16\ mm^2} = 0{,}063281\ \Omega.$$

Resistencia de la puesta a tierra (X Ω), X = RT

Será el valor máximo de puesta a tierra (7,0373 Ω) menos la resistencia de la red equipotencial hasta el punto más alejado:

$R_T = R_A - (R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E3} + R_{E3-L3} + R_{L3-L33-A01}) =$

$= 7{,}0373\ \Omega - (0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}002875 +$

$+ 0{,}001260 + 0{,}063281)\ \Omega = 6{,}94947\ \Omega.$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m?

■ En el apartado 5 del capítulo F, Tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de la resistividad del terreno. Necesitamos una resistencia de puesta a tierra de 6,94947 Ω en un terreno de resistividad 150 Ω/m.

■ El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_T}{\rho} = \frac{6{,}94947\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}0463298.$$

El más próximo por defecto es la configuración 70-40/5/86, $K_r = 0{,}046$.

■ Resistencia de una configuración 70-40/5/86:

$R_{70-40/5/86} = \rho \cdot K_r = 150\ \Omega/m \cdot 0{,}046 = 6{,}9\ \Omega.$

Esquema del circuito de régimen TT del origen a la tercera planta

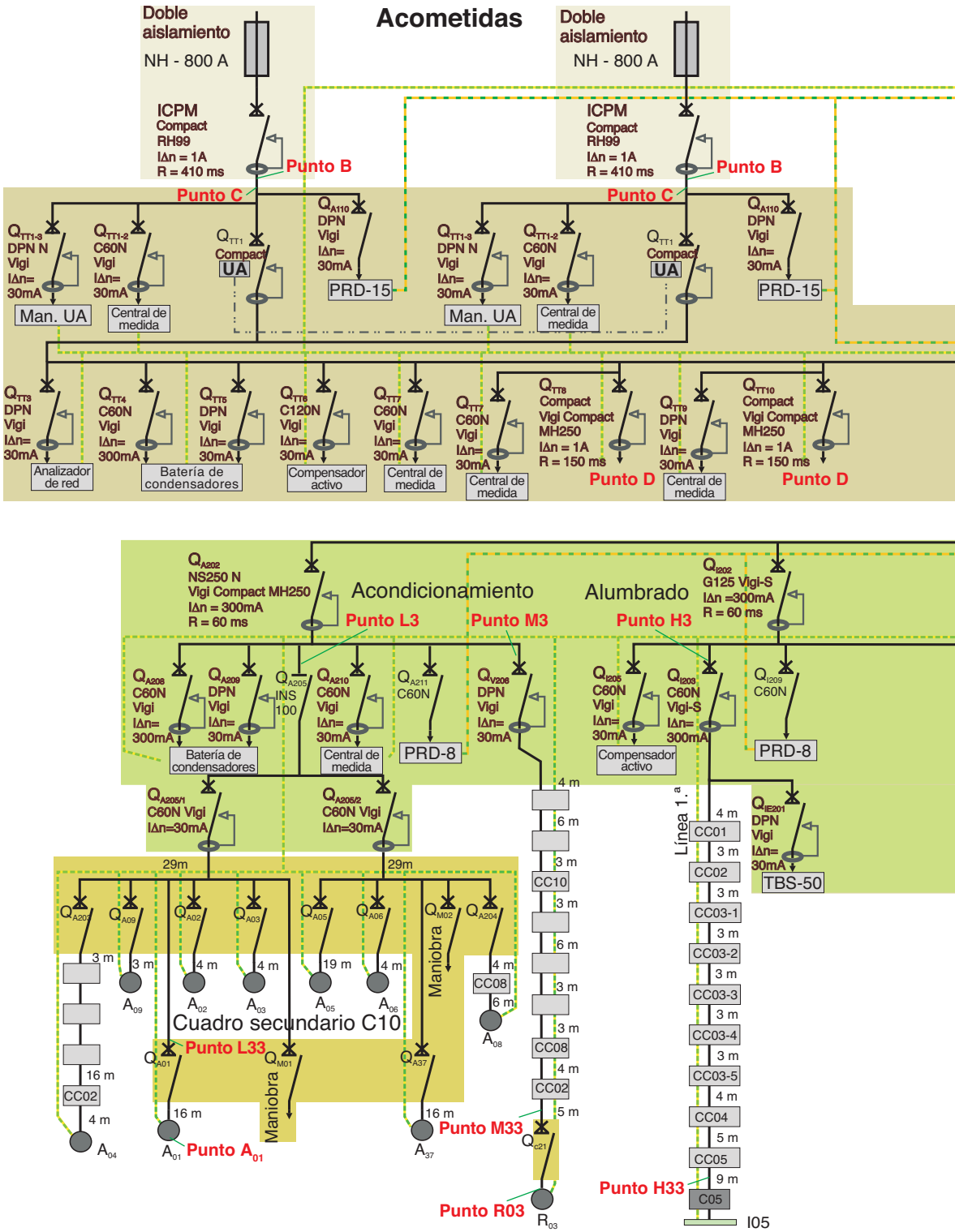
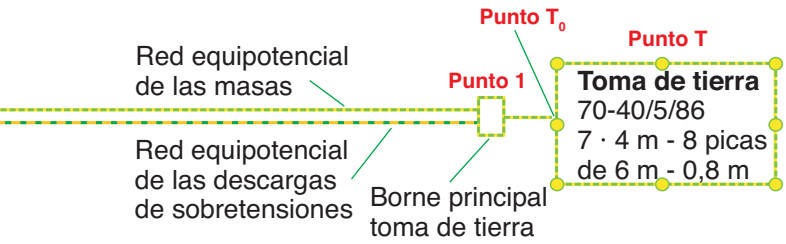
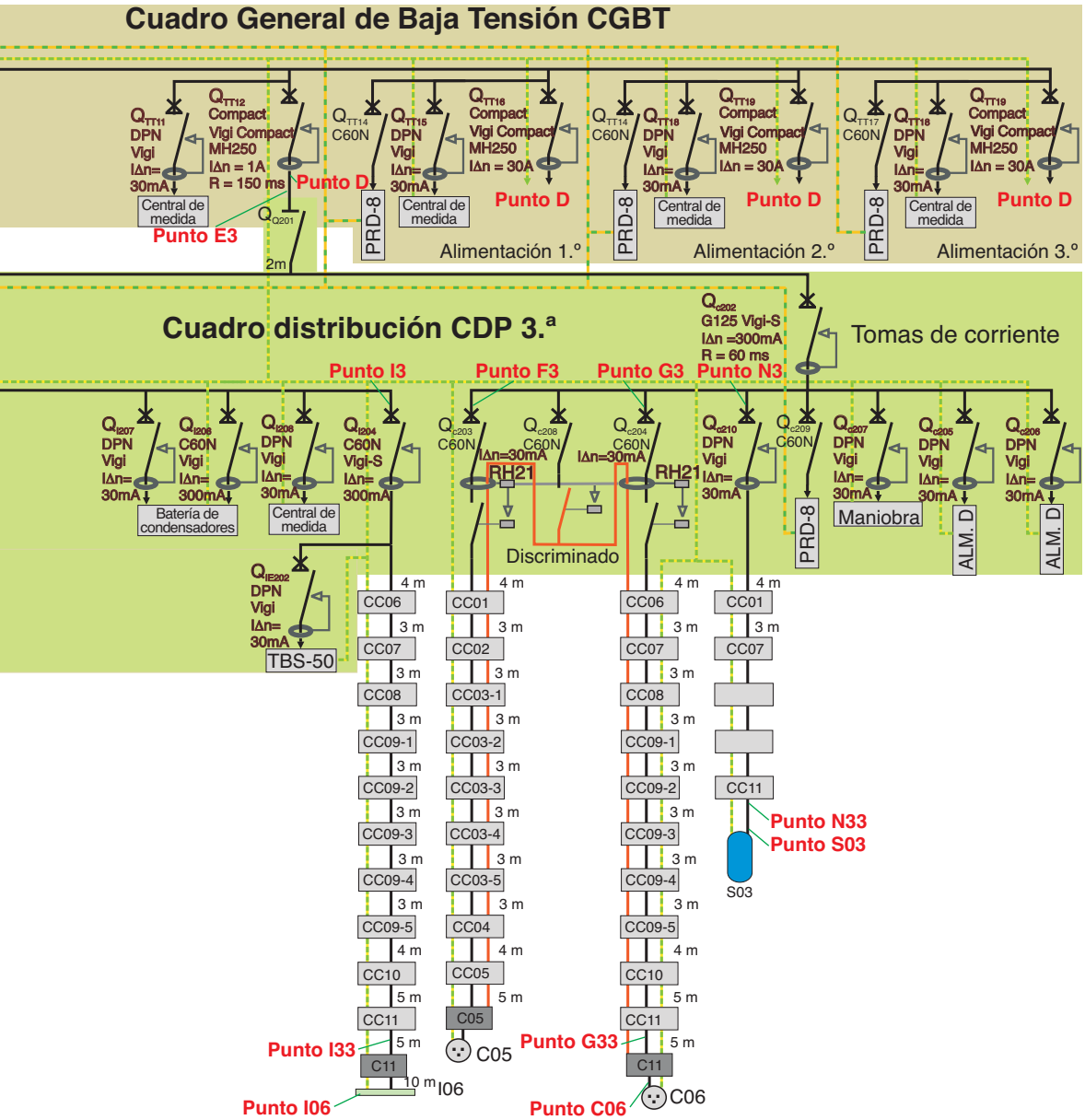


Fig. L6.4-463: *esquema del circuito de régimen TT del origen a la tercera planta.*


Punto T_0
Punto T
Punto 1
Red equipotencial de las masas
Red equipotencial de las descargas de sobretensiones
Toma de tierra
70-40/5/86
7 · 4 m - 8 picas de 6 m - 0,8 m
Borne principal toma de tierra


Cuadro General de Baja Tensión CGBT
Central de medida
Punto D
Punto E3
PRD-8
Alimentación 1.°
Alimentación 2.°
Alimentación 3.°
Cuadro distribución CDP 3.ª
Tomas de corriente
Punto I3
Punto F3
Punto G3
Punto N3
RH21
Discriminado
Batería de condensadores
Maniobra
ALM. D
TBS-50
CC01
CC02
CC03-1
CC03-2
CC03-3
CC03-4
CC03-5
CC04
CC05
CC06
CC07
CC08
CC09-1
CC09-2
CC09-3
CC09-4
CC09-5
CC10
CC11
C05
C06
I06
C11
S03
Punto I33
Punto I06
Punto G33
Punto C06
Punto N33
Punto S03

L
6.4

Elección y comprobación de los materiales de protección

Los principales materiales a utilizar propuestos y no contrastados son: los conductores y los interruptores diferenciales DDR, situados en puntos de derivación, abarcando tramos del circuito, los cuales dependen de su función.
Los puntos más distantes de la puesta a tierra se encuentran en la planta 3.ª.
Realizaremos una comprobación de diversos puntos más significativos de la tercera planta, de la primera planta y del eje principal del circuito.

En el eje principal del circuito

En los tramos 2.º y 3.º del punto B al punto D

Se sitúa en la salida del cuadro de protección y medida de cada Cía. suministradora hasta los bornes de entrada de cada interruptor automático de las salidas de las plantas.
Le corresponde la protección a la combinación de un interruptor automático Compact para la desconexión del circuito, un relé Vigirex RH99 retardado 0,31 ms y de una sensibilidad IΔn = 1 A y un núcleo toroidal tipo A SA200.
El tiempo máximo de corte de la corriente, de la combinación de protección, es de 0,41 seg a 5·IΔn.
Esta zona se considera una situación del cuerpo humano totalmente seca BB1 y las personas con posible contacto deben ser manipuladores autorizados, en estado seco.
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar la tensión de contacto máxima que un cuerpo humano puede soportar en situaciones BB1 (50 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,41 s que tarda el DDR en desconectar: Uc = 145 V:

■ La resistencia de puesta a tierra R_A en el tramo 3.º:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} =$

$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571)\ \Omega = 6{,}920313\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \dfrac{U_0}{U_A + R_B} = \dfrac{230\ V}{6{,}920313\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}593\ A.$

■ El tiempo de desconexión.
El interruptor diferencial más próximo es el relé RH99 = 1.000 mA = 1 A.

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}593\ A}{1\ A} = 13{,}593 \approx 13.$$

El tiempo de desconexión del DDR: $t_{inst} = (13{,}5 > 5 \cdot I_{\Delta n}) \Rightarrow$ cumple las previsiones de construcción (i 0,410 seg), según el fabricante.
■ La selectividad entre el tramo 2.º y el 4.º (Q_{TT12} e ICPM-RH99).
Interruptor automático Q_{TT12} - Compact + Vigi Compact, regulado a IΔn = 0,5 A con un retardo de 150 ms, desconecta antes de 300 ms.
Relación de la sensibilidad: 1.000 mA/500 mA = 2.
Relación del tiempo: < 410 ms/< 300 ms = 1,36.
Mantiene una buena selectividad.
■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}593\ A \cdot 6{,}920313\ \Omega = 94{,}07\ \Omega.$
La tensión de contacto es de 94 V, para esta tensión el cuerpo humano en situación BB1 puede soportarla sin perjuicio 0,41 seg.
Protege, de forma muy ajustada, a los humanos de las corrientes de choque por corte de la alimentación.

Comprobación

(R_h) resistencia del cuerpo humano a una tensión de contacto de 94 V es del orden de los 1.200 W (ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen).
Consideramos el caso más desfavorable; despreciamos el valor de la resistencia de puesta a tierra del cuerpo humano y la posible influencia de su vestimenta.

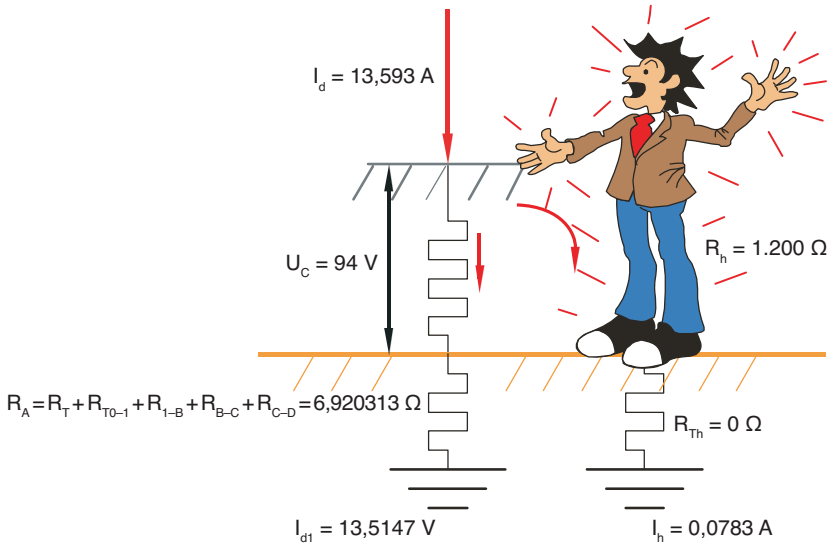


Fig. L6.4-464: *la corriente de choque en el tramo con más riesgo para el cuerpo humano.*

La intensidad que se derivará por el cuerpo humano que esté en contacto con la masa en tensión, es inversamente proporcional a las resistencias del circuito:

$$I_h = \frac{U_c}{R_h} = \frac{I_d \cdot R_A}{R_h} = \frac{13{,}593\ \text{A} \cdot 6{,}920313\ \Omega}{1.200\ \Omega} = 0{,}0783\ \text{A}.$$

Se sitúa en la zona 3 del diagrama efectos en el cuerpo humano en función de la intensidad de paso y el tiempo de duración. Dentro del umbral de no soltar.
O sea que el cuerpo humano es sensible a la corriente de choque pero ésta no crea ningún efecto fisiológico no reversible.

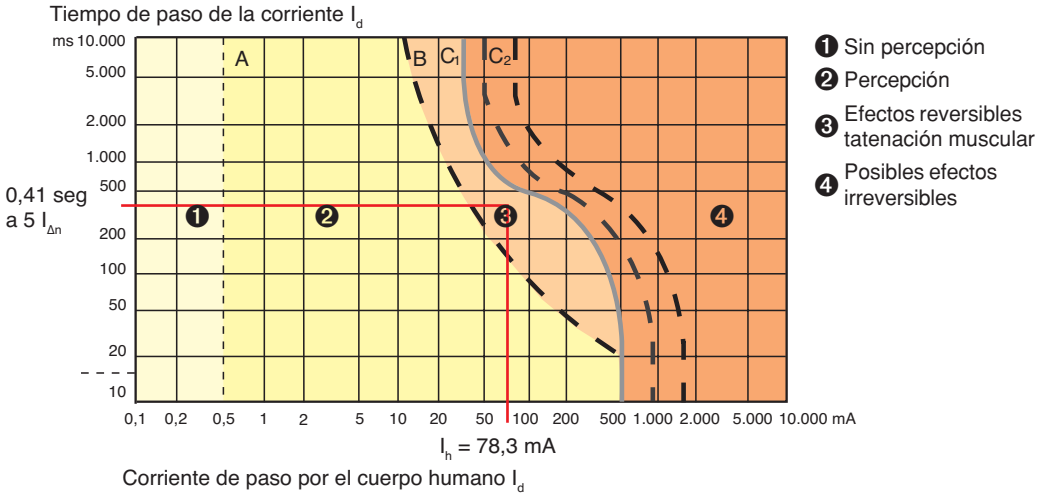


Fig. L6.4-465: *efecto de la corriente de choque en el tramo con más riesgo para el cuerpo humano.*

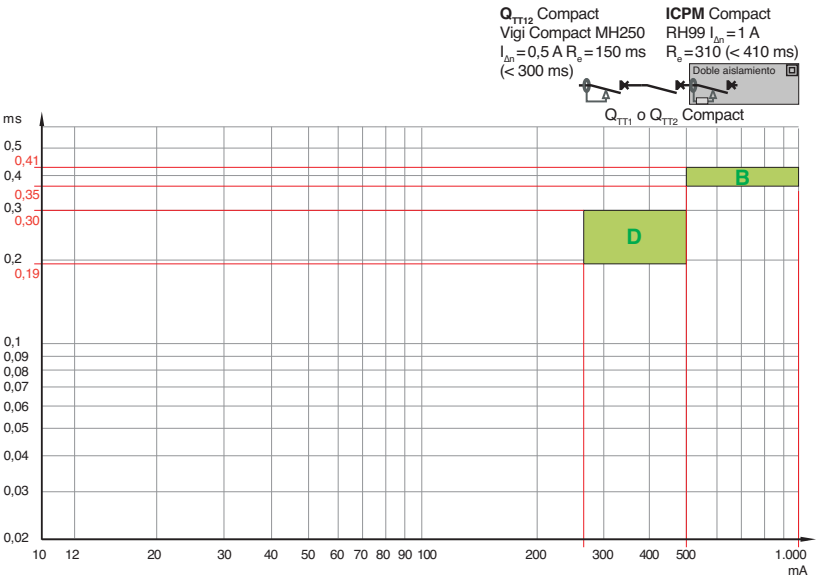


Fig. L6.4-466: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B.*

En la tercera planta

En el tramo 6.º, del punto L3 al punto L33-A01

Representa el caso más desfavorable, la bomba de calor situada en el terrado, de la parte de red dependiente del interruptor automático y diferencial DDR $Q_{A105/1}$ situado en el cuadro de distribución de la 3.ª planta (CDP 3.ª):

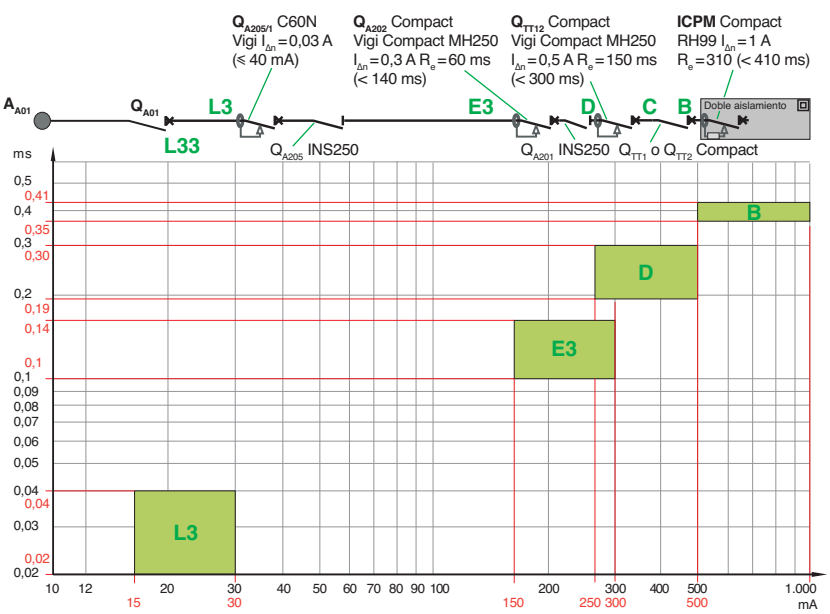


Fig. L6.4-467: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al L33-A01.*

■ La resistencia de puesta a tierra R_A:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E3} + R_{E3-L3} + R_{L3-L33+A01} =$

$= (6,9 + 0,00225 + 0,01305 + 0,002442 + 0,002571 + 0,002875 + 0,001260 +$

$+ 0,063281)\ \Omega = 6,98773\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{6,98773\ \Omega + 10\ \Omega} = 13,5387$ A.

■ El tiempo de desconexión.

El interruptor diferencial más próximo es el $Q_{A105/1}$, C60N + Vigi $I_{\Delta n}$ = 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13,5387\ A}{0,03\ A} = 451,29 \approx 450.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: t_{inst} = (450 > 5 · IΔn) = 40 ms.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d$ = 13,5387 A · 6,98773 Ω = 94,61 Ω.

En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 94,57 V el tiempo máximo de contacto es de 0,1 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, dos veces y media menos.

En el tramo 5.º, del punto E3 al punto L3

Se sitúa en el cuadro de distribución de baja tensión de la 3.ª planta (CDP 3.ª), le corresponde el control del circuito de acondicionamiento de la planta 3.ª, por medio del interruptor automático y diferencial DDR, Q_{A202}. Compact + Vigi Compact, regulado a IΔn = 0,3 A con un retardo de 60 ms, desconecta antes de 140 ms. En esta zona se considera totalmente seca, las personas con posible contacto deben ser manipuladores autorizados en estado BB1 seco.

En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar la tensión de contacto máxima que un cuerpo humano puede soportar en situaciones BB1 (50 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,14 s que tarda el DDR en desconectar: Uc = 135 V.

■ La resistencia de puesta a tierra R_A en el punto L3:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E3} + R_{E3-L3} =$

$= (6,9 + 0,00225 + 0,01305 + 0,002442 + 0,002571 + 0,002875 + 0,001260)\ \Omega =$

$= 6,924988\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{6,924988\ \Omega + 10\ \Omega} = 13,589$ A.

■ El tiempo de desconexión.

El interruptor diferencial más próximo es el Q_{A202}, Compact + Vigi Compact $I_{\Delta n}$ = 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13,589\ A}{0,03\ A} = 45,3 \approx 45.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: t_{inst} = (45 > 5 · IΔn) = 40 ms.

Protege perfectamente a los humanos de las corrientes de choque, pero puede desconectar al unísono con el interruptor DDR $Q_{A105/1}$ de aguas abajo. Para mantener una selectividad deberemos retardar la desconexión del interruptor automático diferencial DDR Q_{A102}.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d$ = 13,589 A · 6,924988 Ω = 94,11 V.

La tensión de contacto es de 95 V, para esta tensión el cuerpo humano en situación BB1 puede soportarla sin perjuicio 0,4 seg. El DDR es un bloque Vigi Compact que retardado 60 ms acoplado a un Compact, corta la alimentación antes de 140 ms menor que los 400 ms de seguridad.

■ La selectividad entre el tramo 6.º y el 5.º ($Q_{A205/1}$ y Q_{A202}).

Relación de la sensibilidad: 300 mA/30 mA = 10.

Relación del tiempo: < 140 ms/< 40 ms = 3,5.

Mantiene una buena selectividad.

En el tramo 4.º, del punto D al punto E3

Se sitúa a la salida del cuadro general de baja tensión CGBT; le corresponde la alimentación de la 3.ª planta, controlada por medio del interruptor automático diferencial DDR, Q_{TT12}. En el mismo cuadro se encuentra el interruptor seccionador y conmutador por enclavamiento entre ellos, que controla la entrada de energía del cuadro procedente de una u otra Cía. suministradora, Q_{TT1} o Q_{TT2}.
Esta zona se considera totalmente seca BB1 y las personas con posible contacto deben ser manipuladores y en estado seco.
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar la tensión de contacto máxima que un cuerpo humano puede soportar en situaciones BB1 (50 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que tarda el DDR en desconectar: Uc = 145 V:

■ La resistencia de puesta a tierra R_A en el punto de protección del tramo 4.º:

$$R_A = R_T + R_1 + R_2 + R_3 = 6{,}9\ \Omega + 0{,}0153\ \Omega + 0{,}000035\ \Omega + 0{,}002875\ \Omega = 6{,}9182\ \Omega.$$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \dfrac{U_0}{R_A + R_B} = \dfrac{230\ V}{6{,}923188\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}591\ A.$

■ El tiempo de desconexión.
El interruptor diferencial más próximo es el Q_{TT12}, Compact + Vigi Compact $I_{\Delta n} = 500$ mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}591\ A}{0{,}5\ A} = 27{,}18 \approx 27.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: $t_{inst} = (27 > 5 \cdot I\Delta n) = 40$ ms.
Protege perfectamente a los humanos de las corrientes de choque, pero puede desconectar al unísono con el interruptor DDR Q_{A102} de aguas abajo. Para mantener una selectividad deberemos retardar la desconexión del interruptor automático diferencial DDR Q_{TT12}.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}591\ A \cdot 6{,}924988\ \Omega = 94{,}09$ V.
La tensión de contacto es de 94 V, para esta tensión el cuerpo humano en situación BB1 puede soportarla sin perjuicio durante 0,4 seg.
El DDR es un bloque Vigi Compact que, retardado 150 ms acoplado a un Compact, corta la alimentación antes de 300 ms menor que los 400 ms de seguridad.

■ La selectividad entre el tramo 5.º y el 4.º (Q_{A202} y Q_{TT12}).
Relación de la sensibilidad: 500 mA/300 mA = 1,66.
Relación del tiempo: < 300 ms/< 140 ms = 2,14.
Mantiene una buena selectividad.

En el tramo 7.º, del punto T al punto M33

Representa el caso más desfavorable de la red de ventilación, dependiente del interruptor automático y diferencial DDR Q_{V206} situado en el cuadro de distribución de la 3.ª planta (CDP 3.ª), tendremos:

Cálculo de la resistencia del circuito de tierra del punto T al M33-R03

■ Tramo 7.º. Del cuadro de distribución de la 3.ª planta, bornes del interruptor automático diferencial Q_{V206}, a la caja CC02, punto M3 al M33 y de éste al extractor R03:

□ Tramo 7-1:
Longitud 32 m.
Sección 2,5 mm²:

$$R_{7-1} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{32\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}288\ \Omega.$$

□ Tramo 7-2.
De la caja CC02 al extractor R03:
Longitud 5 m.
Sección 2,5 mm²:

$$R_{7-2} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{5\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}045\ \Omega.$$

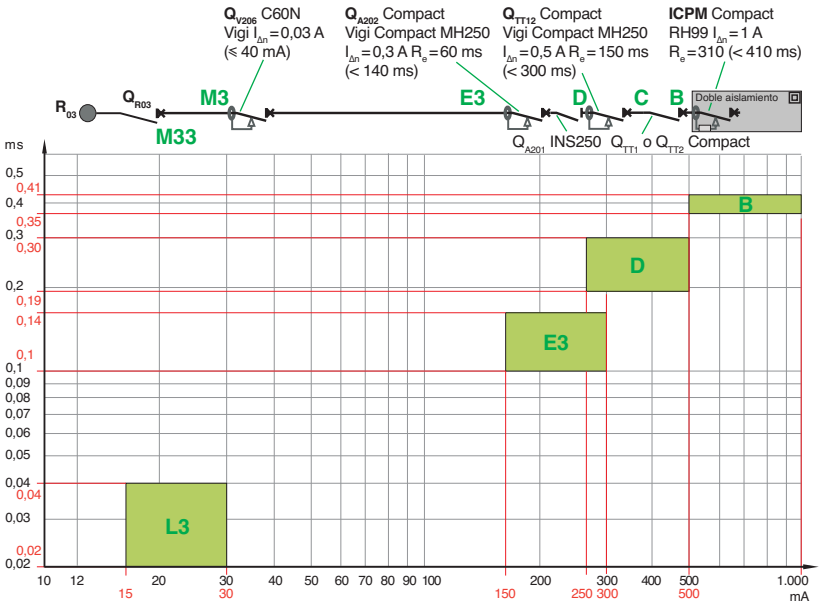


Fig. L6.4-468: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al M33-R03.*

■ Resistencia de puesta a tierra del tramo 7-1 + 7-2:

$R_7 = R_{7-1} + R_{7-2} = 0{,}288\ \Omega + 0{,}045\ \Omega = 0{,}333\ \Omega$.

La resistencia de puesta a tierra R_A hasta el punto R03:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E3} + R_7 =$

$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}002875 + 0{,}333)\ \Omega =$

$= 7{,}257988\ \Omega$.

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \dfrac{U_0}{R_A + R_B} = \dfrac{230\ V}{7{,}257988\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}327$ A.

■ El tiempo de desconexión.

El interruptor diferencial más próximo es el Q_{V206}, C60N + Vigi $I_{\Delta n}$ = 30 mA.

El tiempo de desconexión del DDR será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}327\ A}{0{,}03\ A} = 444{,}24 \approx 444.$$

t_{inst} = (444 > 5 · IΔn) = 40 ms.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}327\ A \cdot 7{,}257988\ \Omega = 96{,}73$ V.

En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 96,73 V el tiempo máximo de contacto es de 0,4 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, diez veces menos.

En el tramo 8.º, del punto T al punto I33-I21

Representa el caso más desfavorable de la red de alumbrado, dependiente del interruptor automático y diferencial DDR Q_{I204} situado en el cuadro de distribución de la planta 3.ª tendremos:

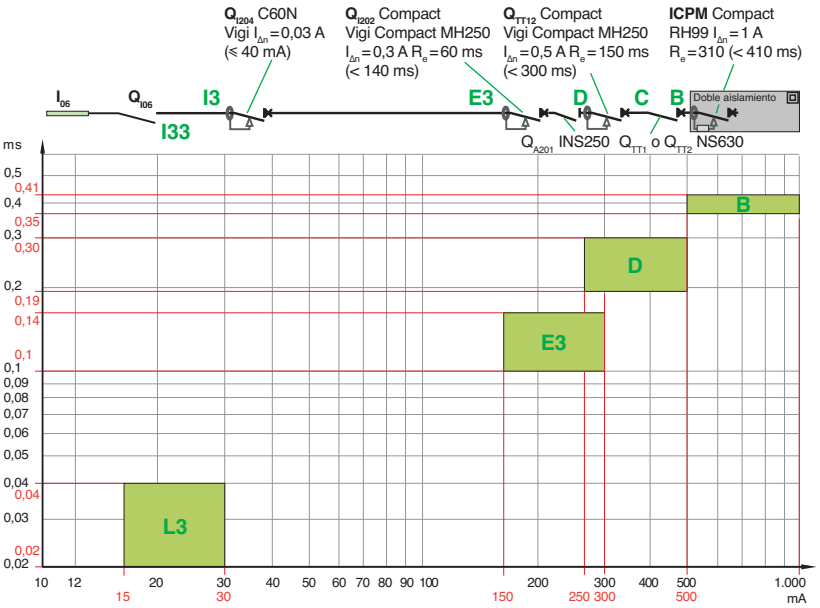


Fig. L6.4-469: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al I33-I06.*

Cálculo de la resistencia del circuito de tierra del punto T al punto I33-I24

■ Tramo 8.º.

Del cuadro de distribución de la 3.ª planta, bornes del interruptor automático diferencial Q_{I204}, a la caja CC11, punto I3 al punto I33, y de éste a los puntos luz I21:

□ Tramo 8-1:

Longitud 36 m.

Sección 2,5 mm²:

$$R_{8-1} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{36\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}324\ \Omega.$$

□ Tramo 8-2.

De la caja CC11 a los puntos luz I21:

Longitud 10 m.

Sección 2,5 mm²:

$$R_{8-2} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{10\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}09\ \Omega.$$

■ Resistencia de puesta a tierra de los tramos 8-1 y 8-2:

$R_8 = R_{8-1} + R_{8-2} = 0{,}324\ \Omega + 0{,}09\ \Omega = 0{,}414\ \Omega.$

■ La resistencia de puesta a tierra R_A hasta el punto I24:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E3} + R_{E3-I3} + R_8 =$

$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}002875 + 0{,}00126 +$

$+ 0{,}414)\ \Omega = 7{,}338988\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}338988\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}265\ A.$

■ El tiempo de desconexión.

El interruptor diferencial más próximo es el Q_{I204}, C60N + Vigi $I_{\Delta n}$ = 300 mA.

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}265\ A}{0{,}3\ A} = 44{,}22 \approx 44.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: t_{inst} = (44 > 5 · IΔn) = 40 ms.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}235\ A \cdot 7{,}338988\ \Omega = 97{,}35\ V.$

En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión de contacto Uc = 97,35 V el tiempo máximo de contacto es de 0,35 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, ocho veces y tres cuartos menos.

La selectividad

■ Aguas abajo del interruptor automático diferencial Q_{I204}, se sitúa el interruptor automático diferencial Q_{IE2}, de 30 mA con el cual mantenemos una selectividad amperimétrica. Relación de la sensibilidad: 300 mA/30 mA = 10.

Pero los dos circuitos en función de las corrientes de fuga pueden desconectar de forma instantánea, ¿entonces qué sucederá?:

□ A: si la fuga está en el circuito del TBS50 desconectará la tensión y funcionará el alumbrado de emergencia.

□ B: si la fuga está en el circuito de potencia del alumbrado desconectará la alimentación del alumbrado y funcionará el alumbrado de emergencia.

En cualquiera de los casos entramos en un funcionamiento previsto.

■ Aguas arriba del interruptor automático diferencial Q_{I204}, se sitúa el interruptor automático diferencial Q_{I202}, de 300 mA retardado 60 ms con el cual mantenemos una selectividad cronométrica.

Relación del tiempo: 60 + 40 ms/40 ms = 2,5.

■ La selectividad es suficiente.

En el tramo 9.º, punto I3

Se sitúa en el cuadro de distribución de baja tensión de la 3.ª planta (CDP 3.ª), le corresponde el control del circuito de alumbrado de la planta 3ª, por medio del interruptor automático y diferencial DDR, Q_{I202}. En esta zona se considera totalmente seca, las personas con posible contacto deben ser manipuladores y en estado BB1 seco. Es equivalente al tramo 5 del punto E3 al punto L3.

En el tramo 10.º, del punto T al punto G33

Representa el caso más desfavorable de la red de tomas de corriente, dependiente del interruptor automático, relé diferencial RH21 con núcleo toroidal y contactor CT; Q_{C204} situado en el cuadro de distribución de la planta 3.ª, tendremos:

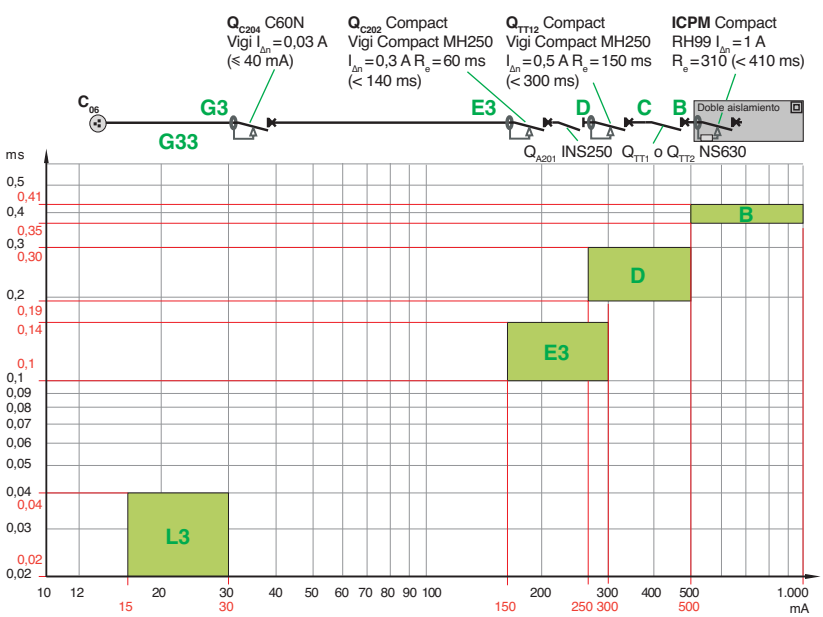


Fig. L6.4-470: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al I33-I06.*

Cálculo de la resistencia del circuito de tierra del punto T al punto G33-C06

■ Tramo 10.º.

Del cuadro de distribución de la 3.ª planta, bornes del interruptor automático diferencial Q_{c204}, a la caja CC11, punto G33, y de éste a las tomas de corriente C06:

□ Tramo 10-1:

Longitud 36 m.

Sección 4 mm^2:

$$R_{10-1} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{36\ m}{4\ mm^2} = 0{,}2025\ \Omega.$$

□ Tramo 10-2.

De la caja CC11 a las tomas de corriente C06:

Longitud 8 m.

Sección 2,5 mm^2:

$$R_{10-2} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{8\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}072\ \Omega.$$

■ Resistencia de puesta a tierra del tramo 10:

$R_{10} = R_{10-1} + R_{10-2} = 0{,}2025\ \Omega + 0{,}072\ \Omega = 0{,}2745\ \Omega.$

■ Resistencia de puesta a tierra hasta el punto C06.

La resistencia de puesta a tierra:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E3} + R_{E3-G3} + R_{10} =$

$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}002875 + 0{,}00126 +$

$+ 0{,}2745)\ \Omega = 7{,}199488\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}199488\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}372\ A.$

■ El tiempo de desconexión.

El interruptor automático, el contactor CT y el relé diferencial RH21 más próximo es el Q_{C204}, CT + RH21 $I_{\Delta n}$ = 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}372\ A}{0{,}03\ A} = 445{,}71 \approx 445.$$

El tiempo de desconexión del RH21 será: t_{inst} = (445 > 5 · IΔn) = 40 ms.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}372\ A \cdot 7{,}199488\ \Omega = 96{,}28\ V.$

En la Fig. G1-015, pág. G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión de contacto Uc = 96,28 V el tiempo máximo de contacto es de 0,35 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, ocho veces y tres cuartos menos.

■ La selectividad es suficiente.

En el tramo 11.º, del punto T al punto N33-CC11-S03

Se sitúa en el cuadro de distribución de baja tensión de la 3.ª planta (CDP 3.ª), le corresponde el control del circuito de tomas de corriente para el agua sanitaria caliente, por medio del interruptor automático y diferencial DDR, Q_{C210}.

En esta zona se considera húmeda, situaciones BB2, las personas con posible contacto son diversas.

■ Tramo 11:

□ Tramo 11-1:

Longitud 23 m.

Sección 2,5 mm^2:

$$R_{11-1} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{23\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}207\ \Omega.$$

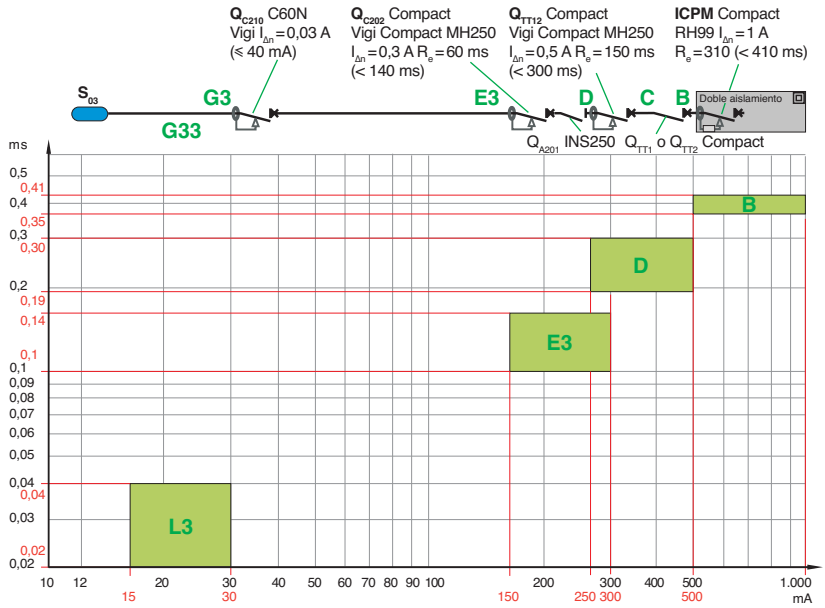


Fig. L6.4-471: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al I33-I06.*

□ Tramo 11-2.
De la caja CC11 al termo S03:
Longitud 3 m.
Sección 2,5 mm^2:

$$R_{11-2} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{3\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}027\ \Omega.$$

■ Resistencia de puesta a tierra del tramo 11:
$R_{11} = R_{11-1} + R_{11-2} = 0{,}207\ \Omega + 0{,}027\ \Omega = 0{,}234\ \Omega.$
■ Resistencia de puesta a tierra del punto T al N33.
La resistencia de puesta a tierra:
$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E3} + R_{E3-G3} + R_{11} =$
$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}002875 + 0{,}00126 +$
$+ 0{,}234)\ \Omega = 7{,}134\ \Omega.$

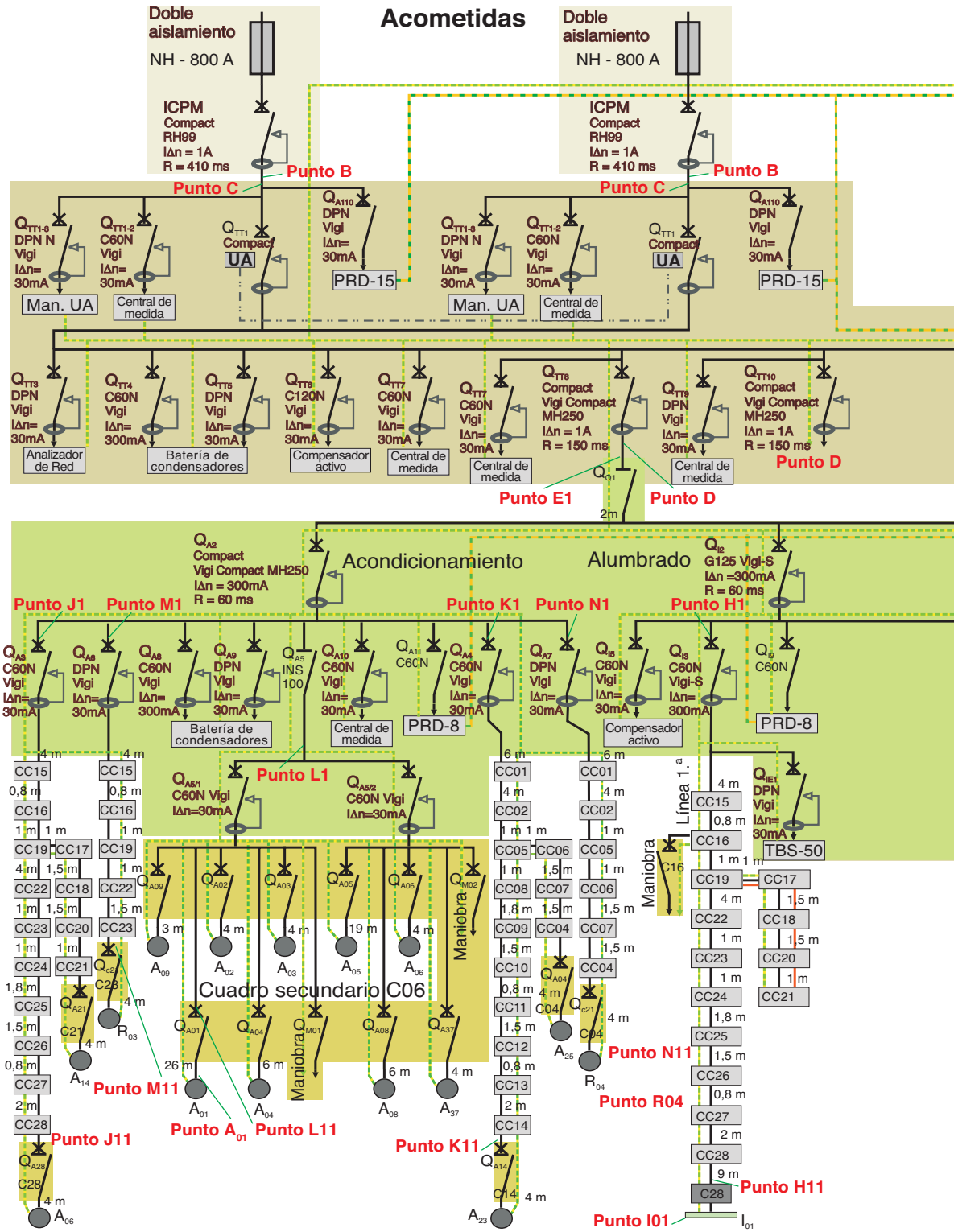
■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}134\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}424\ A.$

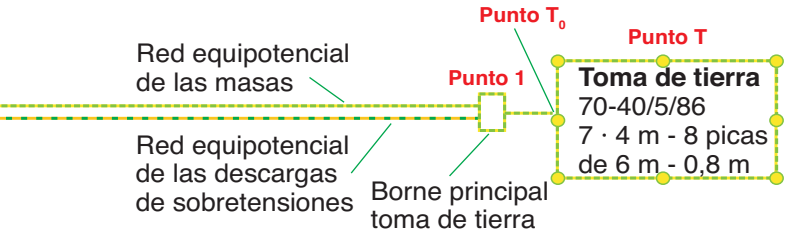
■ El tiempo de desconexión.
El interruptor automático, el contactor CT y el relé diferencial RH21 más próximo es el Q_{C104}, CT + RH21 $I_{\Delta n}$ = 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}372\ A}{0{,}03\ A} = 447{,}45 \approx 447.$$

El tiempo de desconexión del RH21 será: $t_{inst} = (447 > 5 \cdot I\Delta n) = 40$ ms.
■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}424\ A \cdot 7{,}1134\ \Omega = 95{,}76\ V.$
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima, en situaciones BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 95,76 V el tiempo máximo de contacto es de 0,1 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, dos veces y media menos.
■ La selectividad es suficiente.

Esquema del circuito de régimen TT del origen a la primera planta





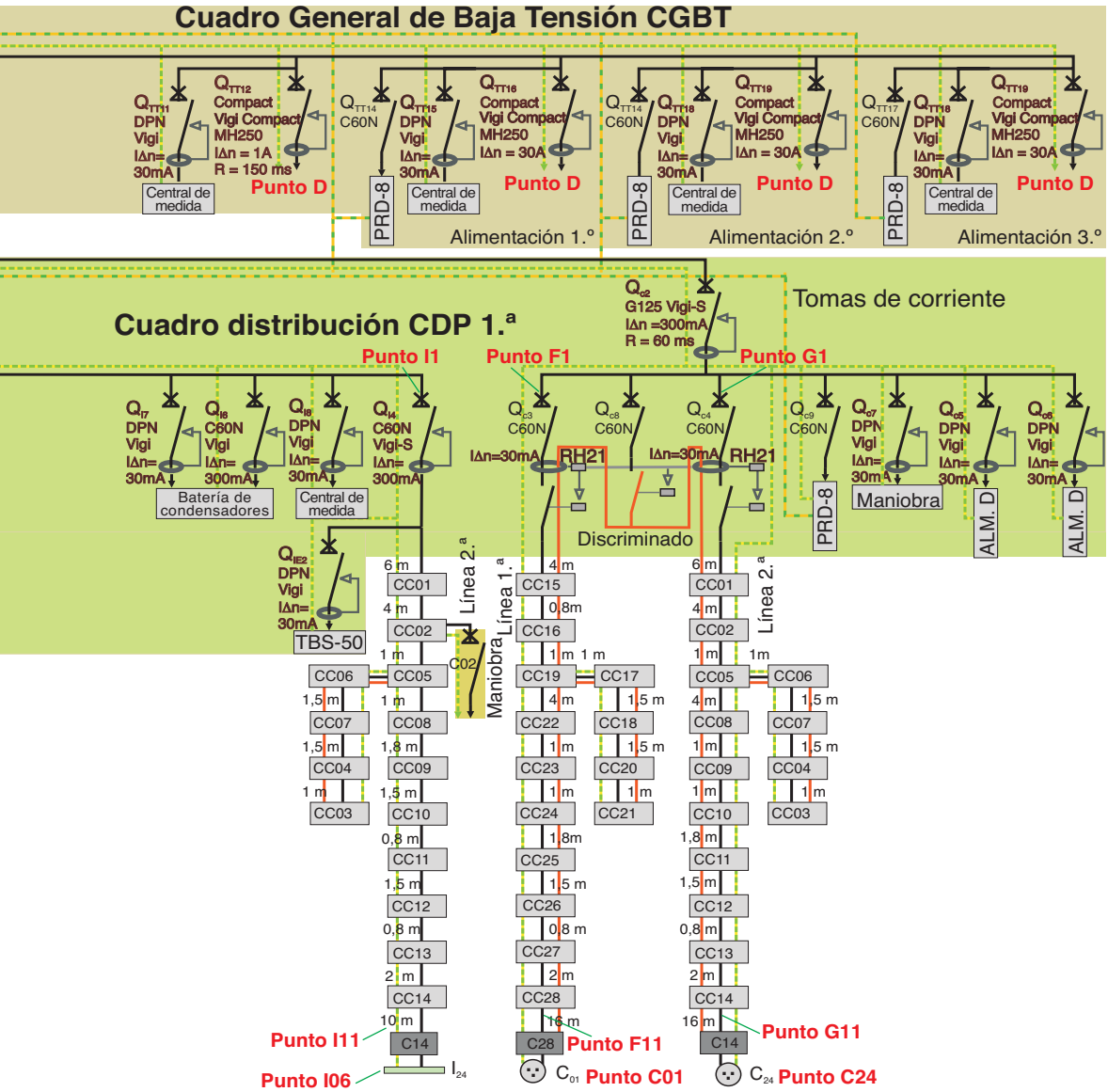


Fig. L6.4-472: *esquema del circuito de régimen TT del origen a la primera planta.*

En la primera planta

En el tramo 12.º, del punto D al E1

Del cuadro general CGBT al cuadro de distribución de la 1.ª planta (CDP 1.ª). Del punto D al punto E1.

■ Las características de las conexiones son:

Longitud 4 m.

Sección 50 mm^2:

$$R_{D-E} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{4\ m}{50\ mm^2} = 0{,}0018\ \Omega.$$

Resistencia de puesta a tierra del punto T al E1

■ La resistencia de puesta a tierra:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E1} = (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}0018)\ \Omega = 6{,}922113\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{6{,}922113\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}592\ A.$

■ El tiempo de desconexión.

El interruptor automático diferencial Q_{TT8}, Vigi Compact MH250, $I_{\Delta n}$ = 0,5 mA, retardado 150 ms:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}592\ A}{0{,}5\ A} = 27{,}18 \approx 27.$$

El tiempo de desconexión del Vigi Compact MH250 será:

$t_{inst} = (27 > 5 \cdot I\Delta n) = 40$ ms.

Al estar retardado 150 ms, el conjunto desconectará antes de los 300 ms.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}592\ A \cdot 6{,}922113\ \Omega = 94{,}08\ V.$

En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 94,08 V el tiempo máximo de contacto es de 0,35 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 300 ms, una vez y un décimo menos.

■ La selectividad es suficiente.

En el tramo 13.º, del punto E1 a los puntos F1-G1-H1-I1-J1-K1-L1-M1-N1

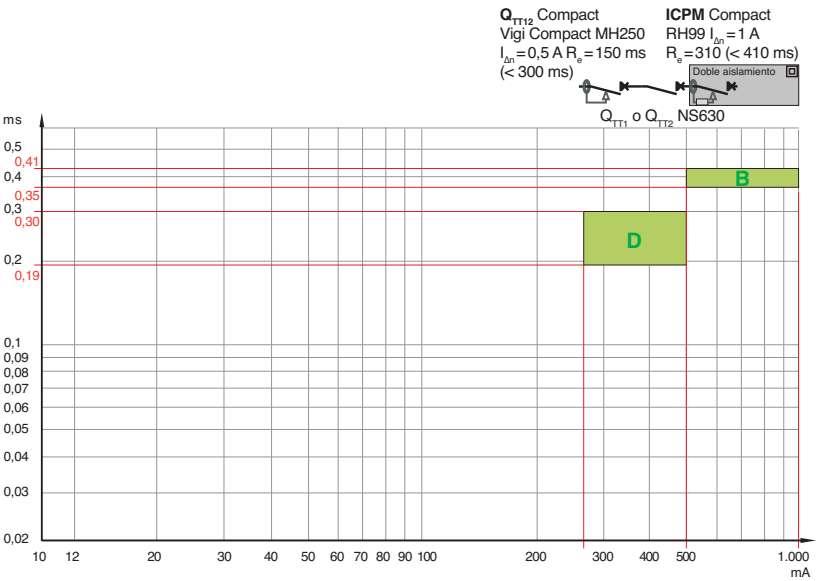


Fig. L6.4-473: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B.*

En el cuadro de distribución de la 1.ª planta (CDP 1.ª), de la entrada punto E1 hasta las salidas puntos F1-G1-H1-I1-J1-K1-L1-M1-N1:
Longitud 3 m.
Sección 50 mm^2:

$$R_{E1-F1...} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{3\ m}{50\ mm^2} = 0{,}00135\ \Omega.$$

Resistencia de puesta a tierra del punto T al F1-G1-H1-I1-J1-K1-L1-M1-N1

■ La resistencia de puesta a tierra:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E1} + R_{E1-f1} =$
$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}0018 + 0{,}00135)\ \Omega =$
$= 6{,}923463\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{6{,}923463\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}591$ A.

■ El tiempo de desconexión.
El interruptor automático diferencial Q_{C2}, Vigi Compact MH250, $I_{\Delta n}$ = 0,3 mA, retardado 60 ms:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}371\ A}{0{,}3\ A} = 45{,}30 \approx 45.$$

El tiempo de desconexión del Vigi Compact MH250 será:
$t_{inst} = (45 > 5 \cdot I\Delta n) = 40$ ms.
Al estar retardado 60 ms, el conjunto desconectará antes de los 140 ms.
■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}591\ A \cdot 6{,}923463\ \Omega = 94{,}09$ V.
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión de contacto Uc = 94,09 V el tiempo máximo de contacto es de 0,45 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 140 ms, tres veces menos.
■ La selectividad es suficiente.

En el tramo 14.º, del punto L1 al punto L11-A01

Línea de acondicionamiento del cuadro de distribución de la 1.ª planta (CDP 1.ª), interruptor automático y diferencial DDR $Q_{A5/1}$, hasta el cuadro de acondicionamiento C06, y de éste a la bomba de calor A01.
Longitud (12 m + 23 m) = 35 m.
Sección 16 mm^2:

$$R_{L1-L11-A01} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{35\ m}{16\ mm^2} = 0{,}072682\ \Omega.$$

Resistencia de puesta a tierra del punto T al L11-A01

■ La resistencia de puesta a tierra:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E1} + R_{E1-f1} + R_{E1-L11-A01} =$
$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}0018 + 0{,}00135 +$
$+ 0{,}072682)\ \Omega = 6{,}972682\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{6{,}972682\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}551$ A.

■ El tiempo de desconexión.
El interruptor diferencial más próximo es el $Q_{A5/1}$, C60N + Vigi $I_{\Delta n}$ = 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}551\ A}{0{,}03\ A} = 451{,}71 \approx 451.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: $t_{inst} = (451 > 5 \cdot I\Delta n) = 40$ ms.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}551\ A \cdot 6{,}972682\ \Omega = 94{,}49\ V$. En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 94,49 V el tiempo máximo de contacto es de 0,1 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, dos veces y media menos.

■ La selectividad es suficiente.

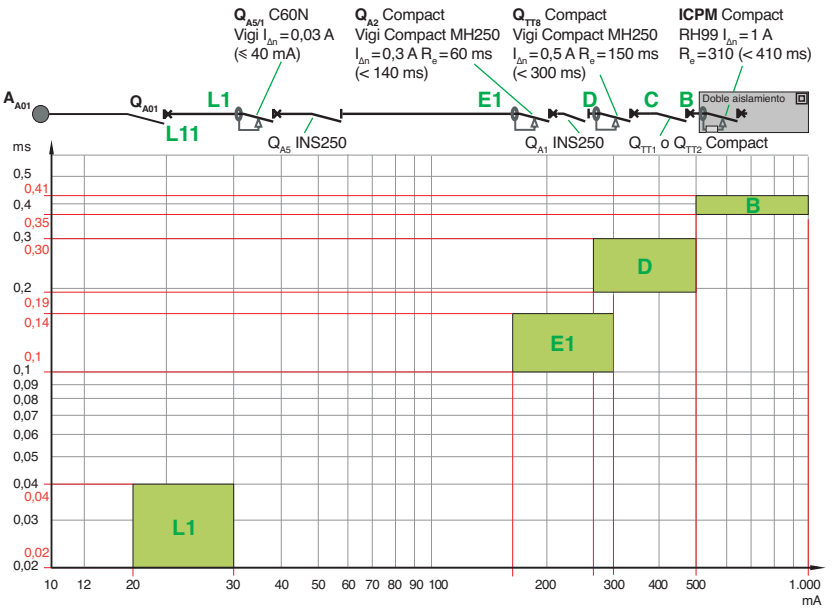


Fig. L6.4-474: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al L11-A01.*

En el tramo 15.º, del punto K1 al punto K11-A23

Línea de acondicionamiento, fancoils, del cuadro de distribución de la 1.ª planta (CDP 1.ª), interruptor automático y diferencial DDR Q_{A4}, hasta el cuadro de acondicionamiento C14, y de éste al fancoil A23:

Longitud (23,1 m + 2,9 m) = 26 m.

Sección 2,5 mm²:

$$R_{K1-K11-A23} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{26\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}234\ \Omega.$$

Resistencia de puesta a tierra del punto T al K11-A23

■ La resistencia de puesta a tierra:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E1} + R_{E1-L1} + R_{K1-K11-A23} =$

$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}0018 + 0{,}00135 +$

$+ 0{,}234)\ \Omega = 7{,}157463\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}157463\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}405\ A.$

■ El tiempo de desconexión.

El interruptor diferencial más próximo es el Q_{A4}, C60N + Vigi $I_{\Delta n}$ = 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}405\ A}{0{,}03\ A} = 446{,}84 \approx 446.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: t_{inst} = (446 > 5 · IΔn) = 40 ms.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}405\ A \cdot 7{,}157463\ \Omega = 95{,}95\ V$.
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión decontac to U_c = 95,95 V el tiempo máximo de contacto es de 0,4 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, diez veces menos.
■ La selectividad es suficiente.

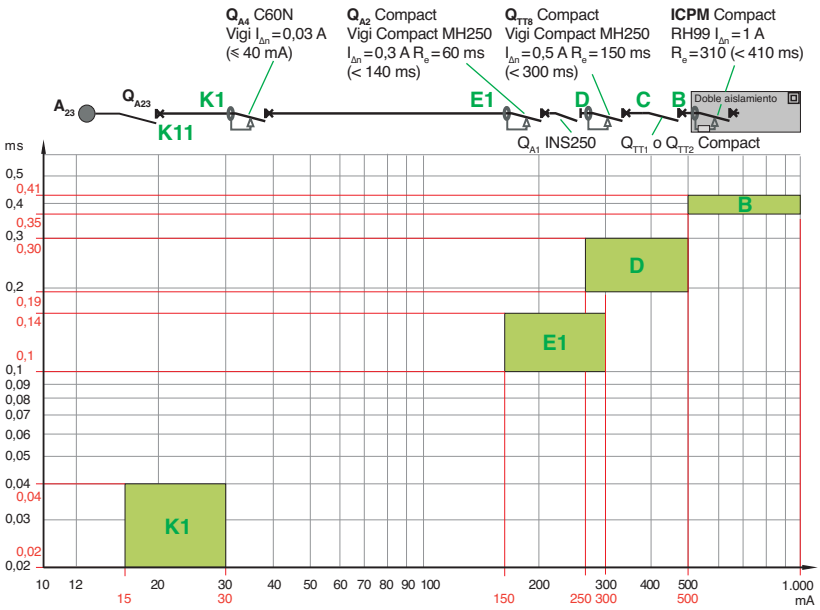


Fig. L6.4-475: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al K11-A23.*

En el tramo 16.º, del punto N1 al punto N11-R04

Línea para la ventilación del cuadro de distribución de la 1.ª planta (CDP 1.ª), interruptor automático y diferencial DDR Q_{A7}, hasta el cuadro de acondicionamiento C04, y de éste al ventilador R04:
Longitud (15 m + 4 m) = 19 m.
Sección 2,5 mm²:

$$R_{N1-N11-R04} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{19\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}0171\ \Omega.$$

Resistencia de puesta a tierra del punto T al R04:

■ La resistencia de puesta a tierra:

$$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E1} + R_{E1-L1} + R_{N1-N11-R04} =$$
$$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}0018 + 0{,}00135 + 0{,}0171)\ \Omega = 6{,}940563\ \Omega.$$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{6{,}940563\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}577\ A.$

■ El tiempo de desconexión.
El interruptor diferencial más próximo es el Q_{A7}, C60N + Vigi $I_{\Delta n}$ = 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}405\ A}{0{,}03\ A} = 452{,}56 \approx 452.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: t_{inst} = (452 > 5 · IΔn) = 40 ms.

L
6.4

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}577\ A \cdot 6{,}90563\ \Omega = 94{,}23\ V$.
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión decontac to U_c = 95,95 V el tiempo máximo de contacto es de 0,4 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, diez veces menos.
■ La selectividad es suficiente.

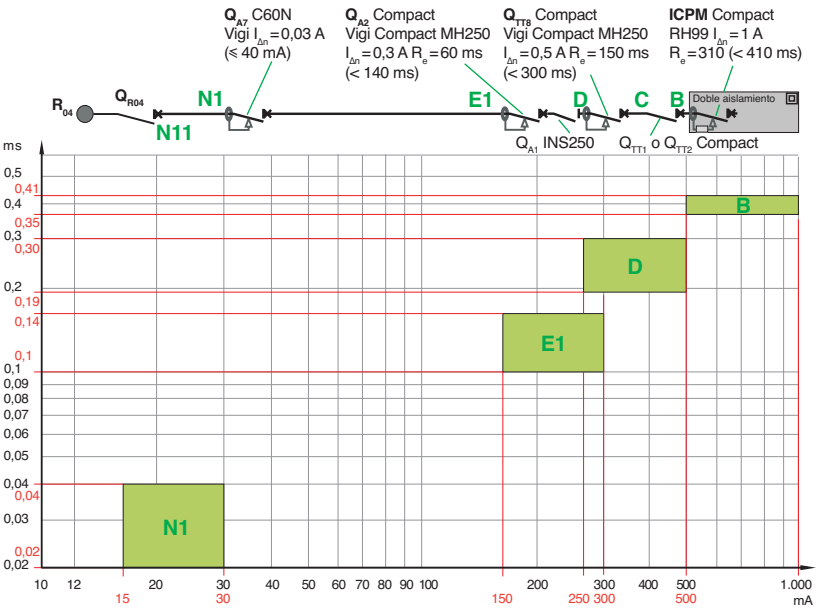


Fig. L6.4-476: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al N11-R04.*

En el tramo 17.º, del punto I1 al punto I11-I24
Línea para el alumbrado del cuadro de distribución de la 1.ª planta (CDP 1.ª), interruptor automático y diferencial DDR Q_{I4}, hasta el cuadro secundario C14, y de éste a los puntos luz I24:
Longitud (23,1 m + 5,9 m) = 29 m.
Sección 4 mm²:

$$R_{I1-I11-I24} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{29\ m}{4\ mm^2} = 0{,}0171\ \Omega.$$

Resistencia de puesta a tierra del punto T al I24:
■ La resistencia de puesta a tierra:
$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E1} + R_{E1-L1} + R_{I1-I11-I24} =$
$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}0018 + 0{,}00135 +$
$+ 0{,}163125)\ \Omega = 7{,}086588\ \Omega$.

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}086588\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}461\ A$.

■ El tiempo de desconexión.
El interruptor diferencial más próximo es el Q_{I4}, C60N + Vigi $I_{\Delta n}$ = 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}461\ A}{0{,}03\ A} = 448{,}69 \approx 448.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: t_{inst} = (448 > 5 · IΔn) = 40 ms.
■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = 13{,}461\ A \cdot 7{,}086588\ \Omega = 95{,}39\ V$.
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva

de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 95,39 V el tiempo máximo de contacto es de 0,4 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, diez veces menos.

■ La selectividad es suficiente.

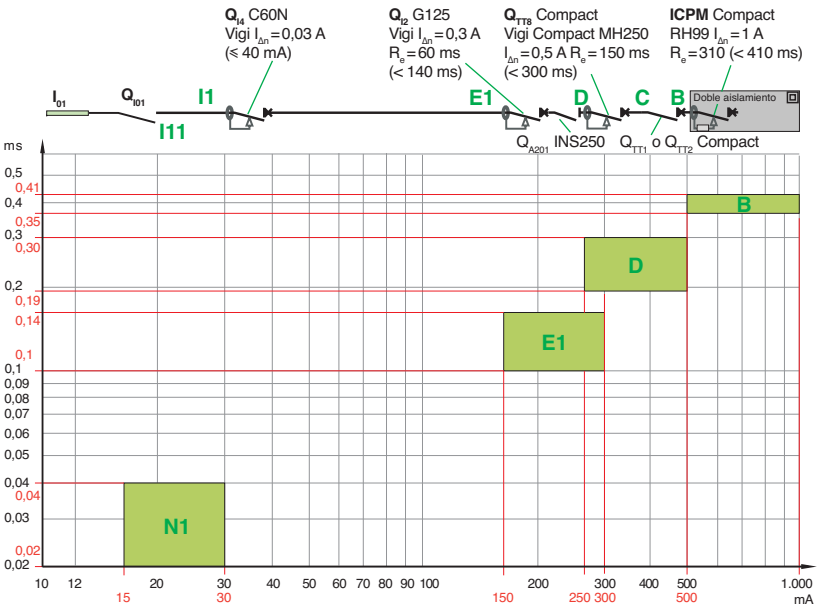


Fig. L6.4-477: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al I11-I01.*

En el tramo 18.º, del punto G1 al punto G11-C24

Del cuadro de distribución de la 1.ª planta (CDP 1.ª), interruptor automático y diferencial DDR Q_{I4} hasta el cuadro secundario C14, y de éste a las tomas de corriente C24:

Longitud (23,1 m + 6,9 m) = 30 m.

Sección 2,5 mm²:

$$R_{G1-G11-C24} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{30\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}27\ \Omega.$$

Resistencia de puesta a tierra del punto T al C24:

■ La resistencia de puesta a tierra:

$R_A = R_T + R_{T0-1} + R_{1-B} + R_{B-C} + R_{C-D} + R_{D-E1} + R_{E1-L1} + R_{G1-G11-C24} =$

$= (6{,}9 + 0{,}00225 + 0{,}01305 + 0{,}002442 + 0{,}002571 + 0{,}0018 + 0{,}00135 +$

$+ 0{,}27)\ \Omega = 7{,}193463\ \Omega.$

■ La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}193463\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}377\ A.$

■ El tiempo de desconexión.

El interruptor diferencial más próximo es el Q_{C4}, C60N + Vigi $I_{\Delta n}$ = 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}377\ A}{0{,}03\ A} = 445{,}91 \approx 445.$$

El tiempo de desconexión del DDR será: t_{inst} = (445 > 5 · IΔn) = 40 ms.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d$ = 13,377 A · 7,103463 Ω = 96,23 V.

En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión

L
6.4

de contacto U_c = 96,23 V el tiempo máximo de contacto es de 0,4 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, diez veces menos.

■ La selectividad es suficiente.

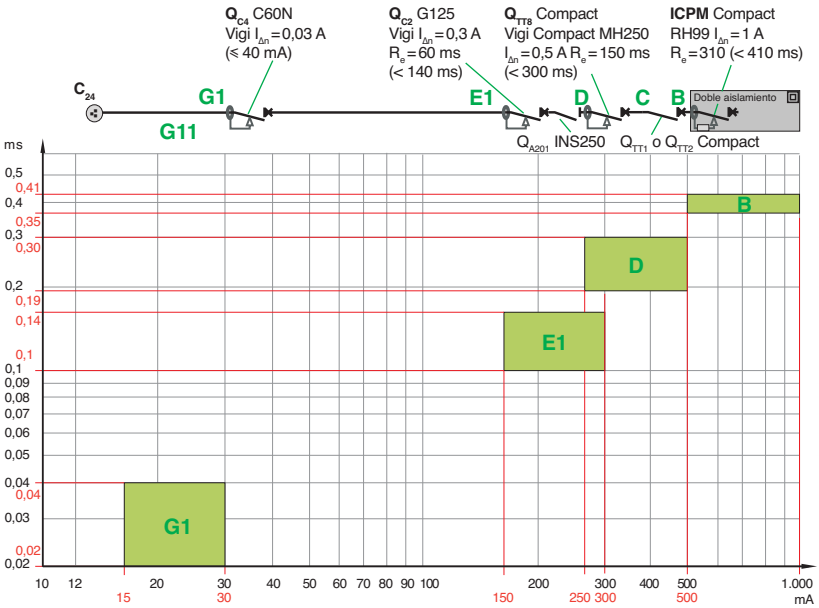


Fig. L6.4-478: *protección a las corrientes de choque, por corte de la alimentación desde el punto B al G1-C24.*

L
6.4

Circuito en régimen de neutro IT

En un régimen IT, las puestas a tierra y las protecciones se calculan para el caso de dos defectos simultáneos en conductores activos diferentes, y en las mismas condiciones que un régimen TN:

■ Protección con interruptores automáticos.

■ Protecciones con interruptores diferenciales. Con protecciones diferenciales también podremos protegernos.

■ Por un solo defecto disponemos del control del aislamiento de la red.

En nuestro caso alimentamos el régimen IT a través de tres SAI "on-line" con separación galvánica.

Impedancia del circuito de régimen IT con respecto a tierra

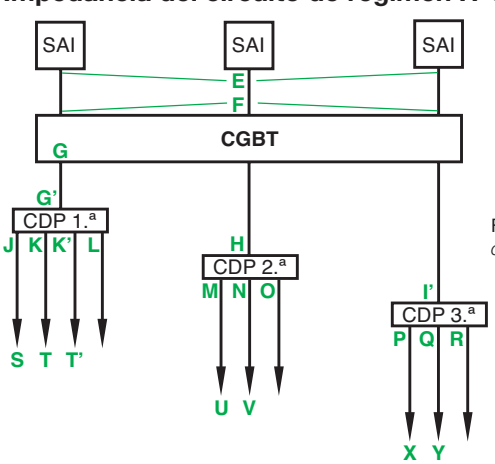


Fig. L6.4-479: *esquema de la distribución de la red de régimen IT.*

Longitud de la red de esquema IT

Entre las fuentes (SAI) y los cuadros de control y distribución

■ **Tramo E-F**, de los bornes de los SAI al cuadro CGBT.
Longitud de 12 m, con tres líneas trifásicas.
Longitud total de las fases: $L_{f(EF)}$ = 12 m · 3 ud. · 3 f = 108 m.

■ **Tramo F-G**, de los bornes de entrada del CGBT a los bornes de salida.
Longitud de 1 m de embarrado más 1 m de conexiones.
Longitud total de las fases: $L_{f(FG)}$ = (1 + 1) m · 3 f = 6 m.

■ **Tramo F-H**, de los bornes de entrada del CGBT a los bornes de salida.
Longitud de 1,3 m de embarrado más 1 m de conexiones.
Longitud total de las fases: $L_{f(FH)}$ = (1,3 + 1) m · 3 f = 6,9 m.

■ **Tramo F-I**, de los bornes de entrada del CGBT a los bornes de salida.
Longitud de 1,6 m de embarrado más 1 m de conexiones.
Longitud total de las fases: $L_{f(FI)}$ = (1,6 + 1) m · 3 f = 7,8 m.

■ **Tramo G-G'**, de los bornes de salida del CGBT, a los bornes de entrada del cuadro de distribución de la planta 1.ª (CDP 1.ª).
Longitud total de las fases: $L_{f(GG')}$ = 1,8 m · 3 f = 5,4 m.

■ **Tramo H-H'**, de los bornes de salida del CGBT, a los bornes de entrada del cuadro de distribución de la planta 2.ª (CDP 2.ª).
Longitud de 1 m de las conexiones de los bornes de salida del CGBT a los bornes de la canalización prefabricada, 7 m de canalización prefabricada, 1,5 m de las conexiones de la canalización prefabricada a los bornes del cuadro (CDP 2.ª).
Longitud total de las fases: $L_{f(HH')}$ = (1 + 7 + 1,5) m · 3 f = 28,5 m.

■ **Tramo I-I'**, de los bornes de salida del CGBT a los bornes de entrada del cuadro de distribución de la planta 3.ª (CDP 3.ª).
Longitud de 1m de las conexiones de los bornes de salida del CGBT, a los bornes de la canalización prefabricada, 12,5 m de canalización prefabricada, 1,5 m de las conexiones de la canalización prefabricada a los bornes del cuadro CDP 3.ª.
Longitud total de las fases: $L_{f(II')}$ = (1 + 12,5 + 1,5) m · 3 f = 45 m.

■ **Tramo G'-J**, de los bornes de entrada del CDP 1.ª a los bornes de salida para la línea 1.ª punto J.
Longitud de las conexiones 1 m + 1 m + 1 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(G'J)}$ = (1 + 1 + 1) m · 3 f = 9 m.

■ **Tramo G'-K**, de los bornes de entrada del CDP 1.ª a los bornes de salida para la línea 2.ª punto K.
Longitud de las conexiones 1 m + 1 m + 1 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(G'K)}$ = (1 + 1 + 1) m · 3 f = 9 m.

■ **Tramo G'-K'**, de los bornes de entrada del CDP 1.ª a los bornes de salida para la línea 3.ª punto K'.
Longitud de las conexiones 1 m + 1 m + 1 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(G'K')}$ = (1 + 1 + 1) m · 3 f = 9 m.

■ **Tramo G'-L**, de los bornes de entrada del CDP 1.ª a los bornes de salida para las líneas de alarmas técnicas punto L.
Longitud de las conexiones trifásicas 1 m + 1 m, de las monofásicas 4 ud. de 0,8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(G'L)}$ = [(1 + 1) m · 3 f] + (0,8 m · 4 ud.) = 9,2 m.

■ **Tramo G'-J**, de los bornes de entrada del CDP 2.ª a los bornes de salida para la línea 1.ª punto M.
Longitud de las conexiones 1 m + 1 m + 1 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(H'M)}$ = (1 + 1 + 1) m · 3 f = 9 m.

■ **Tramo G'-K**, de los bornes de entrada del CDP 2.ª a los bornes de salida para la línea 2.ª punto N.
Longitud de las conexiones 1 m + 1 m + 1 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(H'N)}$ = (1 + 1 + 1) m · 3 f = 9 m.

■ **Tramo G'-O**, de los bornes de entrada del CDP 2.ª a los bornes de salida para las líneas de alarmas técnicas punto O.

Longitud de las conexiones trifásicas 1 m + 1 m, de las monofásicas 4 ud. de 0,8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(H'O)}$ = [(1 + 1) m · 3 f] + (0,8 m · 4 ud.) = 9,2 m.

■ **Tramo I'-P**, de los bornes de entrada del CDP 3.ª a los bornes de salida para la línea 1.ª punto P.
Longitud de las conexiones 1 m + 1 m + 1 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(I'P)}$ = (1 + 1 + 1) m · 3 f = 9 m.

■ **Tramo I'-Q**, de los bornes de entrada del CDP 3.ª a los bornes de salida para la línea 2.ª punto Q.
Longitud de las conexiones 1 m + 1 m + 1 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(I'Q)}$ = (1 + 1 + 1) m · 3 f = 9 m.

■ **Tramo I'-R**, de los bornes de entrada del CDP 3.ª a los bornes de salida para las líneas de alarmas técnicas punto R.
Longitud de las conexiones trifásicas 1m + 1m, de las monofásicas 4 ud. de 0,8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(I'R)}$ = [(1 + 1) m · 3 f] + (0,8 m · 4 ud.) = 9,2 m.

Longitud de las líneas de distribución

■ **Tramo J-S**: la línea 1.ª de la 1.ª planta, desde los bornes de salida del cuadro de distribución de la planta CDP 1.ª hasta la caja de bornes IT-17.
Longitud del tramo de línea trifásica 26,1 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(JS)}$ = 26,1 m · 3 f = 78,3 m.

■ **Tramo K-T**: la línea 2.ª de la 1.ª planta, desde los bornes de salida del cuadro de distribución de la planta CDP 1.ª hasta la caja de bornes IT-01.
Longitud del tramo de línea trifásica 29,3 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(KT)}$ = 29,3 m · 3 f = 87,9 m.

■ **Tramo K'-T'**: la línea 3.ª de la 1.ª planta, desde los bornes de salida del cuadro de distribución de la planta CDP 1.ª hasta la caja de bornes IT-02.
Longitud del tramo de línea trifásica 27,8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(K'T')}$ = 27,8 m · 3 f = 83,4 m.

■ **Tramo M-U**: la línea 1.ª de la 2.ª planta, desde los bornes de salida del cuadro de distribución de la planta CDP 1.ª hasta la caja de conexiones IT-2-05, más el ramal hasta la caja IT-2-06.
Longitud del tramo de línea trifásica (22 + 3) m.
Longitud total de las fases: $L_{f(MU)}$ = (22 + 3) m · 3 f = 75 m.

■ **Tramo N-V**: la línea 2.ª de la 2.ª planta, desde los bornes de salida del cuadro de distribución de la planta CDP 1.ª hasta la caja de conexiones IT-2-05, más el ramal hasta la caja IT-2-06.
Longitud del tramo de línea trifásica (25 + 3) m.
Longitud total de las fases: $L_{f(NV)}$ = (25 + 3) m · 3 f = 84 m.

■ **Tramo P-X**: la línea 1.ª de la 3.ª planta, desde los bornes de salida del cuadro de distribución de la planta CDP 1.ª hasta la caja de conexiones IT-3-05, más el ramal hasta la caja IT-3-06.
Longitud del tramo de línea trifásica (22 + 3) m.
Longitud total de las fases: $L_{f(PX)}$ = (22 + 3) m · 3 f = 75 m.

■ **Tramo Q-Y**: la línea 2.ª de la 3.ª planta, desde los bornes de salida del cuadro de distribución de la planta CDP 1.ª hasta la caja de conexiones IT-3-05, más el ramal hasta la caja IT-3-06.
Longitud del tramo de línea trifásica (25 + 3) m.
Longitud total de las fases: $L_{f(QY)}$ = (25 + 3) m · 3 f = 84 m.

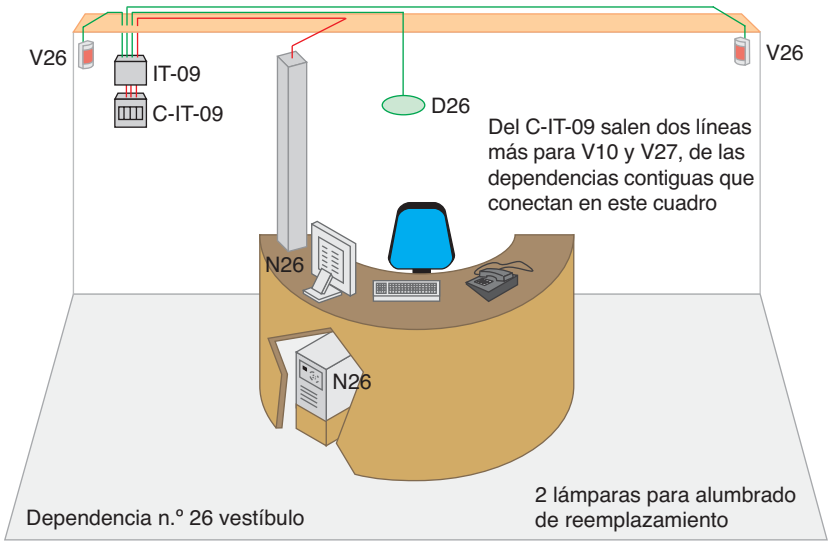
Longitud de las líneas de conexión de las cargas; de las cajas de conexiones a los cuadros de control y protección de las cargas y la conexión a las mismas

En la línea 1.ª de la 1.ª planta

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-09

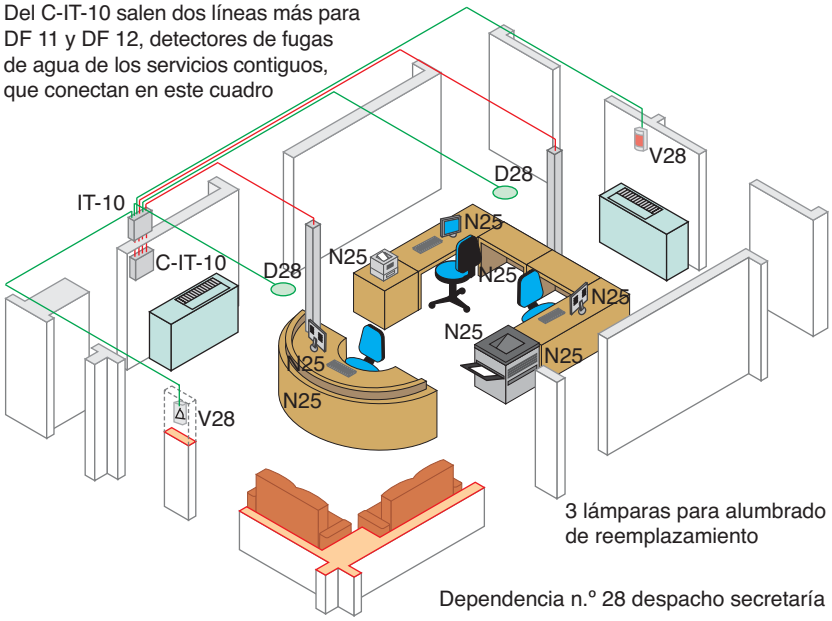
De la caja IT-09 se alimenta el cuadro C-IT-09 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L1.

Del interruptor automático depende la línea de alimentación a las cargas (fase L1):
■ Interruptor automático IT-09/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.
□ Una línea para la detección de humos de 6 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 18 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-09)} = (8 + 6 + 18) = 32$ m.



Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-10

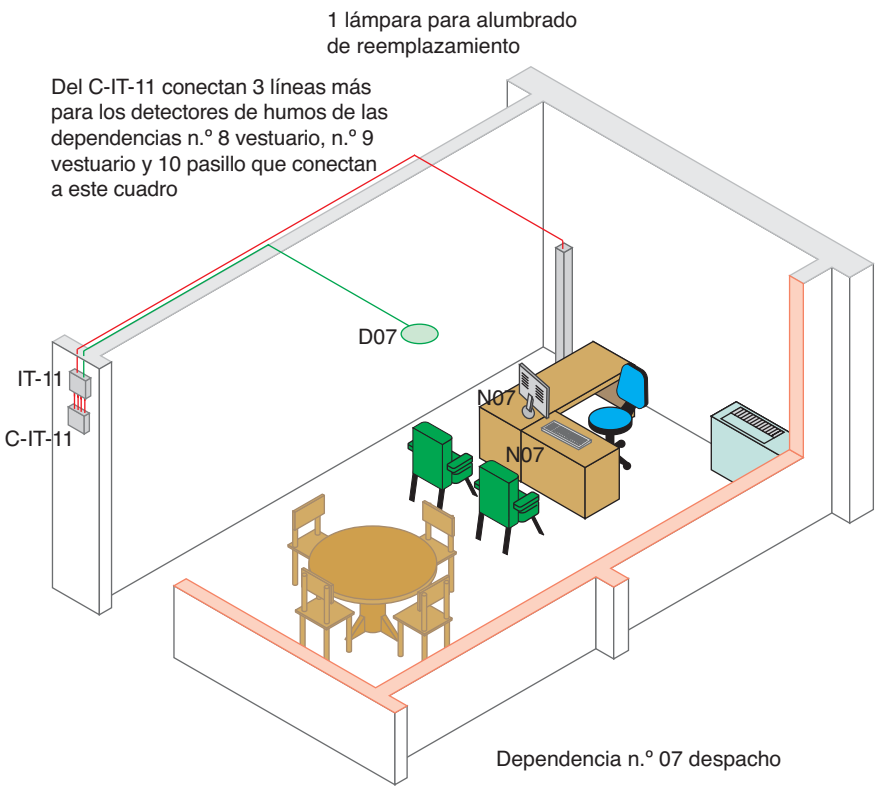
De la caja IT-10 se alimenta el cuadro C-IT-10 y de éste, a través de cuatro interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L2. De cada interruptor automático depende una longitud de línea (fase L2) hasta las cargas:



■ Interruptor automático IT-10/I1: longitud de 19 m.
■ Interruptor automático IT-10/I2: longitud de 17 m.
■ Interruptor automático IT-10/I3: longitud de 15 m.
■ Interruptor automático IT-10/I4:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 12 m.
□ Una línea para la detección de humos de 28 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 20 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-10)}$ = (19 + 17 + 15 + 12 + 28 + 20 + 8) m = 119 m.

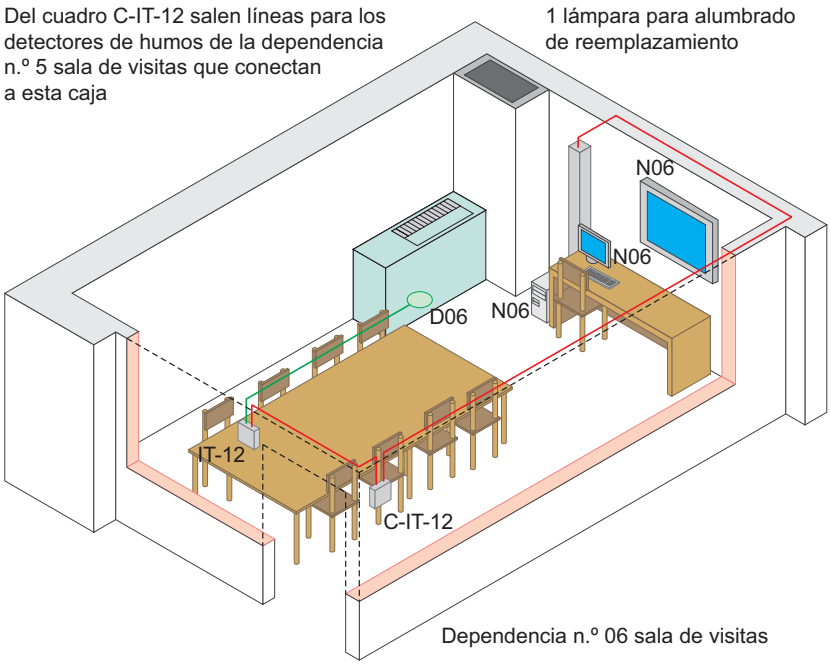
Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-11

De la caja IT-11 se alimenta el cuadro C-IT-11 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L2.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L2) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-11/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 15 m.
□ Una línea para la detección de humos de 28 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-11)}$ = (15 + 28) m = 43 m.



Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-12

De la caja IT-12 se alimenta el cuadro C-IT-12 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L3.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L3) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-12/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 12 m.
□ Una línea para la detección de humos de 7 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-12)}$ = (12 + 7) m = 19 m.



Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-13

De la caja IT-13 se alimenta el cuadro C-IT-13 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L1.

Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L1) hasta las cargas:

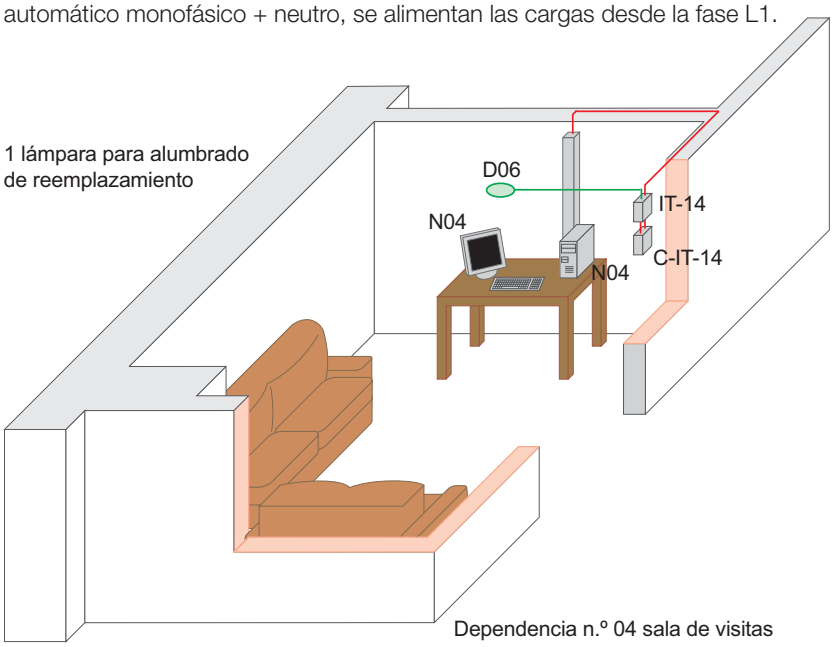
■ Interruptor automático IT-13/I1:

□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.

Longitud total de las fases: $L_{f(IT-13)}$ = 8 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-14

De la caja IT-14 se alimenta el cuadro C-IT-14 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L1.



Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L1) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-14/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-14)}$ = 8 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-15
De la caja IT-15 se alimenta el cuadro C-IT-15 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L3.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L3) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-12/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 12 m.
□ Una línea para la detección de humos de 7 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-15)}$ = (12 + 7) m = 19 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-16
De la caja IT-16 se alimenta el cuadro C-IT-16 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L2.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L2) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-16/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 15 m.
□ Una línea para la detección de humos de 7 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-16)}$ = (15 + 7) m = 22 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-17
De la caja IT-17 se alimenta el cuadro C-IT-17 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L2.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L2) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-17/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 15 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-17)}$ = 15 m.

En la línea 2.ª de la 1.ª planta

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-08
De la caja IT-08 se alimenta el cuadro C-IT-08 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L1.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L1) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-08/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-08)}$ = 8 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-07
De la caja IT-07 se alimenta el cuadro C-IT-07 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L3.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L3) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-07/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-07)}$ = 14 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-06
De la caja IT-06 se alimenta el cuadro C-IT-06 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L3.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L3) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-06/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.
□ Una línea para la detección de humos de 7 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-06)}$ = (8 + 7) m = 15 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-05

De la caja IT-05 se alimenta el cuadro C-IT-05 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L1.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L1) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-05/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-05)}$ = 8 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-04

De la caja IT-05 se alimenta el cuadro C-IT-05 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L1.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L1) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-01/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-04)}$ = 8 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-03

De la caja IT-03 se alimenta el cuadro C-IT-03 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L2.
Del interruptor automático depende una longitud de línea (fase L2) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-03/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 8 m.
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-03)}$ = (8 + 14) m = 22 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-01

De la caja IT-01 se alimenta el cuadro C-IT-01 y de éste, a través de cuatro interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas desde la fase L2.
De cada interruptor automático depende una longitud de línea (fase L2) hasta las cargas:
■ Interruptor automático IT-01/I1: longitud de 19 m.
■ Interruptor automático IT-01/I2: longitud de 17 m.
■ Interruptor automático IT-01/I3: longitud de 15 m.
■ Interruptor automático IT-01/I4:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 12 m.
□ Una línea para la detección de humos de 28 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 20 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-01)}$ = (19 + 17 + 15 + 12 + 28 + 20 + 8) m = 119 m.

En la línea 3.ª de la 1.ª planta

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-02

De la caja IT-02 se alimenta el cuadro C-IT-02 y de éste, a través de cinco interruptores automáticos trifásicos y un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las cargas.
La carga principal es la CPU central, con su compensación de armónicos, compensación del factor de potencia y control de calidad, y las cargas de los detectores de las alarmas técnicas.
Interruptor automático IT-02/I1: longitud de 6 m línea trifásica
$L_{f(IT-02/I1)}$ = 6 m · 3 f = 18 m.
Interruptor automático IT-02/I2: longitud de 2 m línea trifásica
$L_{f(IT-02/I2)}$ = 2 m · 3 f = 6 m.
Interruptor automático IT-02/I3: longitud de 2 m línea trifásica
$L_{f(IT-02/I3)}$ = 2 m · 3 f = 6 m.

Interruptor automático IT-02/I4: longitud de 1 m línea trifásica
$L_{f(IT-02/I4)}$ = 1 m · 3 f = 3 m.
Interruptor automático IT-02/I5: longitud de 1 m línea trifásica
$L_{f(IT-02/I5)}$ = 1 m · 3 f = 3 m.
Interruptor automático IT-02/I6: longitud de 56 m línea monofásica + neutro.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-02)}$ = (18 + 6 + 6 + 3 + 3 + 56) m = 92 m.

En la línea 1.ª de la 2.ª planta

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-01
De la caja IT-2-01 se alimenta el cuadro C-IT-2-01 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las alarmas técnicas desde la fase L1:
■ Del interruptor automático depende la alimentación de las alarmas técnicas de línea (fase L1), con una longitud de:
□ Una línea para la detección de humos de 21 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 8 m.
■ De la caja IT-2-01 se alimentan dos fotocopiadoras con líneas monofásicas + neutro de 6 m cada una, total 12 m.
■ De la caja IT-2-01 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-01)}$ = (21 + 8 + 12 + 8) m = 49 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-02
De la caja IT-2-02 se alimenta el cuadro C-IT-2-02 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L3 y las alarmas técnicas desde la fase L1:
■ Interruptor automático IT-2-02/I1: cargas informáticas 7 m.
■ Interruptor automático IT-02/I2: línea para la detección de humos 8 m.
■ De la caja IT-2-02 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-02)}$ = (7 + 8 + 8) m = 23 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-03
De la caja IT-2-03 se alimenta el cuadro C-IT-2-03 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L1 y las alarmas técnicas desde la fase L2:
■ Interruptor automático IT-2-02/I1: cargas informáticas 7 m.
■ Interruptor automático IT-2-02/I2: línea para la detección de humos 8 m.
■ De la caja IT-2-02 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-03)}$ = (7 + 8 + 8) m = 23 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-04
De la caja IT-2-04 se alimenta el cuadro C-IT-2-04 y de éste a través de dos interruptores automáticos, bifásico + neutro para las cargas informáticas (L2 y L3) y monofásico + neutro para las cargas de las alarmas técnicas (L1):
■ Interruptor automático IT-2-04/I1: cargas informáticas (9 + 9) m.
■ Interruptor automático IT-2-04/I2:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 16 m.
■ De la caja IT-2-04 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-04)}$ = (18 + 14 + 12 + 8) m = 52 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-05

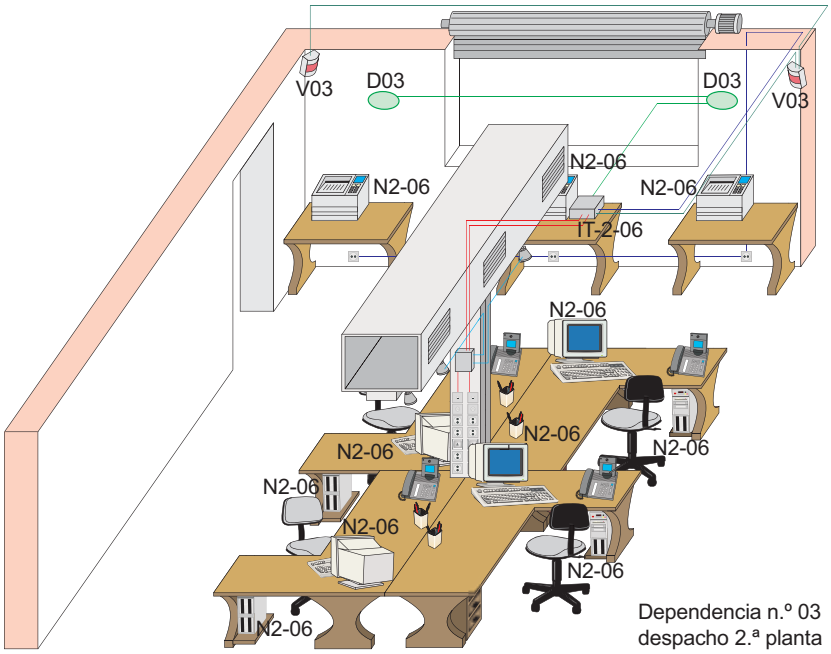
De la caja IT-2-05 se alimenta el cuadro C-IT-2-05 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L1:

■ Interruptor automático IT-2-02/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 4 m.
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 12 m.
■ De la caja IT-2-02 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.

Longitud total de las fases: $L_{f(IT-05)}$ = (4 + 14 + 12 + 8) m = 38 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-06

De la caja IT-2-06 se alimenta el cuadro C-IT-2-06 y de éste a través de dos interruptores automáticos, bifásico + neutro para las cargas informáticas (L2 y L3) y monofásico + neutro para las cargas de las alarmas técnicas (L1):



Dependencia n.º 03
despacho 2.ª planta

■ Interruptor automático IT-2-04/I1: cargas informáticas (9 + 9) m.
■ Interruptor automático IT-2-04/I2:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 16 m.
■ De la caja IT-2-04 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.

Longitud total de las fases: $L_{f(IT-06)}$ = (18 + 14 + 16 + 8) m = 56 m.

En la línea 2.ª de la 2.ª planta

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-07

De la caja IT-2-07 se alimenta el cuadro C-IT-2-07 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las alarmas técnicas desde la fase L2:

■ Del interruptor automático depende la alimentación de las alarmas técnicas de línea (fase L1), con una longitud de:
□ Una línea para la detección de humos de 21 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-07)}$ = (21 + 8) m = 29 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-08
De la caja IT-2-08 se alimenta el cuadro C-IT-2-08 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las alarmas técnicas desde la fase L2 y dos tomas para cargas informáticas:
■ De la caja IT-2-08 derivan dos tomas de corriente para cargas informáticas monofásicas + neutro de longitud (6 m + 6 m) total 12 m.
■ Del interruptor automático depende la alimentación de las alarmas técnicas de línea (fase L2), con una longitud de:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 16 m.
■ De la caja IT-2-02 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-08)}$ = (12 + 14 + 16 + 8) m = 50 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-09
De la caja IT-2-09 se alimenta el cuadro C-IT-2-09 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L3 y las alarmas técnicas desde la fase L2:
■ Interruptor automático IT-2-09/I1: cargas informáticas 7 m.
■ Interruptor automático IT-2-09/I2: línea para la detección de humos 8 m.
■ De la caja IT-2-09 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-09)}$ = (7 + 8 + 8) m = 23 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-10
De la caja IT-2-10 se alimenta el cuadro C-IT-2-10 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L1 y las alarmas técnicas desde la fase L2:
■ Interruptor automático IT-2-10/I1: cargas informáticas 7 m.
■ Interruptor automático IT-2-10/I2:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 16 m.
■ De la caja IT-2-10 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-10)}$ = (7 + 14 + 16 + 8) m = 45 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-11
De la caja IT-2-11 se alimenta el cuadro C-IT-2-11 y de éste a través de dos interruptores automáticos, bifásico + neutro para las cargas informáticas (L2 y L3) y monofásico + neutro para las cargas de las alarmas técnicas (L1):
■ Interruptor automático IT-2-11/I1: cargas informáticas (9 + 9) m.
■ Interruptor automático IT-2-11/I2:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
■ De la caja IT-2-11 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-11)}$ = (16 + 14 + 8) m = 40 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-12
De la caja IT-2-12 se alimenta el cuadro C-IT-2-12 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las alarmas técnicas desde la fase L3:

■ Del interruptor automático depende la alimentación de las alarmas técnicas de línea (fase L3), con una longitud de:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 12 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-12)}$ = (14 + 12 + 8) m = 34 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-13
De la caja IT-2-13 se alimenta el cuadro C-IT-2-13 y de éste a través de dos interruptores automáticos, bifásico + neutro para las cargas informáticas (L2 y L3) y monofásico + neutro para las cargas de las alarmas técnicas (L1):
■ Interruptor automático IT-2-13/I1: cargas informáticas (9 + 9) m.
■ Interruptor automático IT-2-13/I2:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
■ De la caja IT-2-13 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 12 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-13)}$ = (18 + 14 + 12) m = 44 m.

En la línea 1.ª de la 3.ª planta

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-01
De la caja IT-3-01 se alimenta el cuadro C-IT-3-01 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las alarmas técnicas desde la fase L1:
■ Del interruptor automático depende la alimentación de las alarmas técnicas de línea (fase L1), con una longitud de:
□ Una línea para la detección de humos de 21 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 8 m.
■ De la caja IT-3-01 se alimentan dos fotocopiadoras con líneas monofásicas + neutro de 6 m cada una, total 12 m.
■ De la caja IT-3-01 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-01)}$ = (21 + 8 + 12 + 8) m = 49 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-02
De la caja IT-3-02 se alimenta el cuadro C-IT-3-02 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L3 y las alarmas técnicas desde la fase L1:
■ Interruptor automático IT-2-03/I1: cargas informáticas 7 m.
■ Interruptor automático IT-03/I2: línea para la detección de humos 8 m.
■ De la caja IT-3-02 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-02)}$ = (7 + 8 + 8) m = 23 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-03
De la caja IT-3-03 se alimenta el cuadro C-IT-3-03 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L1 y las alarmas técnicas desde la fase L2:
■ Interruptor automático IT-3-03/I1: cargas informáticas 7 m.
■ Interruptor automático IT-3-03/I2: línea para la detección de humos 8 m.
■ De la caja IT-3-02 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-03)}$ = (7 + 8 + 8) m = 23 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-04
De la caja IT-3-04 se alimenta el cuadro C-IT-3-04 y de éste a través de dos

interruptores automáticos, bifásico + neutro para las cargas informáticas (L2 y L3) y monofásico + neutro para las cargas de las alarmas técnicas (L1):
■ Interruptor automático IT-3-04/I1: cargas informáticas (9 + 9) m.
■ Interruptor automático IT-3-04/I2:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 16 m.
■ De la caja IT-3-04 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-04)}$ = (18 + 14 + 16 + 8) m = 56 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-05
De la caja IT-3-05 se alimenta el cuadro C-IT-3-05 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L1.
■ Interruptor automático IT-3-02/I1:
□ Una línea para las cargas informáticas de longitud de 4 m.
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 12 m.
■ De la caja IT-3-02 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-05)}$ = (4 + 14 + 12 + 8) m = 38 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-06
De la caja IT-3-06 se alimenta el cuadro C-IT-3-06 y de éste a través de dos interruptores automáticos, bifásico + neutro para las cargas informáticas (L2 y L3) y monofásico + neutro para las cargas de las alarmas técnicas (L1):
■ Interruptor automático IT-3-04/I1: cargas informáticas (9 + 9) m.
■ Interruptor automático IT-3-04/I2:
□ una línea para la detección de humos de 14 m.
□ una línea para la detección de intrusos de 16 m.
■ De la caja IT-3-04 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-06)}$ = (18 + 14 + 16 + 8) m = 56 m.

En la línea 2.ª de la 3.ª planta

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-07
De la caja IT-3-07 se alimenta el cuadro C-IT-3-07 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las alarmas técnicas desde la fase L2:
■ Del interruptor automático depende la alimentación de las alarmas técnicas de línea (fase L1), con una longitud de:
□ Una línea para la detección de humos de 21 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-07)}$ = (21 + 8) m = 29 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-08
De la caja IT-3-08 se alimenta el cuadro C-IT-3-08 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las alarmas técnicas desde la fase L2 y dos tomas para cargas informáticas:
■ De la caja IT-3-08 derivan dos tomas de corriente para cargas informáticas monofásicas + neutro de longitud (6 m + 6 m) total 12 m.
■ Del interruptor automático depende la alimentación de las alarmas técnicas de línea (fase L2), con una longitud de:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de fugas de agua de 16 m.

■ De la caja IT-3-02 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-08)}$ = (12 + 14 + 16 + 8) m = 50 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-09
De la caja IT-3-09 se alimenta el cuadro C-IT-3-09 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L3 y las alarmas técnicas desde la fase L2:
■ Interruptor automático IT-3-09/I1: cargas informáticas 7 m.
■ Interruptor automático IT-3-09/I2: línea para la detección de humos 8 m.
■ De la caja IT-3-09 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-09}$ = (7 + 8 + 8) m = 23 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-10
De la caja IT-3-10 se alimenta el cuadro C-IT-3-10 y de éste, a través de dos interruptores automáticos monofásico + neutro, se alimentan las cargas informáticas de la fase L1 y las alarmas técnicas desde la fase L2:
■ Interruptor automático IT-3-10/I1: cargas informáticas 7 m.
■ Interruptor automático IT-3-10/I2:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 16 m.
■ De la caja IT-3-10 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-10)}$ = (7 + 14 + 16 + 8) m = 45 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-11
De la caja IT-3-11 se alimenta el cuadro C-IT-3-11 y de éste a través de dos interruptores automáticos, bifásico + neutro para las cargas informáticas (L2 y L3) y monofásico + neutro para las cargas de las alarmas técnicas (L1):
■ Interruptor automático IT-3-11/I1: cargas informáticas (9 + 9) m.
■ Interruptor automático IT-3-11/I2:
□ una línea para la detección de humos de 14 m.
■ De la caja IT-3-11 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-11)}$ = (18 + 14 + 8) m = 40 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-3-12
De la caja IT-3-12 se alimenta el cuadro C-IT-3-12 y de éste, a través de un interruptor automático monofásico + neutro, se alimentan las alarmas técnicas desde la fase L3:
■ Del interruptor automático depende la alimentación de las alarmas técnicas de línea (fase L3), con una longitud de:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
□ Una línea para la detección de intrusos de 12 m.
□ Una lína para la detección de fugas de agua de 8 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-12)}$ = (14 + 12 + 8) m = 34 m.

Tramo correspondiente a la caja de conexiones IT-2-13
De la caja IT-3-13 se alimenta el cuadro C-IT-3-13 y de éste a través de dos interruptores automáticos, bifásico + neutro para las cargas informáticas (L2 y L3) y monofásico + neutro para las cargas de las alarmas técnicas (L1):
■ Interruptor automático IT-3-13/I1: cargas informáticas (9 + 9) m.
■ Interruptor automático IT-3-13/I2:
□ Una línea para la detección de humos de 14 m.
■ De la caja IT-3-13 se alimentan dos puntos luz para el alumbrado de sustitución con líneas monofásicas + neutro de 12 m.
Longitud total de las fases: $L_{f(IT-13)}$ = (18 + 14 + 12) m = 44 m.

Longitud total de los conductores activos de la red de régimen IT							
Sector	Tramo	Longitud (m)	Suma (m)	Sector	Tramo	Longitud (m)	Suma (m)
Línea general	E-F	108		Planta 1.ª-L2.ª	IT-08	8	
	F-G	6			IT-07	14	
	F-H	6,9			IT-06	15	
	F-I	7,8			IT-05	8	
	G-G'	5,4			IT-04	8	
	H-H'	28,5			IT-03	22	
	I-I'	45			IT-01	119	194
	G'-J	9		1.ª-L3.ª	IT-02	92	92
	G'-K	9		Planta 2.ª-L1.ª	IT-2-01	49	
	G'-K'	9			IT-2-02	23	
	G'-L	9,2			IT-2-03	23	
	G'-J	9			IT-2-04	52	
	G'-K	9			IT-2-05	38	
	G'-O	9,2			IT-2-06	56	241
	I'-P	9		2.ª-L2.ª	IT-2-07	29	
	I'-Q	9			IT-2-08	50	
	I'-R	9,2	298,2		IT-2-09	23	
Línea distri-bución	J-S	26,1			IT-2-10	45	
	K-T	29,3			IT-2-11	40	
	K'-T'	83,4			IT-2-12	34	
	M-U	75			IT-2-13	44	265
	N-V	84		Planta 3.ª-L1.ª	IT-3-01	49	
	P-X	75			IT-3-02	23	
	Q-Y	84	456,8		IT-3-03	23	
Planta 1.ª-L1.ª	IT-09	32			IT-3-04	56	
	IT-10	119			IT-3-05	38	
	IT-11	43			IT-3-06	56	245
	IT-12	19		3.ª-L2.ª	IT-3-07	29	
	IT-13	8			IT-3-08	50	
	IT-14	8			IT-3-09	23	
	IT-15	19			IT-3-10	45	
	IT-16	22			IT-3-11	40	
	IT-17	15	285		IT-3-12	34	
					IT-3-13	44	265
				Total			2.342

Tabla L6.4-480: *longitudes de los conductores activos de la red de régimen IT.*

Circuito de la red de régimen IT con una fuga

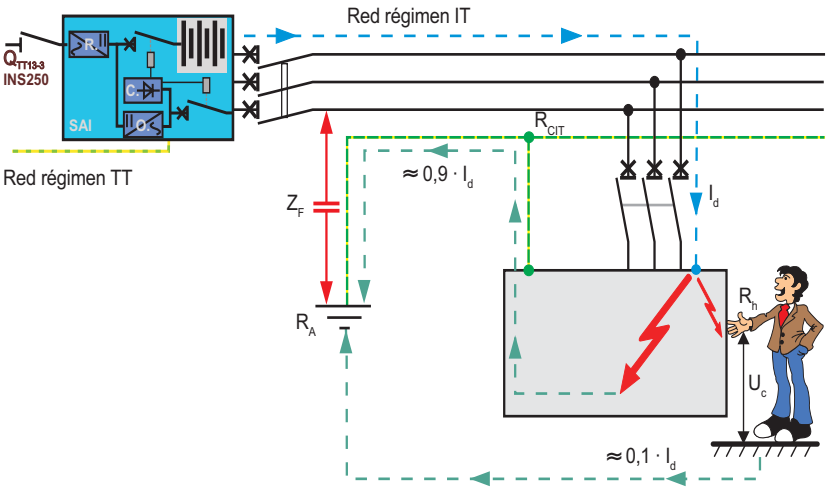


Fig. L6.4-481: *circuito en régimen IT con fuga.*

En el esquema de la figura disponemos de una alimentación en régimen TT que alimenta unos SAI, con separación galvánica, que trabajan siempre en "on-line", y a la salida una red en régimen IT que alimenta unas cargas.
Esta red totalmente aislada tiene con respecto a tierra una capacitancia y una resistencia, formadas por el dieléctrico entre las partes activas y tierra. De los dos fenómenos el más débil es la capacitancia (o sea el más fácil de perforar, y poder determinar una continuidad de circuito entre tierra y la red).
En el momento que un conductor activo tenga contacto con una masa, existirá una puesta en tensión de esta masa y puede circular una intensidad (línea azul) de fuga I_d:
■ Si las masas afectadas por el entorno de esta red las tenemos unidas equipotencialmente y puestas a tierra, esta posible intensidad de fuga llegará a tierra.
■ Si en estos momentos una persona está en contacto con esta red equipotencial, parte de esta intensidad de fuga se derivará por ella.
Para que pueda circular la intensidad de fuga debemos cerrar el circuito, y éste sólo puede cerrarse por la impedancia de los propios conductores activos, con respecto a tierra Z_F.

¿Qué limita la intensidad de fuga?

■ La impedancia de la red con respecto a tierra suele ser del orden de unos miles de ohmios.
■ La resistencia de la red equipotencial y su resistencia de contacto a tierra suele ser de unos ohmios o decenas de ohmios.
■ La resistencia del cuerpo humano es del orden de 1.000 ohmios.
■ La resistencia de la red equipotencial y la del hombre están en paralelo y las dos en serie con la impedancia de la red.
Al ser tan mayor la impedancia de la red con respecto a ellas dos, éstas son prácticamente despreciables. Pero debemos tenerlas en cuenta para determinar:
□ Qué proporción de la corriente de fuga circula por la red equipotencial.
□ Qué proporción circula por el cuerpo humano, siendo las dos inversamente proporcionales a sus resistencias.
Si observamos, la resistencia de la red equipotencial es del orden de unos ohmios o decenas de ohmios y la del cuerpo humano es de 1.000 ohmios, por tanto la relación es aproximadamente de 1/10.

La impedancia de esta red con respecto a tierra

$$Z_F = \frac{1}{C_T \cdot \omega} = \frac{1}{0{,}3^{\mu F}/\text{km} \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}342\ \text{km} \cdot 314} = \frac{10^6}{0{,}3^{\mu F}/\text{km} \cdot 2{,}342\ \text{km} \cdot 314} =$$

$$= \frac{10^6}{220{,}6164} = 4.532{,}75\ \text{A}.$$

La intensidad de una fuga de la red de régimen IT

$$I_d = \frac{U_0}{Z_F} = \frac{230\ \text{V}}{4.532{,}75\ \Omega} = 0{,}0507418\ \text{A}.$$

La tensión de contacto

$U_c = I_d \cdot R_B$.

Si consideramos un valor cero en la resistencia del cuerpo humano y de la resistencia de contacto, como la de contacto a tierra, el circuito dependerá exclusivamente de la resistencia de puesta a tierra de la red equipotencial del régimen IT.
Si suponemos que esta resistencia es del orden de 10 Ω, tendríamos una tensión de contacto de: $U_c = I_d \cdot R_B = 0{,}0507418\ \text{A} \cdot 10\ \Omega = 0{,}507418\ \text{V}$.
Si observamos la tabla de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar el tiempo máximo de contacto que permite una tensión de 0,5 V. El tiempo es ilimitado, no sale en la tabla.

¿Cómo detectaremos la posible primera fuga del circuito?

Hemos previsto instalar un Controlador Vigilohm que inyecta una señal de baja frecuencia entre la red y tierra.
A través de los núcleos toroidales instalados a lo largo del circuito, envolviendo los conductores activos, detectamos si esta señal circula a través de tierra cuando exista una fuga.
Esta corriente de fuga permite activar un led de un Localizador, que es el receptor de señal de los núcleos toroidales. Todos los toroidales aguas arriba del defecto detectarán la corriente de la señal y activarán todos los leds correspondientes.
En el mismo tiempo el controlador Vigilohm es capaz de valorar la corriente de la señal y darnos una señal a través de dos contactos, indicando un umbral prefijado del valor de aislamiento instantáneo de la red de régimen IT.
En los dos umbrales podemos definir:
■ Entre 1 y 299 kΩ como umbral de prevención.
■ Entre 0,2 y 99,9 kΩ como umbral de defecto.
Esta señales las conduciremos al programa informático de control.

Ejemplo

En la Fig. L6.4-482 de la página siguiente podemos observar:
■ 1.º, que un defecto provocado aguas abajo de interruptor automático IT-15/I1 de la línea 1.ª de la 1.ª planta activaría el núcleo toroidal:
□ TA-49 como el más inmediato.
□ TA-13 que controla toda la línea 1.ª de la 1.ª planta.
□ TA-07 que controla toda la primera planta.
□ TA-01, TA-02 y TA-03 correspondientes a las salidas de los tres SAI.
■ 2.º, que un defecto provocado en la línea de distribución 2.ª de la 1.ª planta aguas abajo del interruptor automático Q_{IT202} activaría el núcleo toroidal:
□ TA-10 como el más inmediato.
□ TA-07 que controla toda la primera planta.
□ TA-01, TA-02 y TA-03 correspondientes a las salidas de los tres SAI.
■ 3.º, que un defecto provocado en la línea de alimentación del cuadro de distribución de la 2.ª planta (CDP 2.ª), aguas abajo del interruptor automático Q_{ITP2} activaría el núcleo toroidal:
□ TA-08 que controla la segunda planta.
□ TA-01, TA-02 y TA-03 correspondientes a las salidas de los tres SAI.
Así podríamos describir todos los puntos de la red.

¿Cómo debemos protegernos contra los choques eléctricos en un segundo defecto?

En el capítulo G, apartado 3.2.3. “Corte automático al segundo defecto en redes IT”, subapartado “Segundo defecto”, página G/72 del 2.º Volumen, exponemos las opciones en función de la forma de realizar las puestas a tierra de las masas y de la distribución de neutro.
En nuestro caso y en función de la dificultad que presenta un edificio de pública concurrencia, con diversas instalaciones y diversas alimentaciones, debemos realizar diferentes puestas a tierra.
Pero, ¿existe espacio? Sólo podemos considerar la solución de una red equipotencial propia de todas las masas y una sola puesta a tierra de esta red de régimen IT. Pero compartimos el cuadro general y los de distribución de plantas con la red de régimen TT y ya están puestos a tierra. Como podremos comprobar que no existe dificultad para poder realizar las protecciones, aunque las masas de los cuadros estén en el entorno de la red de régimen IT y puedan quedar bajo tensión que no es perjudicial.

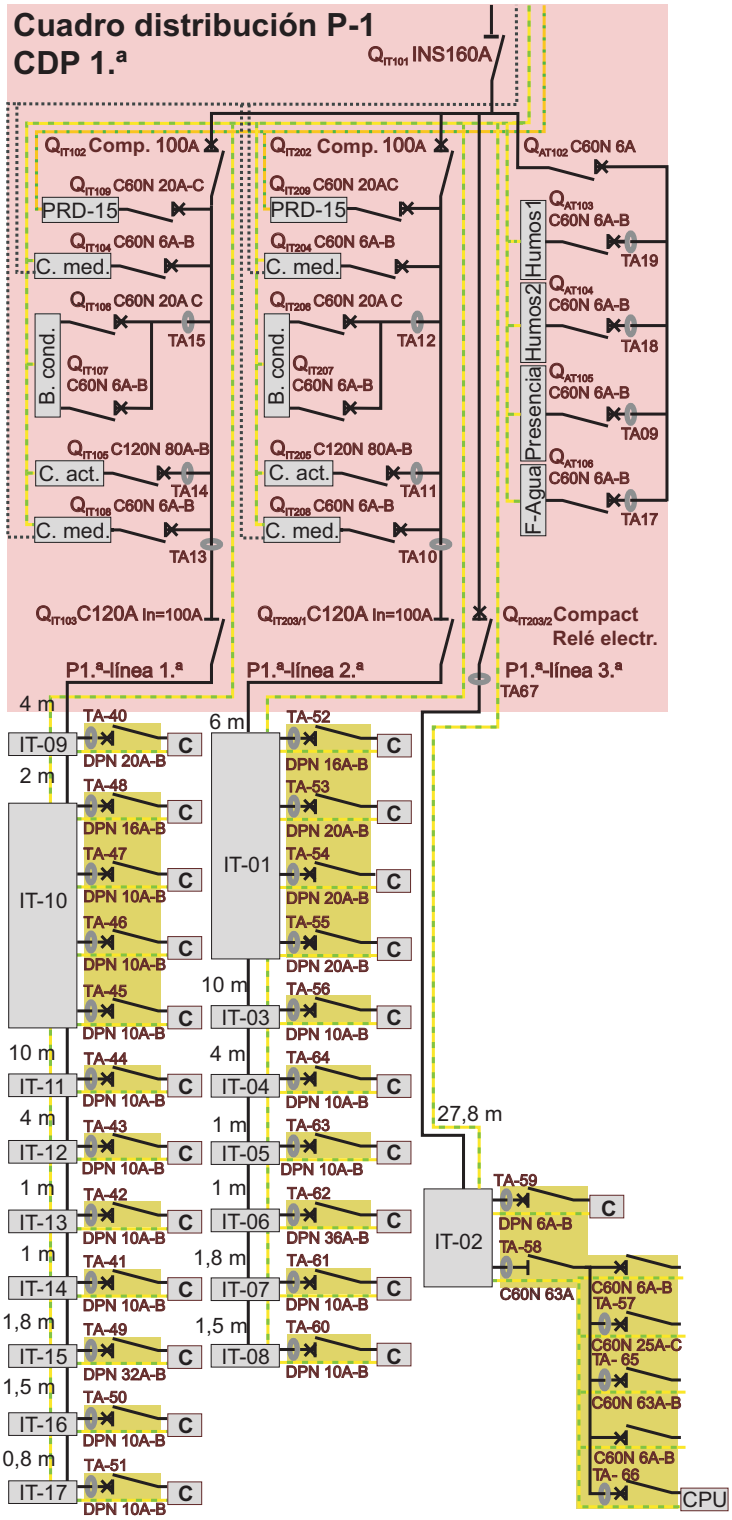


Fig. L6.4-482: *distribución de las líneas de la 1.ª planta correspondientes al ejemplo.*

En segundo lugar y en función de las características de las cargas (monofásicas) debemos distribuir el neutro, por tanto estamos en una red con una sola puesta a tierra y el neutro distribuido.

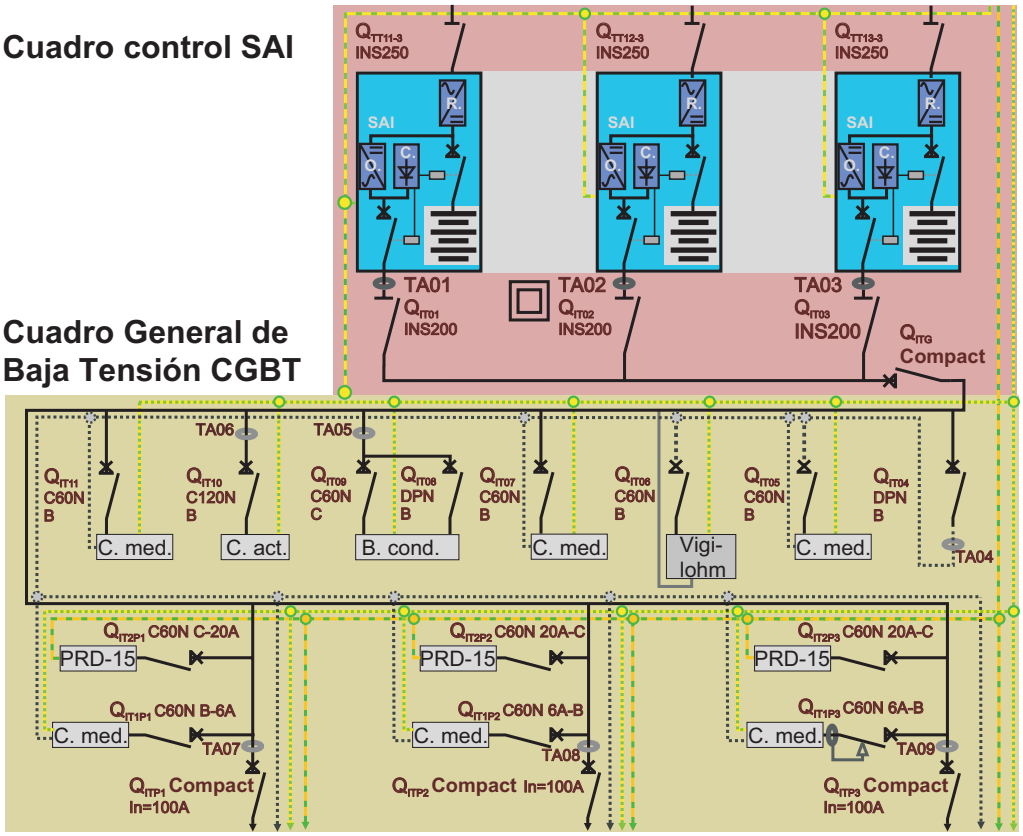


Fig. L6.4-483: *cuadro de distribución líneas del régimen IT correspondientes al ejemplo.*

Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos, de una red de régimen IT, con el neutro distribuido y todas la masas unidas a una sola red equipotencial con una sola puesta a tierra

Estas condiciones, puesta a tierra de todas las masa de forma colectiva, nos sitúa al esquema IT como un esquema TN, por tanto deberemos cumplir la condición de que:

$$I_a \leq \frac{U_0}{2 \cdot Z'_s}$$

Donde:

U_0: es la tensión nominal entre fase y neutro, valor eficaz en corriente alterna.

Z'_s: es la impedancia del bucle de defecto, constituido por el conductor neutro y el conductor de protección del circuito.

I_a: es la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección (interruptor automático) en el tiempo (t) prescrito en la Tabla G3-019, página G/74 del 2.º Volumen.

Tiempos máximos de duración de la tensión de contacto				
Tensiones	Tiempo de corte (en s)			
	Situaciones del cuerpo humano			
	BB1 U_L = 50 V		BB2 U_L = 25 V	
	Neutro distribuido			
	Sí	No	Sí	No
230/400 V	0,8	0,4	0,5	0,2
400/690 V	0,4	0,2	0,2	0,06
580/1.000 V	0,2	0,1		

Tabla L6.4-484: *tiempos máximos de contacto en función de la tensión de red y de la distribución del neutro.*

Los valores de la tabla son algo superiores a los equivalentes del ábaco, Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, puesto que juegan con que:

- ***En el momento de un cortocircuito la tensión de la red baja un 50%.***
- ***Las personas que actúan con estas instalaciones tienen una resistencia propia y normalmente existe una resistencia de contacto a la masa y una resistencia individual de puesta a tierra.***

En realidad, estos valores considerados están avalados estadísticamente antes de que la IEC realizara los estudios correspondientes al Informe Técnico IEC 479-1: 1994 y UNE lo elevara a la norma UNE 20572/1 de 1992, de la cual se ha obtenido la tabla de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen.

En realidad se ha visto que la intensidad de fuga es tan débil que no afecta al cuerpo humano y está limitada por la impedancia de la red con respecto a tierra.

Las protecciones al segundo defecto deben evitar que la corriente de cortocircuito perjudique la red, pero en este instante la intensidad de fuga disminuye porque la tensión de la red en un cortocircuito diminuye a causa de su impedancia interna.

Realizaremos la comprobación de las protecciones por el método convencional, descrito en el capítulo G, apartado “Segundo defecto en esquema IT”, subapartados “Método de determinación de la protección” y “Método convencional”, páginas G/152 y G/153 del 2.º Volumen.

La longitud máxima de un circuito que no se puede sobrepasar, aguas abajo del elemento protector, en función de sus características es:

En un circuito trifásico con neutro distribuido: $L_{máx.} \leq \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{2 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$.

$L_{máx.}$: La longitud máxima en metros del circuito a proteger.

U_0: La tensión simple.

ρ: La resistividad a la temperatura de funcionamiento. La IEC considera para estos casos:

- Cobre = $22{,}5 \cdot 10^{-3}\ \Omega \cdot mm^2/m$.
- Aluminio = $36 \cdot 10^{-3}\ \Omega \cdot mm^2/m$.

I_a: Corriente en (A) de funcionamiento de relé de tiempo corto (Im) o del relé de desconexión instantánea del interruptor automático de protección.

S_1: Sección del conductor neutro.

m: Relación entre la sección de la fase y la del conductor de protección.

Factores de corrección para las tablas de las longitudes de red a proteger en un régimen IT					
Circuito	Conductor $m = \frac{S_f}{S_{PE}}$ o $\frac{S_f}{S_{PEN}}$				
		m = 1	m = 2	m = 3	m = 4
3 fases	Cobre	0,86	0,57	0,43	0,34
	Aluminio	0,54	0,36	0,27	0,21
3 fases + N o PE + N	Cobre	0,50	0,33	0,25	0,20
	Aluminio	0,31	0,21	0,16	0,12

Tabla L6.4-485: *valores del factor de corrección m.*

Estudio de la protección del tramo de circuito que queda controlado por los interruptores automáticos Q_{IT01}, Q_{IT02} y Q_{IT03}. Del origen (SAI) hasta el punto G o H o I (la salida del CGBT)

Longitudes y secciones del tramo

■ Tramo desde los SAI hasta al punto F.
Longitud 12 m.
Conductor de fase 70 mm^2.
Conductor neutro 50 mm^2.
Conductor de protección PE 35 mm^2.
■ Tramo desde el punto F hasta el punto G o H o I.
□ Embarrado.
Longitud 1 m.
Sección conductor de fase 75 mm^2.
Sección conductor neutro 75 mm^2.
Sección conductor de protección PE 33 mm^2.
□ Conexiones.
Longitud 1 m.
Sección conductor de fase 35 mm^2.
Sección conductor neutro 35 mm^2.
Sección conductor de protección PE 25 mm^2.
Podemos considerar que la sección del tramo hasta el punto F es la preponderante y que los otros dos tramos no afectan:
Sección de la fase: S_f = 70 mm^2.
Sección del neutro: S_1 = 50 mm^2.
Sección del conductor de protección S_{PE} = 35 mm^2.

Relación entre la sección de la fase y la del conductor de protección

$$m = \frac{S_f}{S_{PE}} = \frac{70\ mm^2}{35\ mm^2} = 2.$$

Factor de corrección correspondiente a (m) para un conductor de cobre: 0,33.

Aparamenta de protección

En la página L/1124 hemos definido que los tres interruptores, Q_{ITP09}, Q_{ITP10} y Q_{ITP11}, son del tipo Compact con relé electrónico de 400 A regulado para una intensidad de referencia de I_r = 400 A · 0,5 · 0,90 = 180 A.
La regulación del relé magnético Im dispone de escalones de 2....10 I_r, o sea I_m se puede regular entre 2 · I_r A = 360 A y 10 · I_r = 1.800 A.
La previsión de la situación de un cuerpo humano en la zona es de seca o sea BB1 U_c = 50 V y a esta situación para una tensión de red de 230/400 V es de 0,8 s según la IEC, Tabla L6.4-485.
Observamos en el ábaco del relé electrónico que para garantizar el funcionamiento del relé en un tiempo menor de 0,8 s debemos garantizar I_m = 5 · I_r = 5 · 180 = 900 A. Este valor de 900 A corresponde al valor de I_a.

Longitud máxima protegida
La longitud máxima que podría proteger este interruptor automático sería:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_1}{2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_a} = \frac{0{,}8 \cdot 230\ V \cdot 50\ mm^2}{2 \cdot 0{,}0225\ \Omega \cdot mm^2/m \cdot (1+0{,}33) \cdot 900\ A} = \frac{9.200}{56{,}50} = 170\ m.$$

La longitud del tramo es de 13 m, por tanto puede ser útil.

Potencia de cortocircuito del tramo
¿Pero los SAI del proyecto pueden suministrar los 900 A que se necesitan para provocar la desconexión del Interruptor automático? Ver apartado "Corrientes de cortocircuito en la red de régimen IT", página L/1276 de este Volumen.

Consideración
Esta situación la podremos resolver utilizando interruptores automáticos con protección diferencial DDR y un circuito de tierra propio, pero primero debemos conocer hasta qué punto del circuito necesitamos esta solución.

Estudio de la protección del tramo de circuito que queda controlado por los interruptores automáticos Q_{ITP1}, Q_{ITP2} y Q_{ITP3}. De los puntos G o H o I (las salidas de los CDP 1.ª, CDP 2.ª y CDP 3.ª) hasta la entrada a los bornes de los interruptores automáticos de protección de las líneas de distribución de las plantas puntos J, K y L de la 1.ª planta, M, N y O de la 2.ª planta y P, Q y R de la 3.ª planta.

Longitudes y secciones del tramo correspondiente al interruptor Q_{ITP1}
■ Tramo desde el punto G hasta el punto G'.
Longitud 1,8 m.
Conductor de fase 25 mm².
Conductor neutro 25 mm².
Conductor de protección PE 16 mm².
■ Tramo desde el punto G' hasta al punto J o K o L.
Longitud 1 m.
Conductor de fase 25 mm².
Conductor neutro 25 mm².
Conductor de protección PE 16 mm².

Longitudes y secciones del tramo correspondiente al interruptor Q_{ITP2}
■ Tramo desde el punto H hasta al punto H':
□ Conexiones.
Longitud 1 m.
Conductor de fase 25 mm².
Conductor neutro 25 mm².
Conductor de protección PE 16 mm².
□ Canalización prefabricada.
Longitud 7 m.
Conductor de fase 30 mm².
Conductor neutro 30 mm².
Conductor de protección PE 30 mm².

Longitudes y secciones del tramo correspondiente al interruptor Q_{ITP3}
■ Tramo desde el punto I hasta al punto I':
□ Conexiones.
Longitud 1 m.
Conductor de fase 25 mm².

Conductor neutro 25 mm^2.
Conductor de protección PE 16 mm^2.
□ Canalización prefabricada.
Longitud 12,5 m.
Conductor de fase 30 mm^2.
Conductor neutro 30 mm^2.
Conductor de protección PE 30 mm^2.

Relación entre la sección de la fase y la del conductor de protección
Correspondiente al interruptor Q_{ITP1}:

$$m = \frac{S_f}{S_{PE}} = \frac{25\ mm^2}{16\ mm^2} = 1{,}5.$$

Factor de corrección correspondiente a (m) para un conductor de cobre: 0,33.
Correspondiente a los interruptores Q_{ITP2}, Q_{ITP3}:

$$m = \frac{S_f}{S_{PE}} = \frac{30\ mm^2}{30\ mm^2} = 1.$$

Factor de corrección correspondiente a (m) para un conductor de cobre: 0,5.

Aparamenta de protección
En la página L/1120 hemos definido que los tres interruptores Q_{ITP1}, Q_{ITP2} y Q_{ITP3} son del tipo Compact con relé electrónico de 400 A regulado:
Tiempo largo: $I_0 = 0{,}5\ In = 0{,}5 \cdot 400\ A = 200\ A$; $I_r = 0{,}8\ I_0 = 0{,}8 \cdot 200\ A = 160\ A$.
Tiempo corto: la regulación del relé magnético Im dispone de escalones de 2…10 I_n, o sea Im se puede regular entre $2 \cdot 160\ A = 320\ A$ y $10 \cdot I_n = 1.600\ A$.
Para ser selectivo con los interruptores aguas abajo regulamos $I_m = 6\ I_r = 6 \cdot 160\ A = 960\ A$.
La previsión de la situación de un cuerpo humano en la zona es de seca, o sea BB1 $U_c = 50$ V, y a esta situación para una tensión de red de 230/400 V es de 0,8 s según la IEC, Tabla L6.4-484, página L/1349.
Observamos en el ábaco del relé electrónico que para garantizar el funcionamiento del relé en un tiempo menor de 0,8 s debemos garantizar $I_m > 5 \cdot I_r = 5 \cdot 160 = 800\ A$. Si lo regulamos a 960 A, este valor corresponde al valor de I_a.

Longitud máxima protegida
La longitud máxima que podría proteger el interruptor automático Q_{ITP1}, sería:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_1}{2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_a} = \frac{0{,}8 \cdot 230\ V \cdot 30\ mm^2}{2 \cdot 0{,}0225\ \Omega \cdot mm^2/m \cdot (1+0{,}33) \cdot 960\ A} = \frac{5.520}{105{,}39} = 96\,m.$$

La longitud del tramo es de 8 m, por tanto puede ser útil.
La longitud máxima que podría proteger el interruptor automático Q_{ITP2}, o Q_{ITP3}, sería:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_1}{2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_a} = \frac{0{,}8 \cdot 230\ V \cdot 30\ mm^2}{2 \cdot 0{,}0225\ \Omega \cdot mm^2/m \cdot (1+0{,}5) \cdot 960\ A} = \frac{5.520}{118{,}8} = 85\,m.$$

La longitud del tramo es de 13,5 m, por tanto puede ser útil.

Potencia de cortocircuito del tramo
Pero los SAI del proyecto no pueden suministrar siempre los 960 A que se necesitan para provocar la desconexión del interruptor automático. Ver apartado “Corrientes de cortocircuito en la red de régimen IT”, página L/1276.

Consideración
Esta situación la podremos resolver utilizando interruptores automáticos con protección diferencial DDR y un circuito de tierra propio, pero primero debemos conocer hasta qué punto del circuito necesitamos esta solución.

Estudio de la protección del tramo de circuito que queda controlado por el interruptor automático Q_{IT102}. Del punto J al punto S, correspondiente a la línea de distribución 1.ª de la 1.ª planta

Longitudes y secciones del tramo correspondiente al interruptor Q_{IT102}

■ Tramo desde el punto J hasta el punto S.
Longitud 26,1 m + conexiones = 27 m.
Sección conductor de fase 35 mm^2.
Sección conductor neutro 25 mm^2.
Sección conductor de protección PE 16 mm^2.

Relación entre la sección de la fase y la del conductor de protección

Correspondiente al interruptor Q_{IT102}:

$$m = \frac{S_f}{S_{PE}} = \frac{35\ mm^2}{16\ mm^2} = 2{,}18.$$

Factor de corrección correspondiente a (m) para un conductor de cobre: 0,3.

Aparamenta de protección

En la página L/1069 hemos definido que el interruptor Q_{IT102} es del tipo Compact con relé electrónico de 100 A regulado:
Tiempo largo: $I_0 = I_n = I_r = 100$ A.
Tiempo corto: la regulación del relé magnético Im dispone de escalones de 2…10 I_n, o sea Im se puede regular entre 2 · 100 A = 200 A y 10 · I_n = 2.000 A. Para ser selectivo con los interruptores aguas abajo regulamos $I_m = 6\ I_r = 6 \cdot 100$ A = 600 A.
La previsión de la situación de un cuerpo humano en la zona es de seca, o sea BB1 U_c = 50 V, y a esta situación para una tensión de red de 230/400 V es de 0,8 s según la IEC, Tabla L6.4-485, página L/1350.
Observamos en el ábaco de desconexión del interruptor automático Compact que para garantizar el funcionamiento del relé en un tiempo menor de 0,8 s debemos garantizar 6 · I_n = 6 · 100 = 600 A. Este valor de 600 A corresponde al valor de I_a.

Longitud máxima protegida

La longitud máxima que podría proteger el interruptor automático Q_{IT102}, sería:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_1}{2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_a} = \frac{0{,}8 \cdot 230\ V \cdot 35\ mm^2}{2 \cdot 0{,}0225\ \Omega \cdot mm^2/m \cdot (1+0{,}3) \cdot 600\ A} = \frac{6.440}{35{,}1} = 183\ m.$$

La longitud del tramo es de 27 m, por tanto puede ser útil.

Potencia de cortocircuito del tramo

Pero los SAI del proyecto no pueden suministrar siempre los 600 A que se necesitan para provocar la desconexión del interruptor automático. Ver apartado “Corrientes de cortocircuito en la red de régimen IT”, página L/1276.

Consideración

Esta situación la podremos resolver utilizando interruptores automáticos con protección diferencial DDR y un circuito de tierra propio, pero primero debemos conocer hasta qué punto del circuito necesitamos esta solución.

Estudio de la protección del tramo de circuito que queda controlado por el interruptor automático $Q_{203\text{-}17}$, correspondiente al cuadro secundario C-IT-17

Longitudes y secciones del tramo correspondiente al interruptor $Q_{203\text{-}17}$

■ Tramo desde el interruptor del cuadro C-IT-17, $Q_{203\text{-}17}$, hasta las cargas.

Longitud del orden de los 6 m.
Sección conductor de fase 1,5 mm^2.
Sección conductor neutro 1,5 mm^2.
Sección conductor de protección PE 2,5 mm^2.

Relación entre la sección de la fase y la del conductor de protección
Correspondiente al interruptor $Q_{203\text{-}17}$:

$$m = \frac{S_f}{S_{PE}} = \frac{1{,}5\ mm^2}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}6.$$

Factor de corrección correspondiente a (m) para un conductor de cobre: 0,5.

Aparamenta de protección
En la página L/1040 hemos definido que el interruptor $Q_{102\text{-}17}$ es del tipo DPN de característica C de 10 A.
La previsión de la situación de un cuerpo humano en la zona es de seca, o sea BB1 U_c = 50 V, y a esta situación para una tensión de red de 230/400 V el tiempo máximo de desconexión es de 0,8 s según la IEC, Tabla L6.4-485, página L/1350.
Observamos en el ábaco de desconexión del interruptor automático DNP que para garantizar el funcionamiento del relé en un tiempo menor de 0,8 s debemos garantizar 10 · In = 10 · 10 = 100 A. Este valor de 100 A corresponde al valor de I_a.

Longitud máxima protegida
La longitud máxima que podría proteger el interruptor automático $Q_{102\text{-}17}$, sería:

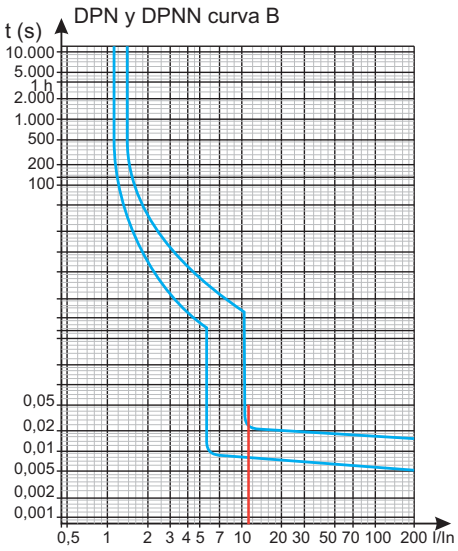
$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_1}{2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_a} = \frac{0{,}8 \cdot 230\ V \cdot 1{,}5\ mm^2}{2 \cdot 0{,}0225\ \Omega \cdot mm^2/m \cdot (1+0{,}5) \cdot 100\ A} = \frac{276}{6{,}75} = 40{,}88\ m.$$

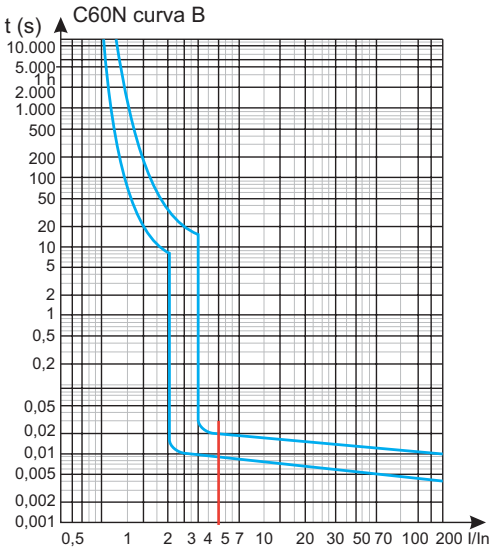
La longitud del tramo es de unos 8 m, por tanto puede ser útil.

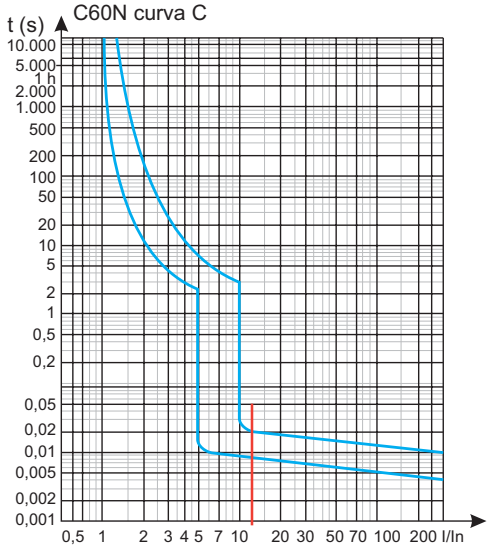
Potencia de cortocircuito del tramo
Ver apartado “Corrientes de cortocircuito en la red de régimen IT”, página L/1276.
En el punto S, en el caso más desfavorable, disponemos de una corriente de cortocircuito de 535 A, por tanto el interruptor automático protege, por corte de la alimentación, de las corrientes de choque aguas abajo.
Debemos comprobar si todos los interruptores de los cuadros secundarios de la red son capaces de proteger de las corrientes de choque aguas abajo.

Comprobación de la capacidad de protección de las corrientes de choque, aguas abajo de los cuadros secundarios, por los interruptores automáticos de protección de las cargas

Efectuamos el cálculo de todos los puntos de la red a través de la tabla que desarrollamos a continuación, indicando en cada columna:
- N.º : número de orden del cuadro.
- Línea de distribución referenciada.
- Caja de conexiones de la que deriva el cuadro secundario de la dependencia.
- Referencia del interruptor automático del cuadro de protección de las cargas correspondientes.
- Tipo de interruptor automático.
- Característica de desconexión.
- Intensidad nominal.
- Intensidad de desconexión instantánea (I_a).
- Tiempo de desconexión a I_a en (s).
- Intensidad de cortocircuito del interruptor automático referenciado
- Sección de las fases mm^2.
- Sección del neutro mm^2.
- Sección del conductor PE mm^2.
- Relación entre la sección del conductor de fase y el de protección (factor m).







■ Valor numérico del factor m, según Tabla L6.4-485, página L/1350: valores del factor de correción (m).
■ Longitud máxima que puede proteger el interruptor automático de referencia.
■ Punto correspondiente al final de la línea de distribución.
■ Intensidad de cortocircuito mínima al final de la línea de distribución.
■ Diferencia entre la I_a necesaria para que el interruptor automático desconecte en 20 ms y la intensidad de cortocircuito del punto.

Encontramos seis puntos en los que el valor es negativo e inferior a 30 A:
Línea 2.ª de la 2.ª planta (n.º de orden 47 y 50).
Línea 1.ª de la 3.ª planta (n.º de orden 61).
Línea 2.ª de la 3.ª planta (n.º de orden 70 y 73).
1.º: En todos ellos los armónicos propios de la línea, y que en caso de cortocircuito tienden a circular por el arco, son superiores a los 29 A que hacen falta.
2.º: Los valores de la corriente de cortocircuito son considerados al final de línea y no todos los interruptores automáticos están en este punto, sino en puntos anteriores y con menos impedancia y más intensidad de cortocircuito.

Cálculo de la capacidad de protección de cada interruptor automático de los cuadros secundarios de

Línea			Interruptor automático						
N.º		Cuadro	Ref.	Tipo	Caracte-rística	I_n (A)	I_a (A)	t a I_a (s)	I_{cc} (A)
1	1.ª-1.ª P	IT-17	Q203-17	DPN	B	10	60	0,02	4.500
2		IT-16	Q203-16	DPN	B	10	60	0,02	4.500
3		IT-15	Q203-15	DPN	B	32	192	0,02	4.500
4		IT-14	Q203-14	DPN	B	10	60	0,02	4.500
5		IT-13	Q203-13	DPN	B	10	60	0,02	4.500
6		IT-12	Q203-12	DPN	B	32	192	0,02	4.500
7		IT-11	Q203-11	DPN	B	10	60	0,02	4.500
8		IT-10	Q203-10/1	DPN	B	16	96	0,02	4.500
9			Q203-10/2	DPN	B	10	60	0,02	4.500
10			Q203-10/3	DPN	B	10	60	0,02	4.500
11			Q203-10/4	DPN	B	10	60	0,02	4.500
12		IT-09	Q203-09	DPN	B	20	120	0,02	4.500
13	2.ª-1.ª P	IT-01	Q103-01/1	DPN	B	16	96	0,02	4.500
14			Q103-01/2	DPN	B	20	120	0,02	4.500
15			Q103-01/3	DPN	B	20	120	0,02	4.500
16			Q103-01/4	DPN	B	16	96	0,02	4.500
17		IT-03	Q103-03	DPN	B	10	60	0,02	4.500
18		IT-04	Q103-04	DPN	B	10	60	0,02	4.500
19		IT-05	Q103-05	DPN	B	10	60	0,02	4.500
20		IT-06	Q103-06	DPN	B	32	192	0,02	4.500
21		IT-07	Q103-07	DPN	B	10	60	0,02	4.500
22		IT-08	Q103-08	DPN	B	10	60	0,02	4.500
23	3.ª-1.ª P	IT-02	Q103-02-1/1	C60N	B	40	240	0,02	6.000
24			Q103-02-1/2	C60N	C	20	220	0,02	6.000
25			Q103-02-1/3	C60N	B	50	300	0,02	6.000
26			Q103-02-1/4	C60N	B	3	18	0,02	6.000
27			Q103-02-1/5	C60N	B	3	18	0,02	6.000
28			Q103-02-2	DPN	B	6	36	0,02	4.500
29	1.ª - 2.ª P	IT-2-05	QIT2-05	DPN	B	6	36	0,02	4.500
30		IT-2-04	QIT2-04/1	C60N	B	40	240	0,02	6.000
31			QIT2-04/2	DPN	B	6	36	0,02	4.500
32		IT-2-03	QIT2-03/1	DPN	B	20	120	0,02	4.500
33			QIT2-03/2	DPN	B	6	36	0,02	4.500
34		IT-2-02	QIT2-02/1	DPN	B	20	120	0,02	4.500
35			QIT2-02/2	DPN	B	6	36	0,02	4.500
36		IT-2-01	QIT2-01/1	DPN	B	6	36	0,02	4.500
37			QIT2-01/2	C60N	B	32	192	0,02	6.000
38		IT-2-06	QIT2-06/1	C60N	B	50	300	0,02	6.000
39			QIT2-06/2	DPN	B	6	36	0,02	4.500

las plantas

	Red S_f mm²	S_1	S_{PE}	S_f/S_{PE}	Fac. m	$L_{máx.}$ (m)	Punto	$I_{cc\text{-}mín.}$ (A)	$I_{cc\text{-}mín.} - I_a$ (A)
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	S	535	475
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	S	535	475
	4	4	2,5	1,6	0,33	64,05	S	535	343
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	S	535	475
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	S	535	475
	4	4	2,5	1,6	0,33	64,05	S	535	343
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	S	535	475
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	42,59	S	535	439
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	S	535	475
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	S	535	475
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	S	535	475
	2,5	2,5	2,5	1	0,50	56,79	S	535	415
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	42,59	T	522	426
	2,5	2,5	2,5	1	0,50	56,79	T	522	402
	2,5	2,5	2,5	1	0,50	56,79	T	522	402
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	42,59	T	522	426
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	T	522	462
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	T	522	462
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	T	522	462
	6	6	4	1,5	0,33	96,07	T	522	330
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	T	522	462
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	68,15	T	522	462
	2,5	2,5	2,5	1	0,50	28,40			
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	18,59			
	2,5	2,5	2,5	1	0,50	22,72			
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16			
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16			
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58			
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	U	523	487
	6	6	4	1,5	0,33	76,86	U	523	283
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	U	523	487
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	56,79	U	523	403
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	U	523	487
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	56,79	U	523	403
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	U	523	487
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	U	523	487
	4	4	2,5	1,6	0,33	64,05	U	523	331
	10	10	6	1,7	0,33	102,48	U	523	223
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	U	523	487

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Cálculo de la capacidad de protección de cada interruptor automático de los cuadros secundarios de

Línea			Interruptor automático						
N.º		Cuadro	Ref.	Tipo	Caracte-rística	I_n (A)	I_a (A)	t a I_a (s)	I_{cc} (A)
40	2.ª-2.ª P	IT-2-12	QIT2-12	DPN	B	6	66	0,02	4.500
41		IT-2-11	QIT2-11/1	C60N	B	40	440	0,02	6.000
42			QIT2-11/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
43		IT-2-10	QIT2-10/1	DPN	B	20	220	0,02	4.500
44			QIT2-10/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
45		IT-2-09	QIT2-09/1	DPN	B	20	220	0,02	4.500
46			QIT2-09/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
47		IT-2-08	QIT2-08/1	C60N	B	50	550	0,02	6.000
48			QIT2-08/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
49		IT-2-07	QIT2-07	DPN	B	6	66	0,02	4.500
50		IT-2-13	QIT2-13/1	C60N	B	50	550	0,02	6.000
51			QIT2-13/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
52	1.ª-3.ª P	IT-3-05	QIT3-05	DPN	B	6	66	0,02	4.500
53		IT-3-04	QIT3-04/1	C60N	B	40	440	0,02	6.000
54			QIT3-04/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
55		IT-3-03	QIT3-03/1	DPN	B	20	220	0,02	4.500
56			QIT3-03/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
57		IT-3-02	QIT2-02/1	DPN	B	20	220	0,02	4.500
58			QIT2-02/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
59		IT-3-01	QIT3-01/1	DPN	B	6	66	0,02	4.500
60			QIT3-01/2	C60N	B	32	192	0,02	6.000
61		IT-3-06	QIT3-06/1	C60N	B	50	550	0,02	6.000
62			QIT3-06/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
63	2.ª-3.ª P	IT-3-12	QIT3-12	DPN	B	6	66	0,02	4.500
64		IT-3-11	QIT3-11/1	C60N	B	40	440	0,02	6.000
65			QIT3-11/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
66		IT-3-10	QIT3-10/1	DPN	B	20	220	0,02	4.500
67			QIT3-10/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
68		IT-3-09	QIT3-09/1	DPN	B	20	220	0,02	4.500
69			QIT3-09/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
70		IT-3-08	QIT3-08/1	C60N	B	50	550	0,02	6.000
71			QIT3-08/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500
72		IT-3-07	QIT3-07	DPN	B	6	66	0,02	4.500
73		IT-3-13	QIT3-13/1	C60N	B	50	550	0,02	6.000
74			QIT3-13/2	DPN	B	6	66	0,02	4.500

Tabla L6.4-486: *tabulado de los valores de las longitudes protegidas por los interruptores automáticos de los cuadros secundarios.*

las plantas

	Red								
	S_f mm²	S_1	S_{PE}	S_f/S_{PE}	Fac. m	$L_{máx.}$ (m)	Punto	$I_{cc\text{-}mín.}$ (A)	$I_{cc\text{-}mín.} - I_a$ (A)
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	6	6	4	1,5	0,33	41,92	V	521	81
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	V	521	301
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	V	521	301
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	10	6	1,7	0,5	0,33	49,56	V	521	–29
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	10	10	6	1,7	0,33	55,90	V	521	–29
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	U	523	457
	6	6	4	1,5	0,33	41,92	U	523	83
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	U	523	457
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	U	523	303
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	U	523	457
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	U	523	303
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	U	523	457
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	U	523	457
	4	4	2,5	1,6	0,33	64,05	U	523	331
	10	10	6	1,7	0,33	55,90	U	523	–27
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	U	523	457
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	6	6	4	1,5	0,33	41,92	V	521	81
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	V	521	301
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	V	521	301
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	10	10	6	1,7	0,50	49,56	V	521	–29
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455
	10	10	6	1,7	0,33	55,90	V	521	–29
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	61,95	V	521	455

Cálculo de la capacidad de protección de cada interruptor automático de los cuadros de distribución

Línea			Interruptor automático						
N.º		Cuadro	Ref.	Tipo	Caracte-rística	I_n (A)	I_a (A)	t a I_a (s)	I_{cc} (A)
1	1.ª-1.ª P	CDP 1.ª	QIT104	C60N	B	6	36	0,02	6.000
2			QIT105	C120N	B	80	480	0,02	6.000
3			QIT106	C60N	C	20	220	0,02	6.000
4			QIT107	C60N	B	6	36	0,02	6.000
5			QIT108	C60N	B	6	36	0,02	6.000
6			QIT109	C60N	C	20	220	0,02	6.000
7	AT-1.ª P		QAT103	C60N	B	1	6	0,02	6.000
8			QAT104	C60N	B	1	6	0,02	6.000
9			QAT105	C60N	B	1	6	0,02	6.000
10			QAT106	C60N	B	1	6	0,02	6.000
11	2.ª-1.ª P		QIT204	C60N	B	20	120	0,02	6.000
12			QIT205	C120N	B	80	480	0,02	6.000
13			QIT206	C60N	C	20	220	0,02	6.000
14			QIT207	C60N	B	6	36	0,02	6.000
15			QIT208	C60N	B	6	36	0,02	6.000
16			QIT209	C60N	C	20	220	0,02	6.000
17	1.ª-2.ª P	CDP 2.ª	QIT304	C60N	B	3	18	0,02	6.000
18			QIT305	C120N	B	100	600	0,02	6.000
19			QIT306	C60N	C	25	275	0,02	6.000
20			QIT307	C60N	B	6	36	0,02	6.000
21			QIT308	C60N	B	3	18	0,02	6.000
22			QIT309	C60N	C	20	220	0,02	6.000
23	AT-2.ª P		QAT203	C60N	B	1	6	0,02	6.000
24			QAT204	C60N	B	1	6	0,02	6.000
25			QAT205	C60N	B	1	6	0,02	6.000
26			QAT206	C60N	B	1	6	0,02	6.000
27	2.ª-2.ª P		QIT404	C60N	B	3	33	0,02	6.000
28			QIT405	C120N	B	100	600	0,02	6.000
29			QIT406	C60N	C	25	275	0,02	6.000
30			QIT407	C60N	B	6	36	0,02	6.000
31			QIT408	C60N	B	3	18	0,02	6.000
32			QIT409	C60N	C	20	220	0,02	6.000
33	1.ª-3.ª P	CDP 3.ª	QIT504	C60N	B	3	18	0,02	6.000
34			QIT505	C120N	B	100	600	0,02	6.000
35			QIT506	C60N	C	25	275	0,02	6.000
36			QIT507	C60N	B	6	36	0,02	6.000
37			QIT508	C60N	B	3	18	0,02	6.000
38			QIT509	C60N	C	20	220	0,02	6.000
39	AT-2.ª P		QAT303	C60N	B	1	6	0,02	6.000
40			QAT304	C60N	B	1	6	0,02	6.000
41			QAT305	C60N	B	1	6	0,02	6.000
42			QAT306	C60N	B	1	6	0,02	6.000

de las plantas

	Red S_f mm²	S_1	S_{PE} m	S_f/S_{PE} (m)	Fac. (A)	$L_{máx.}$ (A)	Punto	$I_{cc\text{-}mín.}$	$I_{cc\text{-}mín.} - I_a$
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	J	551	515
	16	16	10	1,6	0,33	102,48	J	551	71
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	J	551	331
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	J	551	515
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	J	551	515
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	18,59	J	551	331
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	L	517	511
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	L	517	511
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	L	517	511
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	L	517	511
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	34,07	K	551	431
	16	16	10	1,6	0,33	102,48	K	551	71
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	K	551	331
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	K	551	515
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	K	551	515
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	18,59	K	551	331
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	M	540	522
	16	16	10	1,6	0,33	81,98	M	540	–60
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	24,78	M	540	265
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	M	540	504
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	M	540	522
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	18,59	M	540	320
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	O	508	502
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	O	508	502
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	O	508	502
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	O	508	502
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	123,91	N	540	507
	16	16	10	1,6	0,33	81,98	N	540	–60
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	24,78	M	540	265
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	N	540	504
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	N	540	522
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	18,59	N	540	320
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	P	532	514
	16	16	10	1,6	0,60	81,98	P	532	–68
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	24,78	P	532	257
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	P	532	496
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	P	532	514
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	18,59	P	532	312
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	R	509	503
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	R	509	503
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	R	509	503
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	681,48	R	509	503

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Cálculo de la capacidad de protección de cada interruptor automático de los cuadros secundarios de									
Línea			Interruptor automático						
N.º		Cuadro	Ref.	Tipo	Caracte-rística	I_n (A)	I_a (A)	t a I_a (s)	I_{cc} (A)
43	2.ª-3.ª P		QIT604	C60N	B	3	33	0,02	6.000
44			QIT605	C120N	B	100	600	0,02	6.000
45			QIT606	C60N	C	25	275	0,02	6.000
46			QIT607	C60N	B	6	36	0,02	6.000
47			QIT608	C60N	B	3	18	0,02	6.000
48			QIT609	C60N	C	20	220	0,02	6.000

Tabla L6.4-487: *tabulado de los valores de las longitudes protegidas por los interruptores automáticos de los cuadros de distribución.*

Cálculo de la capacidad de protección de cada interruptor automático de las cargas del cuadro general									
Línea			Interruptor automático						
N.º		Cuadro	Ref.	Tipo	Caracte-rística	I_n (A)	I_a (A)	t a I_a (s)	I_{cc} (A)
1	General	CGBT	QIT04	DPNN	C	10	110	0,02	6.000
2			QIT05	C60N	B	3	18	0,02	6.000
3			QIT06	C60N	B	6	36	0,02	6.000
4			QIT07	C60N	B	3	18	0,02	6.000
5			QIT08	DPNN	B	6	36	0,02	6.000
6			QIT09	C60N	C	20	220	0,02	6.000
7			QIT10	Compact	2Ir	100	200	0,02	6.000
8			QIT11	C60N	B	3	18	0,02	6.000
9	Planta 1.ª		QIT2P1	C60N	C	20	220	0,02	6.000
10			QIT1P1	C60N	B	3	18	0,02	6.000
11	Planta 2.ª		QIT2P2	C60N	C	20	220	0,02	6.000
12			QIT1P2	C60N	B	3	18	0,02	6.000
13	Planta 3.ª		QIT2P3	C60N	C	20	220	0,02	6.000
			QIT1P3	C60N	B	3	18	0,02	6.000

Tabla L6.4-488: *tabulado de los valores de las longitudes protegidas por los interruptores automáticos del cuadro general.*

las plantas

	Red S_f mm²	S_1	S_{PE}	S_f/S_{PE}	Fac. m	$L_{máx.}$ (m)	Punto	$I_{cc\text{-}mín.}$ (A)	$I_{cc\text{-}mín.} - I_a$ (A)
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	123,91	Q	532	499
	16	16	10	1,6	0,33	81,98	Q	532	–68
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	24,78	Q	532	257
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	Q	532	496
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	Q	532	514
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	18,59	Q	532	312

	Red S_f mm²	S_1	S_{PE}	S_f/S_{PE}	Fac. m	$L_{máx.}$ (m)	Punto	$I_{cc\text{-}mín.}$ (A)	$I_{cc\text{-}mín.} - I_a$ (A)
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	37,17	F	556	446
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	F	556	538
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	F	556	520
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	F	556	538
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	113,58	F	556	520
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	F	556	336
	25	16	16	1,6	0,50	218,07	F	556	356
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	F	556	538
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	G	555	335
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	G	555	537
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	H	555	335
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	H	555	537
	2,5	2,5	2,5	1,0	0,50	30,98	I	555	335
	1,5	1,5	2,5	0,6	0,50	227,16	I	555	537

3.º: La diferencia de los amperios puede representar que el interruptor automático desconecte en vez de 20 ms en 40 ms, tampoco es determinante.
No hemos calculado las corrientes de cortocircuito de la línea 3.ª de la primera planta pero su construcción es similar a la 1.ª o 2.ª de la misma planta.
La línea que alimenta las cargas de las dependencias, aguas abajo de los interruptores de protección, son cortas. Las más largas son las que alimentan las fotocopiadoras e impresoras, pero todas son inferiores a los 12 m de longitud, por tanto perfectamente protegidas.

Comprobación de la capacidad de protección de las corrientes de choque, aguas abajo de los cuadros de distribución, por los interruptores automáticos de protección de las cargas situadas en los cuadros de distribución

Las cargas de los cuadros de distribución son las baterías de compensación del factor de potencia, los compensadores activos, los detectores de la señal para el control de la calidad, las alimentaciones de las alarmas técnicas y los descargadores de sobretensiones. Todos estos elementos quedan aguas abajo de los interruptores automáticos individuales y éstos de los interruptores automáticos de cada línea.
Las masas de las cargas forman parte de la red equipotencial de las masas y las carcasas de los cuadros de la red equipotencial del régimen TT.
Encontramos cuatro puntos en los que el valor de la diferencia de la intensidad de desconexión instantánea (I_a) y la intensidad de cortocircuito (I_{cc}) del punto es negativo e inferior a 70 A:
Línea 1.ª de la 2.ª planta (n.º de orden 18).
Línea 2.ª de la 2.ª planta (n.º de orden 28).
Línea 1.ª de la 3.ª planta (n.º de orden 34).
Línea 2.ª de la 3.ª planta (n.º de orden 44).
Los cuatro puntos pertenecen a interruptores automáticos C120 N de 100 A de característica B.
La característica B desconecta el magnético de 3,5 a 5 I_n (nosotros hemos calculado por seguridad a 6 I_n). Si consideramos los 5 I_n de la norma (UNE-EN 60898) los valores máximos de desconexión instantánea serán 500 A en vez de 600 A y la intensidad de cortocircuito mínima del punto de referencia supera en todos los 500 A.
No obstante estas unidades de protección corresponden a los compensadores activos, los cuales nos permiten protegerlos con interruptores Compact regulados los magnéticos a 2 I_r, unos 200 A.

Comprobación de la capacidad de protección de las corrientes de choque, por los interruptores automáticos de protección de las cargas situadas en el cuadro general

Las cargas de los cuadros de distribución son las baterías de compensación del factor de potencia, los compensadores activos, los detectores de la señal para el control de la calidad, las alimentaciones del circuito de control de calidad y del control de aislamiento, y los descargadores de sobretensiones. Todos estos elementos quedan aguas abajo de los interruptores automáticos individuales y éstos de los interruptores automáticos de cada línea.
Las masas de las cargas forman parte de la red equipotencial de las masas y las carcasas de los cuadros de la red equipotencial del régimen TT.
Una vez comprobados los cálculos expuestos en la tabla vemos que todas las cargas cumplen las condiciones para ser protegidas con los interruptores automáticos correspondientes y forma parte de la red equipotencial de las cargas de régimen IT.
La puesta a tierra de la red equipotencial y la resistencia de la propia red se sumará a la impedancia de la red de régimen IT con respecto a tierra, para determinar la corriente de fuga.

Cálculo de la puesta a tierra de la red equipotencial de las cargas

La puesta a tierra de las masas en un régimen IT con neutro aislado, en el que la capacitancia red tierra es del orden de los 4,5 kΩ, una puesta a tierra del orden de 10 Ω (0,01 kΩ) no tiene valor comparativo.

Escojamos una solución simple (ver la Tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen), referencia 40-40/5/44 que con un terreno de resistividad 150 Ω/m tendremos:

- El coeficiente $K_r = 0{,}075$.
- La resistencia de puesta a tierra será: $R_{APE} = K_r \cdot \rho = 0{,}075 \cdot 150\ \Omega/m = 11{,}25\ \Omega$.

La red de régimen IT

La red de régimen IT la hemos repartido en dos grupos de redes equipotenciales de las masas:

- La primera red equipotencial une todas las masas de las cargas, las cuales están protegidas por interruptores automáticos de tipo carril simétrico, de características B o C, con capacidad de proteger contra las corrientes de choque y sobreintensidades a las cargas, y a los conductores conectados aguas abajo.

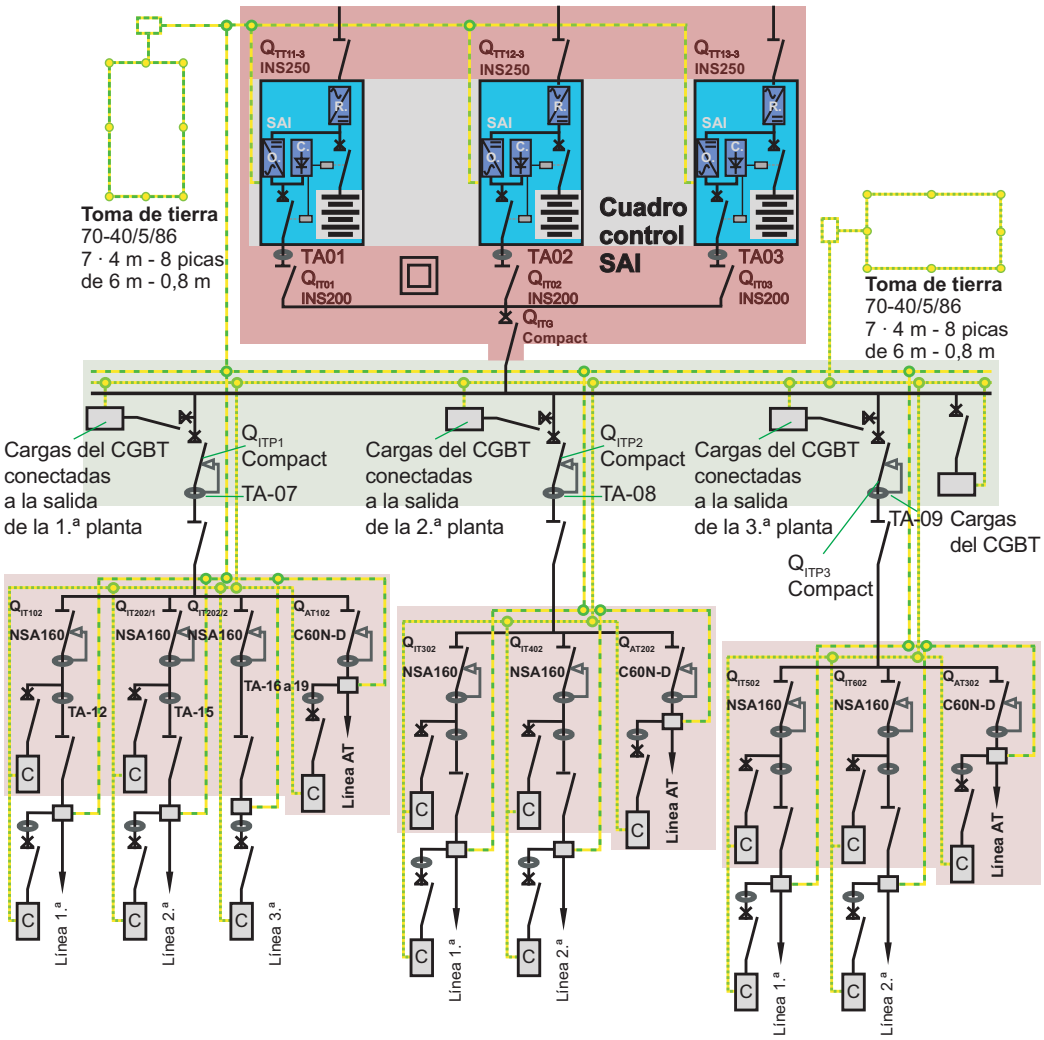


Fig. L6.4-489: *esquema de las dos redes equipotenciales, en la red de régimen IT.*

■ La segunda red corresponde a las masas de los cuadros eléctricos CGBT, CDP 1.ª, CDP 2.ª y CDP 3.ª, sólo a las carcasas de los cuadros, las cuales ya están conectadas a la toma de tierra de la red equipotencial de régimen TT. Están conectadas sólo las carcasas de los cuadros, las cargas derivadas de la red de régimen IT están conectadas a la red equipotencial de las cargas de régimen IT.

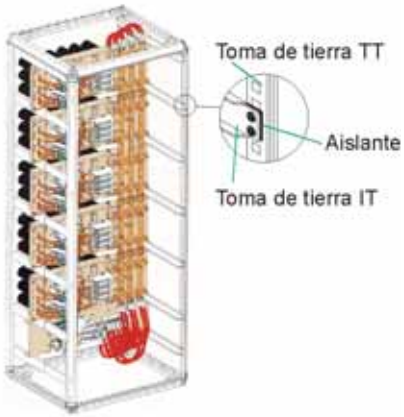


Fig. L6.4-490: *conexión equipotencial de las cargas de régimen IT y de las carcasas de los cuadros.*

Las protecciones en las dos redes

Debemos tener en consideración las intensidades de cortocircuito en los diferentes puntos de la red (ver Tabla L6.4-446, página L/1278).

Se está frente a un ejemplo muy especial pero que en función de las nuevas tecnologías se presentará muy a menudo. Se dispone de una red de régimen IT que deriva de SAI en trabajo "on-line", con muy poca intensidad de cortocircuito y con una degradación de la misma durante el tiempo de reserva. Pero las protecciones se deben dimensionar para que sean efectivas durante el tiempo que la red esté en tensión.

La alimentación de las cargas

Las cargas las hemos protegido con interruptores automáticos que al producirse la segunda fuga, en un conductor activo diferente, desconecte el circuito. En el caso más desfavorable de menor intensidad de cortocircuito desconectan en 20 ms, con interruptores DPN curva B, C60N curva B o C.

Las líneas de alimentación de las cargas

Las líneas de distribución con interruptores Compact de 100 A característica de desconexión correspondientes a relés electrónicos RST22SE, regulados a $I_r = I_0 =$ 100 A y $I_m = 5\ I_r = 500$ A; situados en los puntos de la red J, K, M, N, P y Q de los cuadros de distribución de las plantas, disponen de una I_{cc}:

■ En el punto J la intensidad de cortocircuito se sitúa de un máximo de 1.324 A a un mínimo de 551 A, o sea de 13,24 I_n a 5,51 I_n.

■ En el punto K la intensidad de cortocircuito se sitúa de un máximo de 1.324 A a un mínimo de 551 A, o sea de 13,24 I_n a 5,51 I_n.

■ En el punto M la intensidad de cortocircuito se sitúa de un máximo de 1.264 A a un mínimo de 540 A, o sea de 12,64 I_n a 5,40 I_n.

■ En el punto N la intensidad de cortocircuito se sitúa de un máximo de 1.264 A a un mínimo de 540 A, o sea de 12,64 I_n a 5,40 I_n.

■ En el punto P la intensidad de cortocircuito se sitúa de un máximo de 1.217 A a un mínimo de 532 A, o sea de 12,17 I_n a 5,32 I_n.

■ En el punto Q la intensidad de cortocircuito se sitúa de un máximo de 1.217 A a un mínimo de 532 A, o sea de 12,17 I_n a 5,32 I_n.
El interruptor automático adecuado es el Compact con relé RST22SE, que puede desconectar entre 13,24 I_r y 5,32 I_r, o sea de 0,01 s a 9,5 s, en función de la I_{cc} y de la tolerancia del relé.

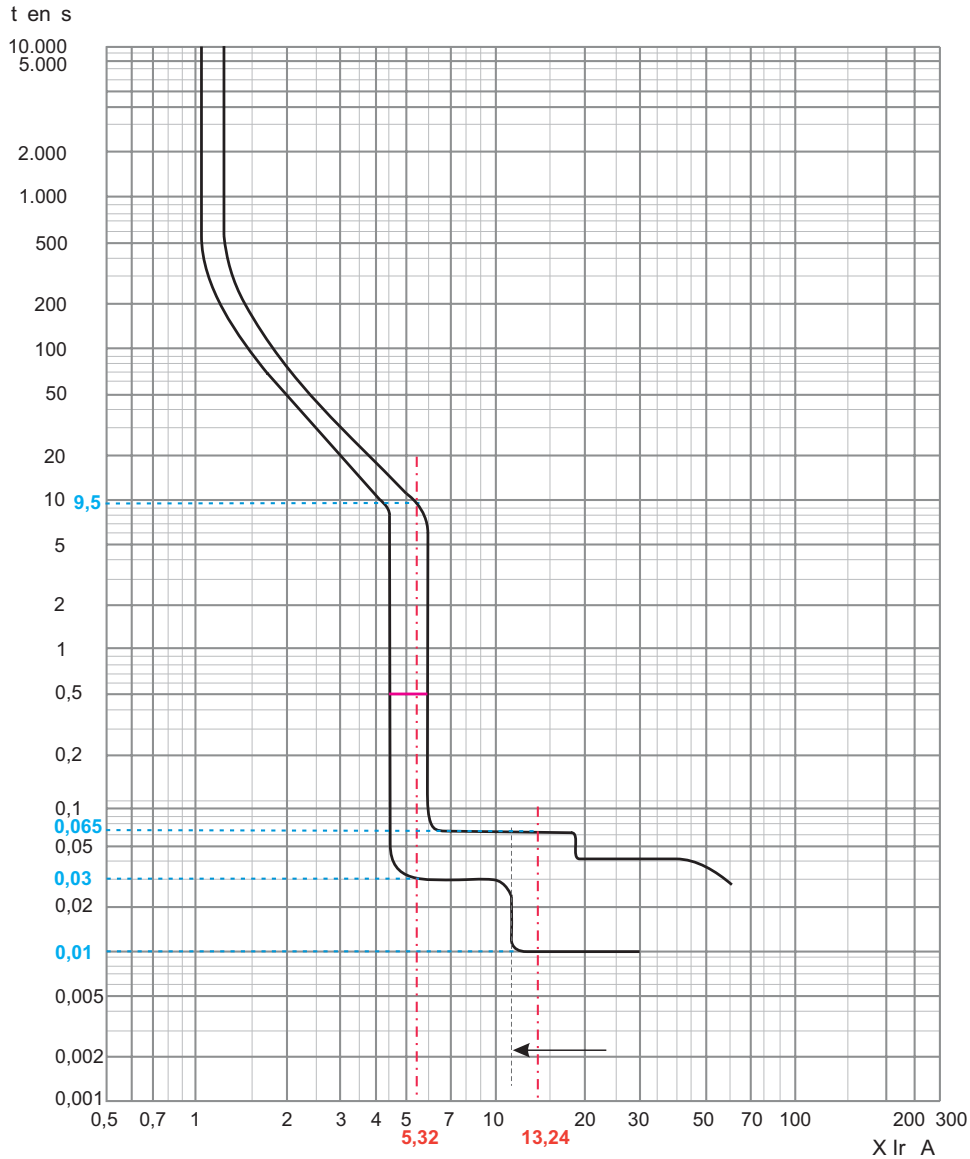


Fig. L6.4-491: *característica de desconexión de los interruptores automáticos con relés electrónicos.*

Según las indicaciones del fabricante este interruptor es totalmente selectivo con los C60N y los DPN de carril DIN que protegen las cargas.

Líneas de alimentación de las plantas

■ Las líneas de salida a las plantas con interruptores automáticos tipo Compact con relé electrónico con la característica de tiempo más corta (8...15) regulado.
■ Protección contra las sobrecargas, relé (tiempo largo).

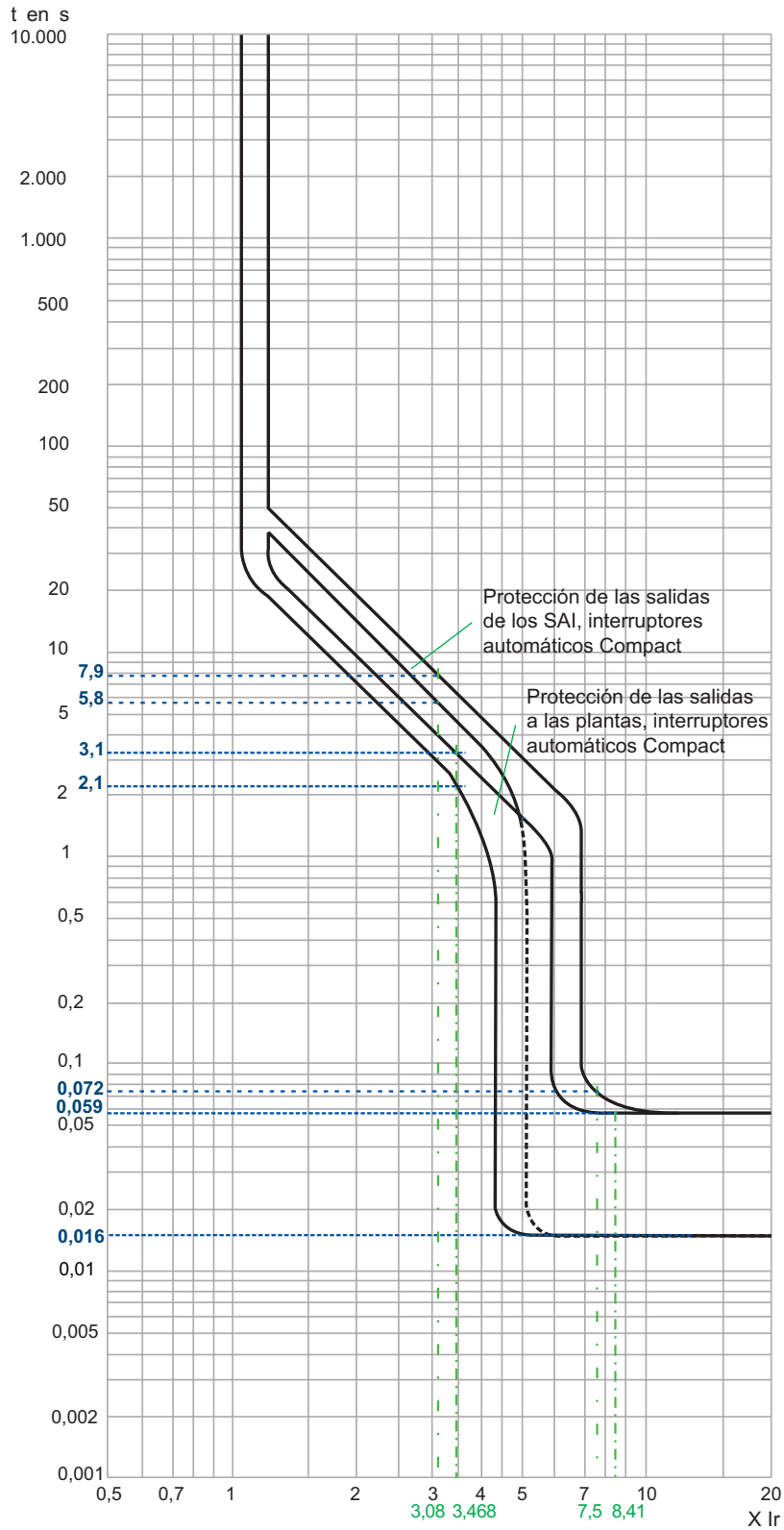


Fig. L6.4-492: *característica de desconexión de los interruptores automáticos con relés electrónicos.*

Intensidad de regulación $I_0 = 0,5\ I_n = 0,5 \cdot 400\ A = 200\ A$; $I_r = 0,8\ I_0 = 0,8 \cdot 200 = 160\ A$.
La Guía técnica de la Distribución Eléctrica en Baja Tensión recomienda la regulación entre los interruptores electrónicos de la gama Compact para obtener una buena selectividad, una relación de 1,6, por tanto un relé aguas arriba de 160 A es totalmente selectivo con un relé de 100 A; 160 A/100 A = 1,6.
■ Protección contra los cortocircuitos, relé (tiempo corto).
En el relé electrónico la I_m se puede regular y temporizar. Para poder ser selectivo con el relé aguas abajo, Compact relé electrónico regulado a $I_m = 5 \cdot I_r = 500$ A con una desviación del 10% (540 a 660 A).
La Guía técnica de la Distribución Eléctrica en Baja Tensión recomienda la regulación entre los interruptores electrónicos de la gama Compact para obtener una buena selectividad, una relación de 1,5, por tanto deberíamos regular a: $1,5 \cdot 500 = 750$ A. El aparato permite una regulación de $I_m = 5 \cdot I_r = 5 \cdot 160 = 800$ A situados en los puntos de la red G, H e I.
En el punto G, H e I la intensidad de cortocircuito se sitúa de un máximo de 1.347 A a un mínimo de 555 A, de 8,41 I_r a 3,468 I_r, o sea de 0,016 s a 3,1 s.
Debemos temporizar el tiempo corto 0,1 s.

La línea de alimentación de las tres plantas

Se trata de interruptores automáticos de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, con la característica de tiempo correspondiente al segundo escalón más corto (34...50) regulado:
■ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación $I_0 = 0,5\ I_n = 0,5 \cdot 400\ A = 200\ A$; $I_r = 0,93\ I_0 = 0,93 \cdot 200 = 80$ A.
El relé del interruptor automático aguas abajo está regulado a 160 A, la relación es de 180 A/160 A (1,125), por tanto según las instrucciones del fabricante no son selectivos. Pero los relés electrónicos permiten retardos y entre dos niveles próximos son selectivos. Si para el relé aguas abajo escogemos el nivel 1.º (8...15) y para el relé aguas arriba escogemos el nivel 2.º (34...50), los dos relés serán selectivos en la característica de tiempo largo.
■ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).
En el relé electrónico la I_m se puede regular y temporizar. Una regulación a $I_m = 6 \cdot I_r = 6 \cdot 180\ A = 1.080$ A con una desviación del 10% (972 a 1.188 A).
La Guía técnica de la Distribución Eléctrica en Baja Tensión recomienda la regulación entre los relés electrónicos de la gama Compact para obtener una buena selectividad, una relación de 1,5. Por tanto deberíamos regular a $1,5 \cdot 6 \cdot 160 = 1.440$ A. Esta intensidad no es posible en el circuito, por tanto nunca desconectaría.
Si regulamos a $I_m = 6 \cdot I_r = 6 \cdot 180\ A = 1.080$ A, no será selectivo, pero la selectividad la podemos lograr con el dispositivo de selectividad lógica ZSI.
En el punto F disponen de unas intensidades máximas en cortocircuito entre 1.351 A y 556 A, de 7,5 I_r a 3,08 I_r, o sea de 0,016 s a 7,9 s.
Debemos temporizar el tiempo corto 0,1 s.
Para mantener una buena selectividad utilizaremos la selectividad lógica entre los interruptores automáticos Compact con relés electrónicos.

Consideraciones

Observamos que perdemos selectividad entre los interruptores de líneas y los de planta cuando se llega a una situación límite, en la que se den las siguientes circunstancias:
■ Que la Cía. A no puede suministrar.
■ Que la Cía. B no pueda suministrar.
■ Que las tres fuentes adicionales SAI de redundancia 2/3 estén en un momento en que sólo estén de servicio 2 unidades.

■ Que se produzca un segundo fallo de aislamiento en la red con conductores activos diferentes.
■ Que el relé del interruptor de línea desconecte en la parte de tolerancia alta.
■ Y que todo se produzca al final de la hora de reserva.
En estas circunstancias puede que no exista selectividad entre el relé del interruptor de línea y el del interruptor de planta, por no tener suficiente potencia acumulada en las baterías.
Este problema tiene solución:
■ Si la orden de cerrar los procesos se realiza antes de 30 minutos.
■ O bien si se instala un cuarto SAI en redundancia 3/4.
Es un tema a tratar con el cliente.

La disminución de la selectividad afecta a la fiabilidad en el trabajo en función de la programación del mismo, por esto es una decisión del cliente. Lo que se debe comprobar es si la seguridad se mantiene para las personas y los materiales.

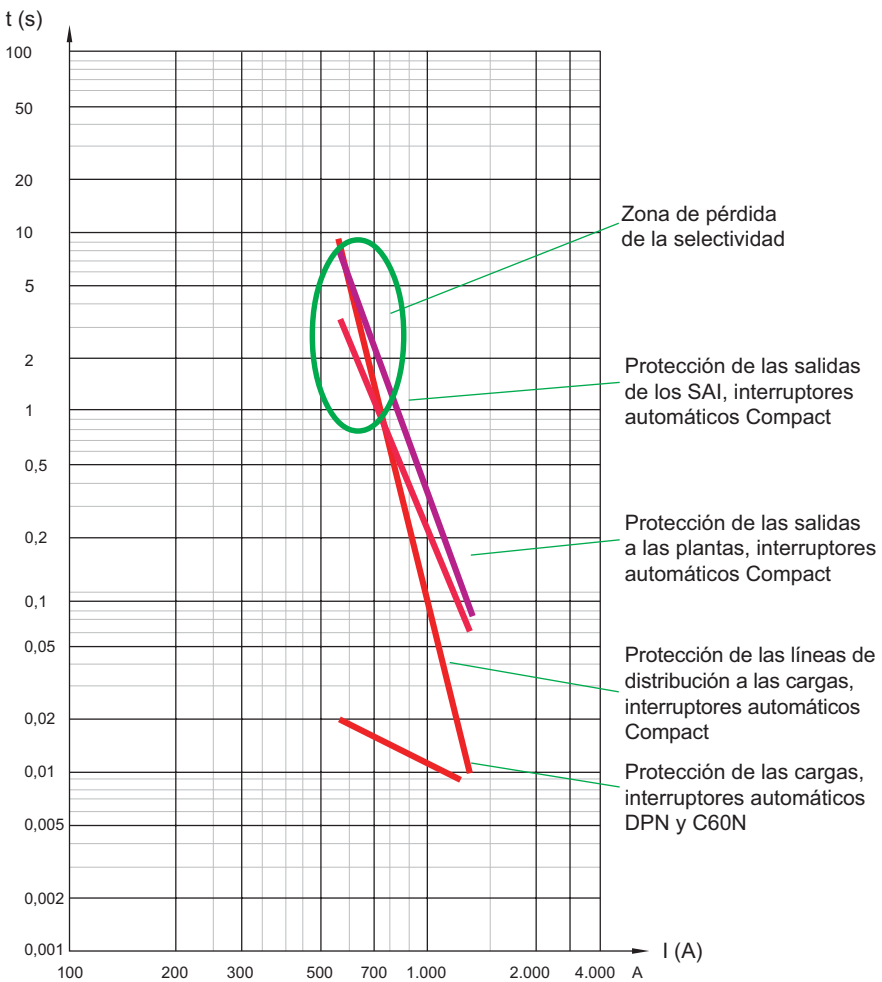


Fig. L6.4-493: *tiempos de desconexión de las protecciones en el régimen IT.*

Los tiempos de protección por desconexión de la tensión son superiores a los descritos en la Tabla G3-016, página G/73 del 2.º Volumen.

¿Son estas protecciones suficientemente seguras?

Debemos comprobar si son suficientes para proteger a las personas y animales domésticos.

En el apartado de las medidas de protección contra los efectos térmicos deberemos comprobar si son suficientemente efectivas para protejer las instalaciones aguas abajo.

Las dos redes equipotenciales del circuito de régimen IT

Hemos calculado la impedancia de la red IT que estudiamos con respecto a tierra: **"La impedancia de esta red con respecto a tierra"** es de 4.532,75 Ω.

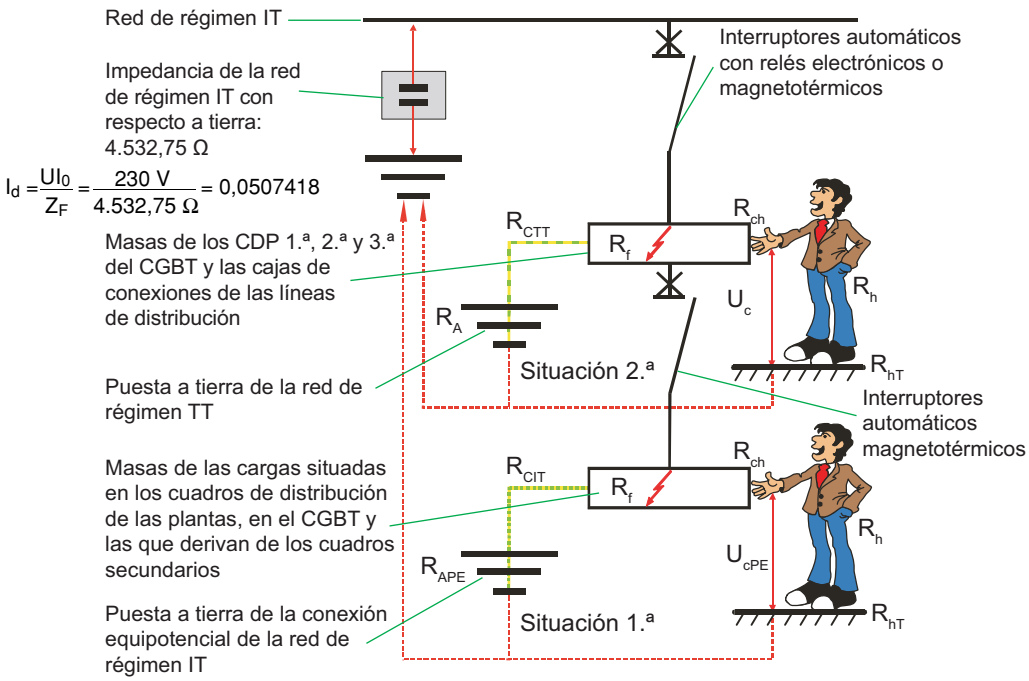


Fig. L6.4-494: *función esquemática de las dos redes equipotenciales del circuito.*

En los dos circuitos equipotenciales tenemos una misma situación, en el momento que exista una fuga a una masa. Una persona en contacto con ella percibe la tensión de contacto, muy débil e incapaz de producir una alteración fisiológica a su cuerpo.

Analicemos el circuito

■ R_f = resistencia de contacto de un conductor activo con la masa. El caso más desfavorable será aquel que el contacto sea fragante, o sea una resistencia de contacto despreciable ($R_f \Rightarrow 0$).

■ R_{CIT} = resistencia de la red equipotencial de puesta a tierra, régimen IT.

■ R_{CTT} = resistencia de la red equipotencial de puesta a tierra, régimen TT.

■ R_{APE} = resistencia de puesta a tierra de la red equipotencial R = 11,25 Ω.

■ R_A = resistencia de puesta a tierra de la red equipotencial de régimen TT, R = 6,9 Ω.

■ R_{ch} = resistencia de contacto a la masa del cuerpo humano. El caso más desfavorable será aquel que el contacto sea fragante, o sea una resistencia de contacto despreciable ($R_{ch} \Rightarrow 0$).

■ R_h = resistencia del cuerpo humano. La IEC recomienda utilizar 1.000 Ω (ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen).
■ R_{hT} = resistencia de contacto a tierra del cuerpo humano. El caso más desfavorable será aquel que el contacto sea fragante, o sea una resistencia de contacto despreciable ($R_{hT} \Rightarrow 0$).
■ Disponemos de dos situaciones:
□ Un contacto a las masas de las cargas.
□ Un contacto a las masas de los cuadros eléctricos.
Las tensiones de la red son las mismas U = 230/400 V, puesto que la fuente es común, los SAI.
Las resistencias consideradas sobre el cuerpo humano son las mismas.
Las resistencias de los dos circuitos equipotenciales (RCIT y RCTT) y las resistencias de puesta a tierra de los dos circuitos son diferentes (RAPE y RA).
Estas resistencias quedan conectadas en serie con la impedancia de la red con respecto a tierra.
Impedancia de la red de régimen IT con respecto a tierra: Z_F = 4.532,75 Ω.
Las resistencias R_{CIT}, R_{CTT}, R_{APE} y R_A son valores del orden de 10 Ω, comparados con el valor de la impedancia son despreciables y nos permiten considerar que: $Z_F + R_{CTT} + R_A \approx Z_F + R_{CIT} + R_{APE}$ y por tanto que la tensión de contacto U_c será la misma.

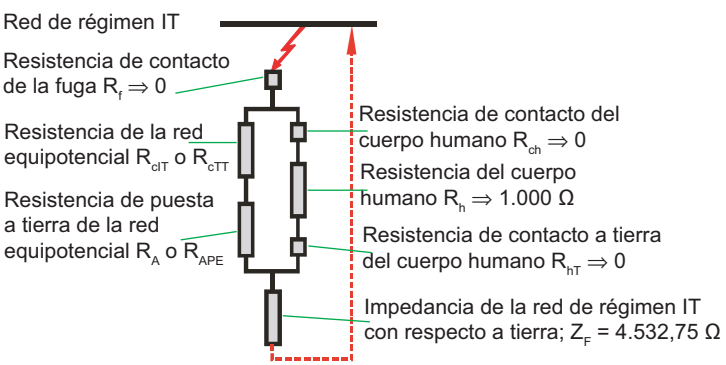


Fig. L6.4-495: *esquema de las resistencias de los dos circuitos equipotenciales.*

Intensidad de fuga: $I_d = \frac{U_0}{Z_F} = \frac{230\ V}{4.532{,}75\ \Omega} = 0{,}0507418$ A.

Debemos considerar que la impedancia de la red con respecto a tierra Z_F = 4.532,75 Ω es muy superior a los 15 Ω que puede tener el circuito de la resistencia de la red equipotencial, más la resistencia de puesta a tierra.
Sí que debemos considerar la intensidad que se derivará por el cuerpo humano estando en paralelo con la resistencia de la red equipotencial y su puesta a tierra:

$$I_{dr} = \frac{I_d}{\left(1 + \frac{R_r}{R_h}\right)} = \frac{0{,}0507418\ A}{\left(1 + \frac{15\ \Omega}{1.000\ \Omega}\right)} = \frac{0{,}0507418\ A}{1{,}015} = 0{,}0499919\ A.$$

$I_{dh} = I_d - I_{dr} = 0{,}0507418\ A - 0{,}0499919 = 0{,}0007499$ A.

$U_c = R_h \cdot I_{dh} = 1.000\ \Omega \cdot 0{,}0007499\ A = 0{,}7499$ V.

Estos valores no son perjudiciales para el cuerpo humano, ni capaces de producir cosquillas.

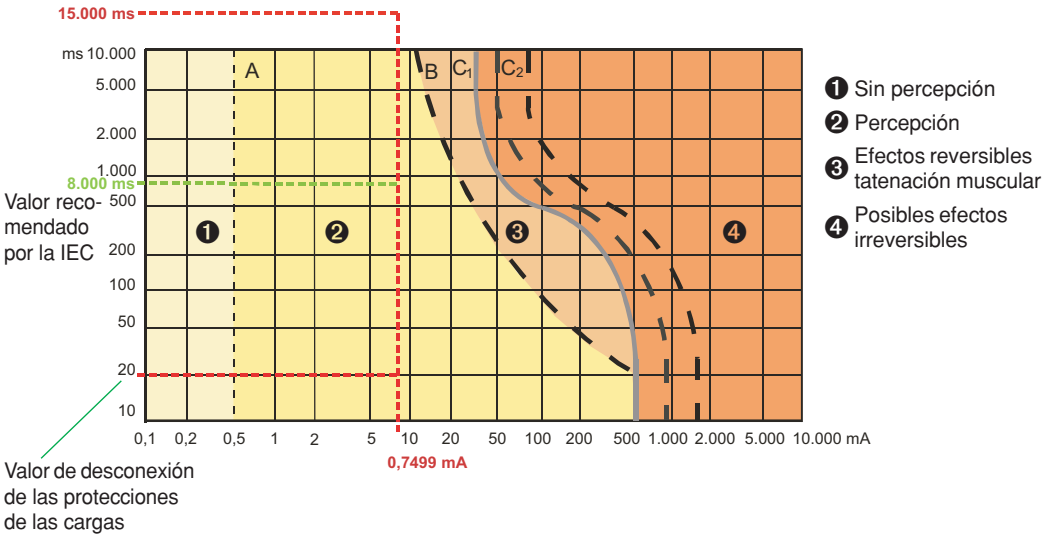


Fig. L6.4-496: *diagrama del nivel de causa permitido por las protecciones al cuerpo humano.*

Conclusiones

Los 0,7499 mA que pueden circular por el cuerpo humano al existir una fuga de un conductor activo no es perjudicial por el cuerpo humano, por tanto las protecciones no deben desconectar.

Los interruptores automáticos magnetotérmicos o electrónicos no desconectan por una fuga, de esta magnitud desconectan por sobreintensidad o por cortocircuito.

La intensidad de fuga calculada, $I_d = \frac{U_0}{Z_F} = \frac{230\ V}{4.532{,}75\ \Omega} = 0{,}0507418\ A$, no tiene valor suficiente para poder desconectar los interruptores automáticos instalados.

La corriente de fuga no incrementará porque exista una segunda fuga de un conductor activo, puesto que la tensión de la red no varía U = 230/400 V, al contrario, al existir un segundo defecto la tensión baja por la caída de tensión interna, producida por el paso de la intensidad de cortocircuito en la impedancia interna, por tanto la intensidad de fuga bajará.

Lo perjudicial son los efectos térmicos de la circulación de la intensidad de corto circuito. Por esto la IEC recomienda un tiempo de desconexión máximo de 0,8 s, nosotros estamos en un máximo de 0,02 s en la protección de las cargas y un tiempo máximo de 8 s cuando la intensidad de cortocircuito es mínima, localizado en el tramo de los cuadros generales y de distribución.

Advertencia que debemos efectuar

Si existe una fuga de la red de régimen IT en el tramo de los cuadros general y de distribución, se apercibirá en la red equipotencial de puesta a tierra del régimen TT. Tendrá el mismo nivel de peligrosidad que el que hemos analizado en régimen IT "NULO", pero para los operarios de mantenimiento debemos dejar claro que esta señal puede derivar del régimen IT; por tanto debe estar reflejada en los detectores del primer defecto del régimen IT.

El hecho de que más masas estén afectadas por una fuga no peligrosa no afecta a la seguridad pero debe conocerse.

Las fugas permanentes

Las cargas informáticas tienen fugas permanentes, pero en la red diseñada todas las cargas están unidas a una red equipotencial propia, por tanto las fugas permanentes no afectan a la red equipotencial de régimen TT.

6.4.5.2. Las medidas de protección contra las sobretensiones

Las medidas de protección contra las sobretensiones en los edificios de pública concurrencia quedan afectadas por tres instrucciones técnicas:

■ ITC-BT-28: Instalaciones en locales de pública concurrencia.

■ ITC-BT-23: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.

■ ITC-BT-18: Instalaciones de puesta a tierra.

Atendiendo a las tres instrucciones intentaremos realizar la protección contra las sobretensiones de un edificio de pública concurrencia.

En el 2.º Volumen analizamos las protecciones correspondientes a los ejemplos desarrollados en esta obra. Vamos a incidir un poco más en las protecciones a equipos muy sensibles, que normalmente se instalan en cantidades importantes, en edificios considerados de pública concurrencia.

La clasificación de la sensibilidad a las sobretensiones realizadas en la ITC-BT-23 es muy genérica.

Categoría I

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija. En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

Ejemplo: ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.

Categoría II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija.

Ejemplo: electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares.

Categoría III

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad.

Ejemplo: armarios de distribución, embarrados, aparamenta (interruptores, seccionadores, tomas de corriente...), canalizaciones y sus accesorios (cables, caja de derivación...), motores con conexión eléctrica fija (ascensores, máquinas industriales...), etc.

Categoría IV

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución.

Ejemplo: contadores de energía, aparatos de telemedida, equipos principales de protección contra sobreintensidades, etc.

En la elección de los materiales exige una resistencia mínima a la onda de choque.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la Tabla 1, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la Tabla 1, se pueden utilizar no obstante:

– En situación natural.

– En situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

– Cuando el riesgo sea aceptable.

Tabla 1

Tensión nominal de la instalación		Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)			
Sistemas		Categorías			
Trifásicos	Monofásicos	IV	III	II	I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
1.000		8	6	4	2,5

En el 2.º Volumen especificamos y concretamos cómo determinar las protecciones y definir sus materiales de una forma efectiva.

La protección contra las sobretensiones de un edificio de oficinas y en particular del abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª, un centro de cálculo

Diagnóstico

Diagnóstico de la situación del edificio

E = Ng (1 + BT + MT + d):

■ Ng: es función del nivel ceráunico de la zona. Observando el mapa de la Fig. H2-4-004, página H2/245, del 2.º Volumen. Ng = 2,7.

■ BT: se refiere a la línea de alimentación en BT. Observando la Tabla H2-4-006, página H2/251, del 2.º Volumen. BT = 0.

■ MT: se refiere a la línea de alimentación en MT. Observando la Tabla H2-4-007, página H2/251, del 2.º Volumen. MT = 0.

■ d: se refiere al entorno. Observando la Tabla H2-4-008, página H2/251, del 2.º Volumen. d = 0.

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 2,7 (1 + 0 + 0 + 0) = 2,7.

Diagnóstico de los receptores a proteger

R = S + C + I:

■ S: se refiere a la sensibilidad de los materiales. Observando la Tabla H2-4-001, página H2/248, del 2.º Volumen. S = 3.

■ C: se refiere al coste de los materiales. Observando la Tabla H2-4-002, página H2/249, del 2.º Volumen. C = 3.

■ I: se refiere a la indisponibilidad de los materiales y sus consecuencias. Observando la Tabla H2-4-003, página H2/249, del 2.º Volumen. I = 2.

Este diagnóstico nos permite observar la necesidad de una protección contra los agentes atmosféricos, y una protección contra las posibles inducciones de los agentes atmosféricos y de las posibles derivaciones de la red de MT.

R = S + C + I = 3 + 3 + 2 = 8.

La protección contra las sobretensiones atmosféricas

El edificio alberga centros de cálculo informáticos y de diseño, la necesidad de una calidad elevada de la energía, en estas condiciones de trabajo, obliga a la instalación de una jaula de Faraday como pararrayos común.

Al repartir la intensidad del rayo en cuatro vajantes hasta tierra y con conexiones equipotenciales cada dos plantas, nos permite reducir la intensidad de los campos radiantes de la corriente del rayo o de descargas atmosféricas.

La instalación interior con canalizaciones prefabricadas, de la parte de mayor longitud y sección, permite que la jaula de Faraday, propia de las canalizaciones prefabricadas, actúe de protección de los campos radiantes para los conductores.

La jaula de Faraday del pararrayos convencional se construye con conductor de cobre desnudo o de hierro galvanizado de 35 mm^2 y protegido con tubo aislante en las partes susceptibles de ser tocadas por una persona.

La resistencia de puesta a tierra será.

La red de puesta a tierra se sitúa por debajo del pavimento del suelo del aparcamiento, a una distancia mínima de 0,8 m para evitar el efecto de una tensión de paso a una mínima expresión.

Utilizaremos piquetas de 3 m de longitud a una distancia entre piquetas de 6 m.

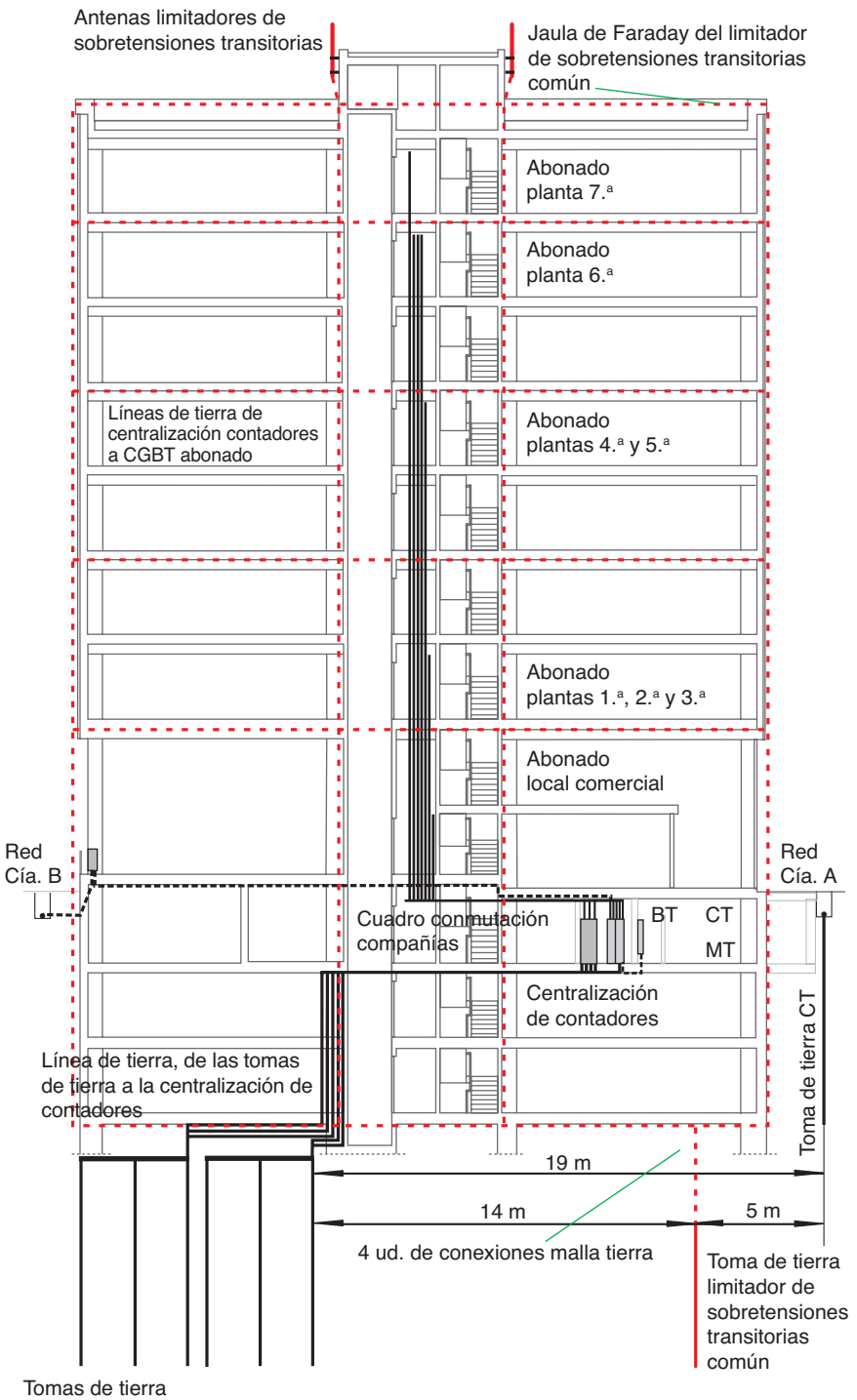
El coeficiente Kr de la Tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, es de Kr = 0,073.

La resistencia de puesta a tierra con una resistividad del terreno de 150 Ω/m será:

$R = \rho \cdot Kr = 150\ \Omega/m \cdot 0{,}073 = 10{,}95\ \Omega$.

Es una resistencia de puesta a tierra para descarga de fenómenos atmosféricos aceptable.

Situación de las puestas a tierra



L
6.4

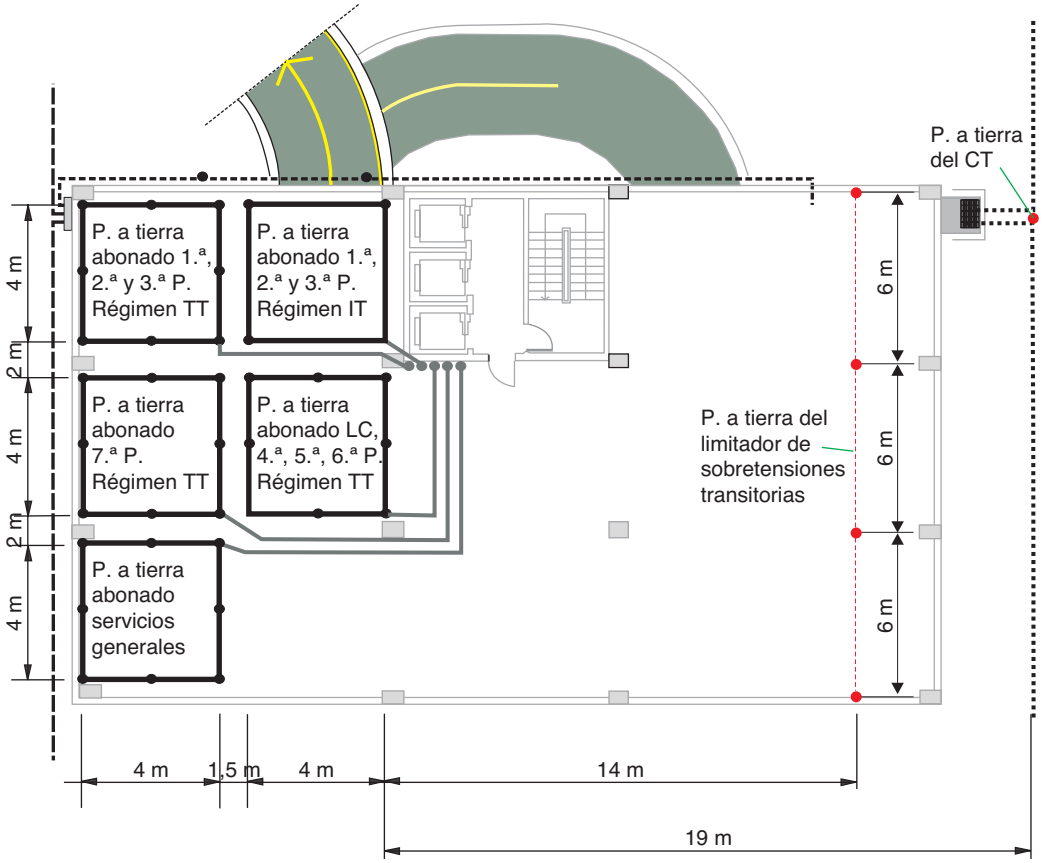


Fig. L6.4-497: *situación de las tomas de tierra del edificio.*

L
6.4

Cómo puede afectar una descarga de un rayo a las demás instalaciones a través de las puestas a tierra

Para una zona urbana donde existen varios pararrayos próximos, el rayo no se descarga, generalmente, en un solo pararrayos. Es un tema de análisis sobre el terreno, que dispone de varios factores de corrección.

Lo que debemos realizar es como mínimo cuatro tomas desde las cuatro piquetas a la jaula de Faraday para poder reducir la concentración de las intensidades de fuga. El rayo es la descarga de unas partículas polarizadas, de forma positiva o negativa, que surgen de la propia tierra y se elevan hasta la Electroesfera (de 50 a 100 km) para volver hasta la tierra neutralizando sus cargas.

La máxima intensidad de descarga la mantienen durante los primeros 10 μs y a los 125 μs prácticamente se han extinguido. Su intensidad en los llanos llega a valores del orden de los 5 a 30 kA y en las cumbres de las montañas unas cinco veces más.

Las partículas de carga negativa son más pesadas que las de carga positiva, a unas les faltan electrones y a las otras les sobran electrones.

La lluvia facilita la circulación de las cargas y la propia humedad de la lluvia facilita la comunicación de las cargas, produciendo que las cargas de signo contratio se neutralicen entre ellas con la propia tierra. Esta neutralización es la descarga, la cual llamamos rayo.

Lo importante es que esta neutralización en su proceso no afecte a las puestas a tierra de las instalaciones eléctricas, generándoles una tensión que supere el nivel de aislamiento de la red correspondiente a la puesta a tierra afectada.

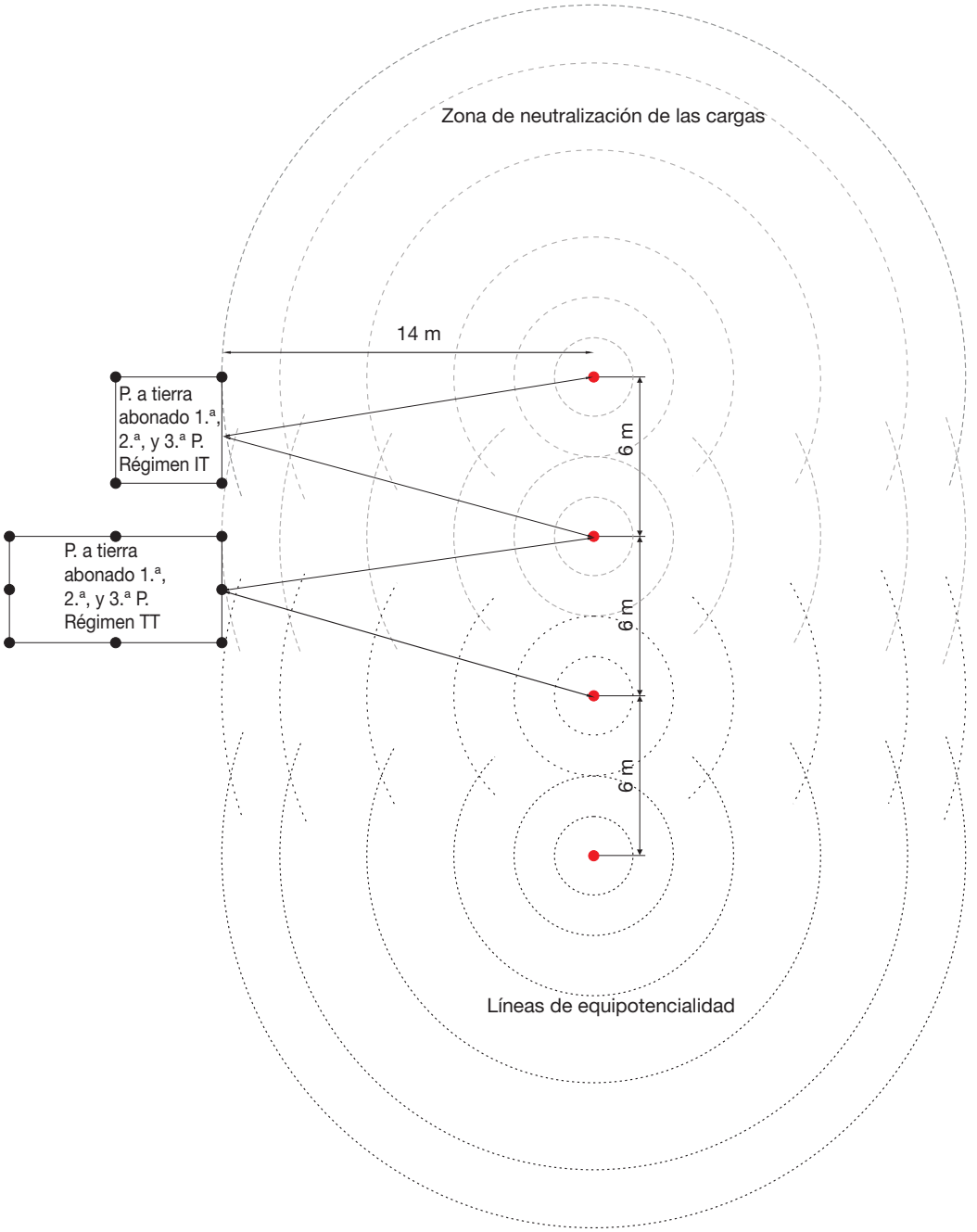


Fig. L6.4-498: *absorción y neutralización de las cargas de las partículas que constituyen los rayos.*

La posible interferencia del rayo a las puestas a tierra de la instalación de BT puede ser: ver apartado “Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra”, página F/101 del 1.er Volumen.
El nuevo reglamento de BT en la instrucción ITC-BT-18 da las instrucciones para la separación de las tierras.

10. Tomas de tierra independientes.
Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

11. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación.
Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia del punto 10, entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considera que las puestas a tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condicione siguientes:
a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (< 100 ohmios · m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará aplicando la formula: $D = \frac{\rho Id}{2\pi U}$.
Siendo:
D: distancia entre electrodos, en metros.
r: resistividad media del terreno en ohmios · metro.
Id: intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica.
U: 1.200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE RAT 13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantía de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.
Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (Id) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto (Vd = Id · Rt) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada, definida en el punto 1.1 de la MIE RAT 13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantía de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

INSTRUCCION TECNICA COMPLEMENTARIA MIE RAT 13

1.1. Tensiones máximas aplicables al cuerpo humano
Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada de forma tal que ningún punto normalmente accesible del interior o exterior de la instalación eléctrica donde las personas puedan circular o permanecer y exista el riesgo de que puedan estar sometidas a una tensión peligrosa durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en la red unida a ella.
La tensión máxima de contacto aplicada será determinada en función del tiempo de duración del defecto según la fórmula siguiente: (1) $V = \frac{K}{t^n}$, siendo:
K = 72 y n = 1 para tiempos inferiores a 0,9 segundos.
K = 78,5 y n = 0,18 para tiempos superiores a 0,9 segundos e inferiores a 3 segundos.
t = duración de la falta en segundos.
Para tiempos comprendidos entre 3 y 5 segundos la tensión de contacto aplicada no sobrepasará los 64 V. Para tiempos superiores a 5 segundos la tensión de contacto aplicada no será superior a 50 V.
Salvo casos excepcionales justificados no se considerarán tiempos inferiores a 0,1 segundos.
En caso de instalaciones con reenganche automático rápido (no superior a 0,5 segundos) el tiempo a considerar en la fórmula será la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de la corriente de defecto.
A partir de la fórmula anterior (1) se pueden determinar las máximas tensiones de paso y contacto admisibles en una instalación, considerando todas las resistencias que intervienen en el circuito.
A efectos de cálculos de proyecto se podrán emplear, para la estimación de las tensiones de paso y contacto de la instalación, las siguientes fórmulas:

(2) Tensión de paso: $V_p = \frac{K}{t^n}\left(1 + \frac{6\rho s}{1.000}\right)$

(3) Tensión de contacto: $V_c = \frac{K}{t^n}\left(1 + \frac{1,5\rho s}{1.000}\right)$

La fórmulas anteriores se han determinado asimilando cada pies humano a un electrodo en forma de placa de 200 cm^2 de superficie, que presenta una resistencia de puesta a tierra igual a 3 ρs, siendo ρs la resistividad de la capa superficial del terreno en Ω m y suponiendo que la resistencia al cuerpo humano es de 1.000 Ω.
En caso de que la resistividad de la capa superficial se incremente colocando una capa de grava u otro material de resistividad más elevada que la del terreno, su espesor será como mínimo de 10 cm en caso de grava, y de 2 cm en caso de materiales asfálticos.
En el caso de que puedan preverse contactos del cuerpo humano con partes metálicas no activas a distinto potencial, se aplicará la fórmula (3) de la tensión de contacto haciendo ρs = 0.
El proyectista de la instalación de tierra deberá comprobar, por un procedimiento de cálculo sancionado por la práctica, que los valores de las tensiones de paso y contacto calculadas por las fórmulas anteriores, en las circunstancias más desfavorables, no son superadas en ninguna zona del terreno afectada por la instalación de tierra.

Las condiciones de la instalación nos permiten definir que:
■ Los materiales a instalar son de categoría I (a 230/400 V, tensión de aislamiento 1.500 V).

■ La distancia entre las puestas a tierra de BT y la del pararrayos es de D = 14 m.
■ La puesta a tierra dispone de cuatro piquetas para disipar la intensidad del rayo.
■ La resistividad del terreno es de 150 Ω/m.

¿Qué intensidad de rayo no causa tensiones superiores a 1.500 V en la red de BT?

$$I_d = \frac{2 \cdot \pi \cdot U \cdot D}{\rho} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1.500\ V \cdot 14\ m}{150\ \Omega m} = 879{,}648\ A.$$

Al disponer de 4 ramales de conexiones de la jaula de Faraday a tierra tendremos:
$I_{d(Total)} = 4$ ud. $\cdot I_d = 4 \cdot 879{,}648\ A = 3.518{,}59\ A.$
Rayos con intensidades de 3,5 kA no causarán ningún problema a la instalación de BT, en el momento que se supere esta intensidad puede generar alguna tensión superior a la capacidad de aislamiento de los materiales de Clase I.
Para el resto de instalación de Clase III con una tensión de aislamiento máxima de 4.000 V tendremos:

$$I_d = \frac{2 \cdot \pi \cdot U \cdot D}{\rho} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4.000\ V \cdot 14\ m}{150\ \Omega m} = 2.345{,}72\ A.$$

Al disponer de 4 ramales de conexiones de la jaula de Farafay a tierra tendremos:
$I_{d(Total)} = 4$ ud. $\cdot I_d = 4 \cdot 2.345{,}73\ A = 9.382{,}91\ A.$

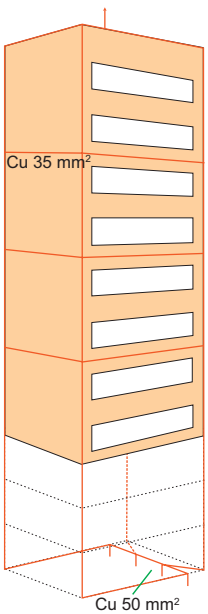


Fig. L6.4-499: *jaula de Faraday.*

En este punto de cálculo debemos conversar con el cliente.
Los cálculos realizados son en función de las estadísticas ceráunicas y del aislamiento de los materiales.
La valoración del cliente debe prevalecer en función de la estimación del riesgo que desee tomar. Puede considerar que la probabilidad casuística de un rayo de intensidad superior puede ocasionarle unos riesgos que no desea correr.
Entonces debemos buscar un mayor espacio de despolarización de las cargas del rayo. Este terreno debe ser adyacente al edificio.
Para evitar la intensidad del campo engendrado por los conductores que descargan la captación de las cargas polarizadas hasta el suelo, 4 ud., puede doblarse o triplicarse reduciendo la intensidad de circulación por ellos y consecuentemente la intensidad del campo.

Las soluciones presentadas son adecuadas y permiten una solución suficientemente segura. Las partículas polarizadas que pueden llegar hasta las tomas de tierra de las masas de la instalación pueden ser afines con los electrones de los conductores y llegar a perforar algún aislante. Esta situación con las distancias entre tierras y el nivel ceáunico de la zona no es probable, no obstante siempre es mejorable.

La posible influencia de las descargas atmosféricas y las posibles interferencias de corrientes de fuga de MT a la red de BT, nos aconseja colocar unos descargadores y consumidores de sobretensiones transitorias.

Es importante poder realizar las inspecciones y el mantenimiento de las puestas a tierra tal como la ITC-BT-18 especifica.

12. Revisión de las tomas de tierra.
Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por el director de la obra o instalador autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.
Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.
En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

Mantenimiento de las puestas a tierra

Para poder cumplir las prescripciones de la ITC-BT-18 debemos facilitar el acceso a ellas para poder realizar las mediciones y mantenimiento, a tal fin el suelo del aparcamiento se ha realizado con losas accesibles para poder realizar el mantenimiento y se han situado unas trampillas para poder mantener la humedad necesaria para mantener la resistividad del terreno.

Elección de los descargadores de sobretensiones

Para un riesgo de situación E = 2,7 y un riesgo de los receptores R = 8, en la Tabla H2-4-013, página H2/256 del 2.º Volumen, nos recomienda utilizar PRD40 + PRD8 para las redes de potencia y para redes de corrientes débiles un PRC.

Esquema de las puestas a tierra de la situación de los descargadores de sobretensiones

En nuestro caso utilizaremos:
- Para la red de régimen TT un PRD40 + PRD8.
- Para la red de régimen IT un PRD15 + PRD8 + PRD8.
- Para la línea telefónica un PRC.

Para las posibles fugas de defecto de la red de alimentación, deberemos contrastar con las Cías. suministradoras la regulación de las protecciones para que sean suficientes para poder cumplir las prescripciones del apartado 1.1. de la MIE RAT 13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantía de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

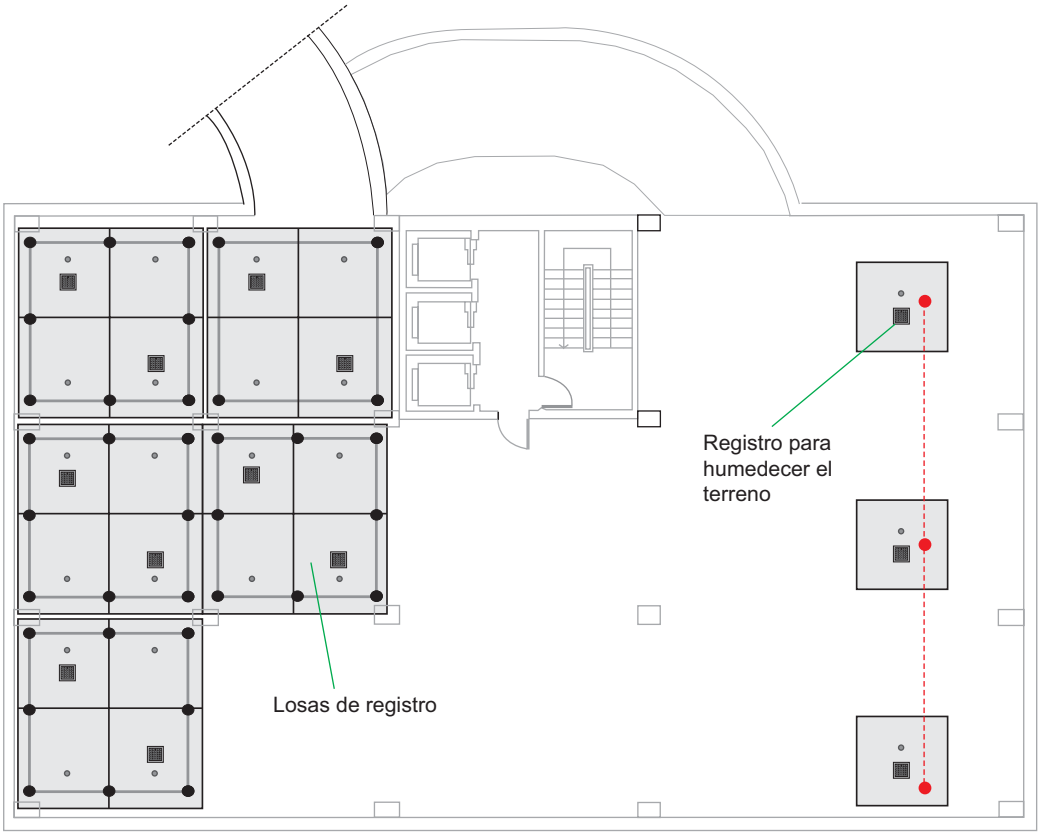


Fig. L6.4-500: *registros de mantenimiento para las tomas de tierra.*

La influencia de las descargas eléctricas de maniobra o inducidas en la red de MT

En el apartado “Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra”, página F/101 del 1.er Volumen, disponemos de la Tabla F5-016 que nos tabula las distancias entre las puestas a tierra, en función de la intensidad de fuga del CT y la resistencia del terreno.

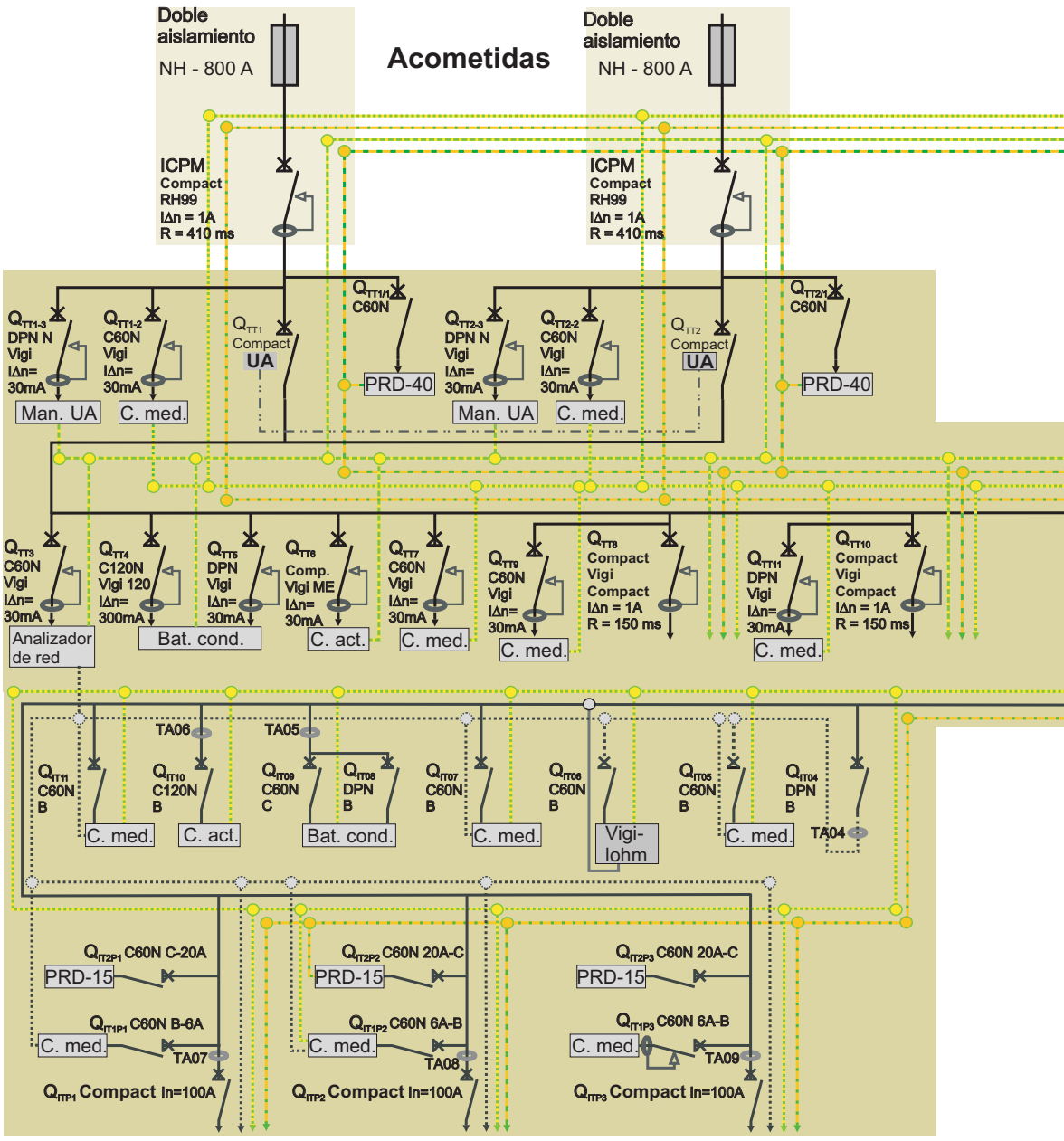
En nuestro caso debemos negociar con la Cía. A las características de las protecciones del centro de transformación para poder cumplir con la protección mínima expuesta en la reglamentación.

Con la Cía. B que suministra en BT, se supone que el CT está más alejado y no interfiere en la instalación.

En el capítulo H1, apartado 4.4. “Reglas generales de instalación”, página H1/179 del 2.º Volumen, exponemos las condiciones de instalación de los descargadores de sobretensiones.

Procurar atender las medidas correspondientes a la CEM en los cuadros de distribución, son medidas importantes aunque parezcan irrelevantes.

Esquema correspondiente al cuadro general y de las acometidas



Salida a la primera planta CDP 1.ª IT

Salida a la primera planta CDP 2.ª IT

Salida a la primera planta CDP 3.ª IT

L
6.4

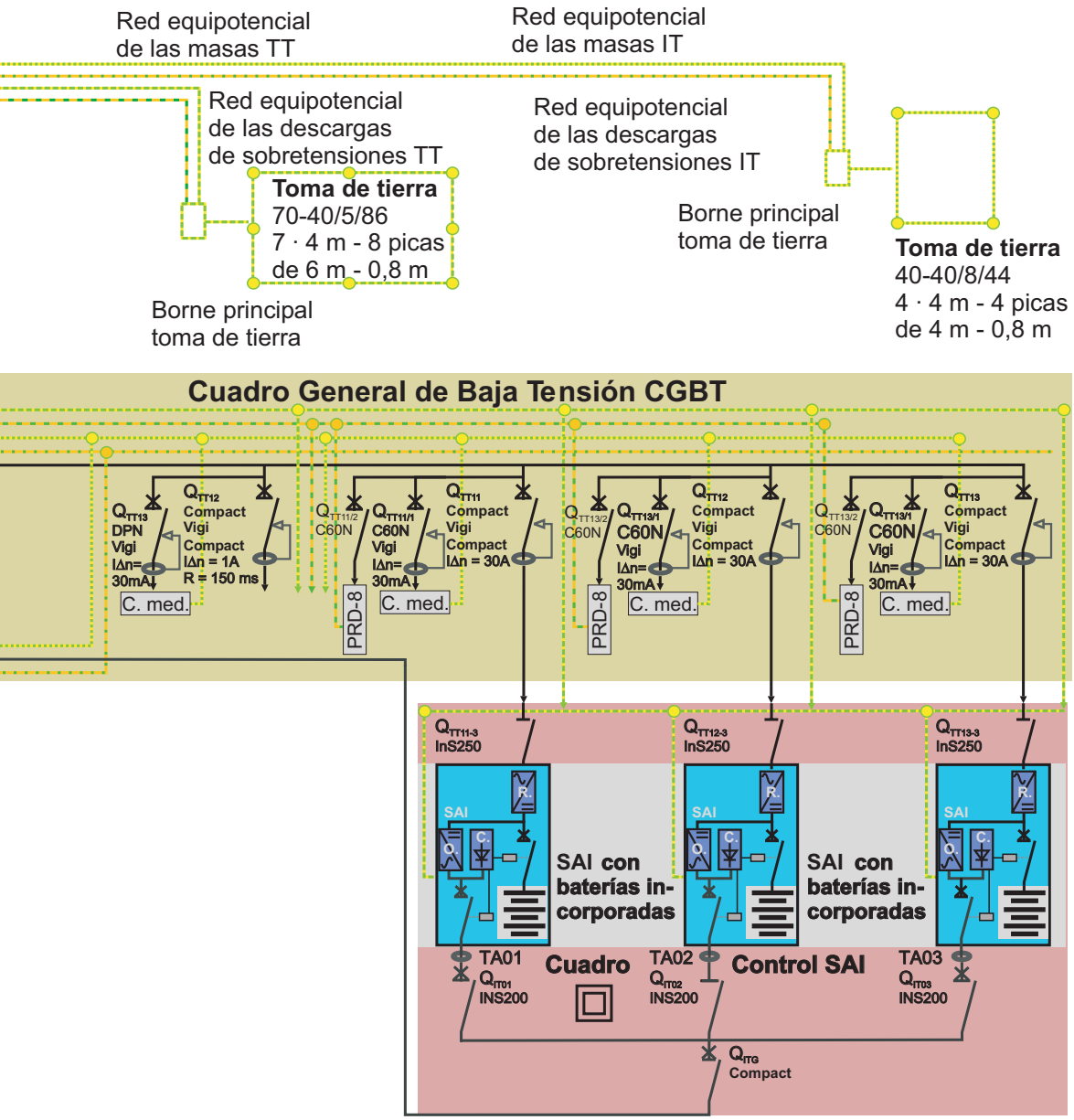
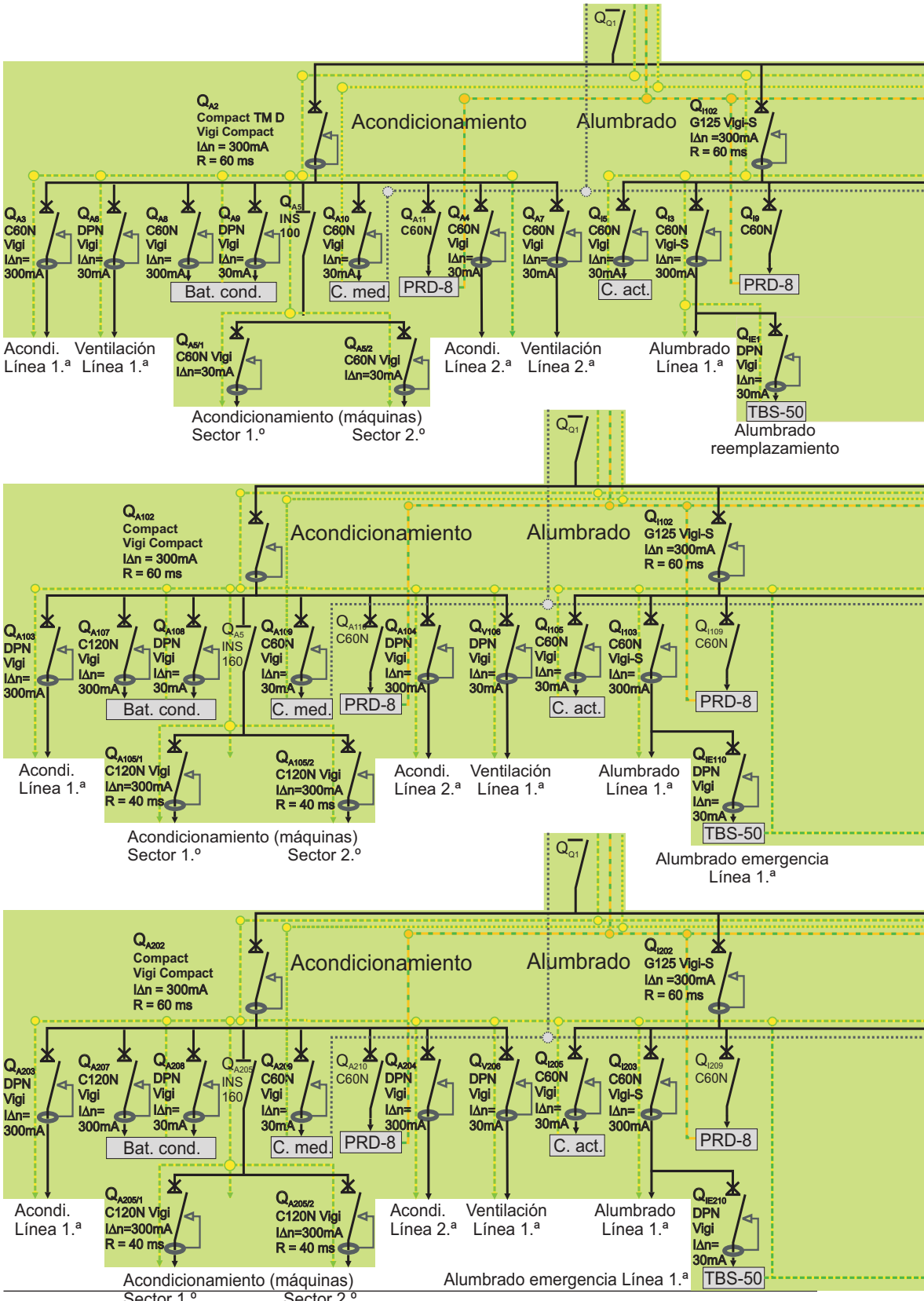
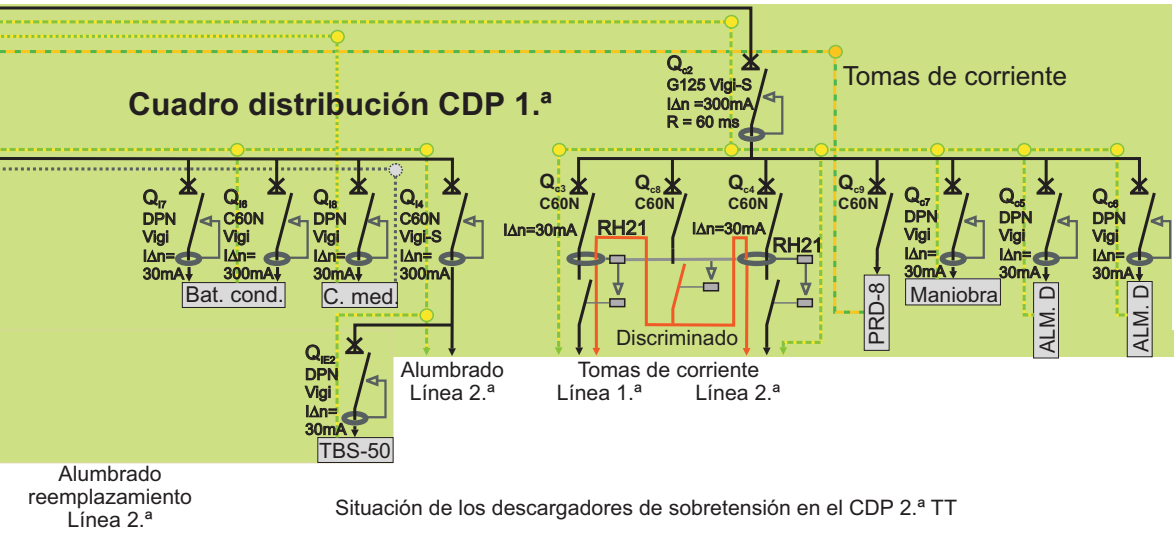


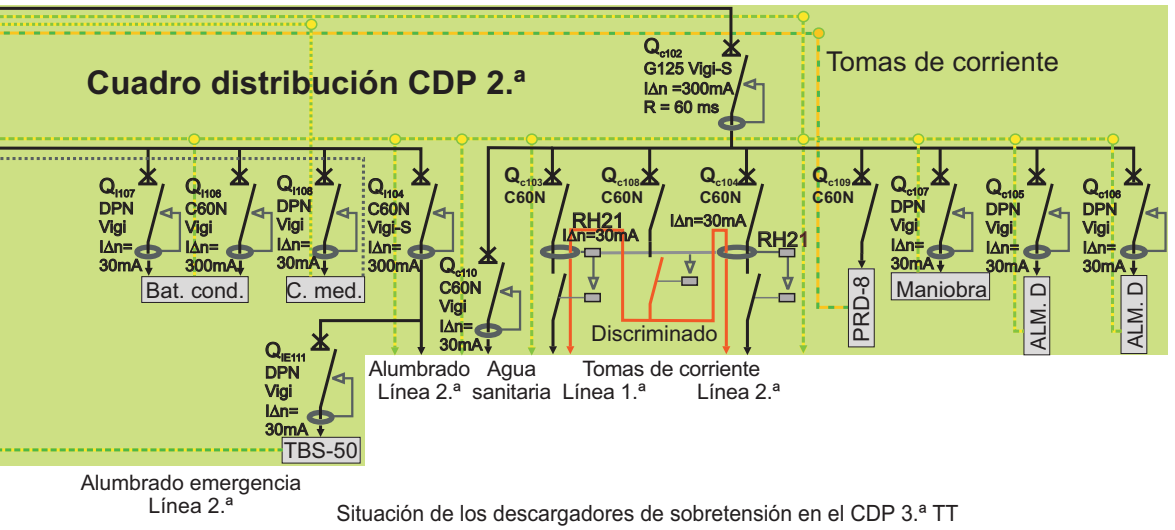
Fig. L6.4-501: *situación de los descargadores de sobretensión en el CGBT.*


Q_Q1
Q_A2 Compact TM D Vigi Compact IΔn = 300mA R = 60 ms
Acondicionamiento
Alumbrado
Q_I102 G125 Vigi-S IΔn =300mA R = 60 ms
Q_A3 C60N Vigi IΔn= 300mA
Q_A6 DPN Vigi IΔn= 30mA
Q_A8 C60N Vigi IΔn= 300mA
Q_A9 DPN Vigi IΔn= 30mA
Q_A5 INS 100
Q_A10 C60N Vigi IΔn= 30mA
Q_A11 C60N
Q_A4 C60N Vigi IΔn= 30mA
Q_A7 C60N Vigi IΔn= 30mA
Q_I5 C60N Vigi IΔn= 30mA
Q_I3 C60N Vigi-S IΔn= 300mA
Q_I9 C60N
Bat. cond.
C. med.
PRD-8
C. act.
PRD-8
Acondi. Línea 1.ª
Ventilación Línea 1.ª
Q_A5/1 C60N Vigi IΔn=30mA
Q_A5/2 C60N Vigi IΔn=30mA
Acondicionamiento (máquinas) Sector 1.º
Sector 2.º
Acondi. Línea 2.ª
Ventilación Línea 2.ª
Alumbrado Línea 1.ª
Q_IE1 DPN Vigi IΔn= 30mA
TBS-50
Alumbrado reemplazamiento
Q_Q1
Q_A102 Compact Vigi Compact IΔn = 300mA R = 60 ms
Acondicionamiento
Alumbrado
Q_I102 G125 Vigi-S IΔn =300mA R = 60 ms
Q_A103 DPN Vigi IΔn= 300mA
Q_A107 C120N Vigi IΔn= 300mA
Q_A108 DPN Vigi IΔn= 30mA
Q_A5 INS 160
Q_A109 C60N Vigi IΔn= 30mA
Q_A111 C60N
Q_A104 DPN Vigi IΔn= 300mA
Q_V106 DPN Vigi IΔn= 30mA
Q_I105 C60N Vigi IΔn= 30mA
Q_I103 C60N Vigi-S IΔn= 300mA
Q_I109 C60N
Bat. cond.
C. med.
PRD-8
C. act.
PRD-8
Acondi. Línea 1.ª
Q_A105/1 C120N Vigi IΔn=300mA R = 40 ms
Q_A105/2 C120N Vigi IΔn=300mA R = 40 ms
Acondicionamiento (máquinas) Sector 1.º
Sector 2.º
Acondi. Línea 2.ª
Ventilación Línea 1.ª
Alumbrado Línea 1.ª
Q_IE110 DPN Vigi IΔn= 30mA
TBS-50
Alumbrado emergencia Línea 1.ª
Q_Q1
Q_A202 Compact Vigi Compact IΔn = 300mA R = 60 ms
Acondicionamiento
Alumbrado
Q_I202 G125 Vigi-S IΔn =300mA R = 60 ms
Q_A203 DPN Vigi IΔn= 300mA
Q_A207 C120N Vigi IΔn= 300mA
Q_A208 DPN Vigi IΔn= 30mA
Q_A205 INS 160
Q_A209 C60N Vigi IΔn= 30mA
Q_A210 C60N
Q_A204 DPN Vigi IΔn= 300mA
Q_V206 DPN Vigi IΔn= 30mA
Q_I205 C60N Vigi IΔn= 30mA
Q_I203 C60N Vigi-S IΔn= 300mA
Q_I209 C60N
Bat. cond.
C. med.
PRD-8
C. act.
PRD-8
Acondi. Línea 1.ª
Q_A205/1 C120N Vigi IΔn=300mA R = 40 ms
Q_A205/2 C120N Vigi IΔn=300mA R = 40 ms
Acondicionamiento (máquinas) Sector 1.º
Sector 2.º
Acondi. Línea 2.ª
Ventilación Línea 1.ª
Alumbrado Línea 1.ª
Q_IE210 DPN Vigi IΔn= 30mA
TBS-50
Alumbrado emergencia Línea 1.ª

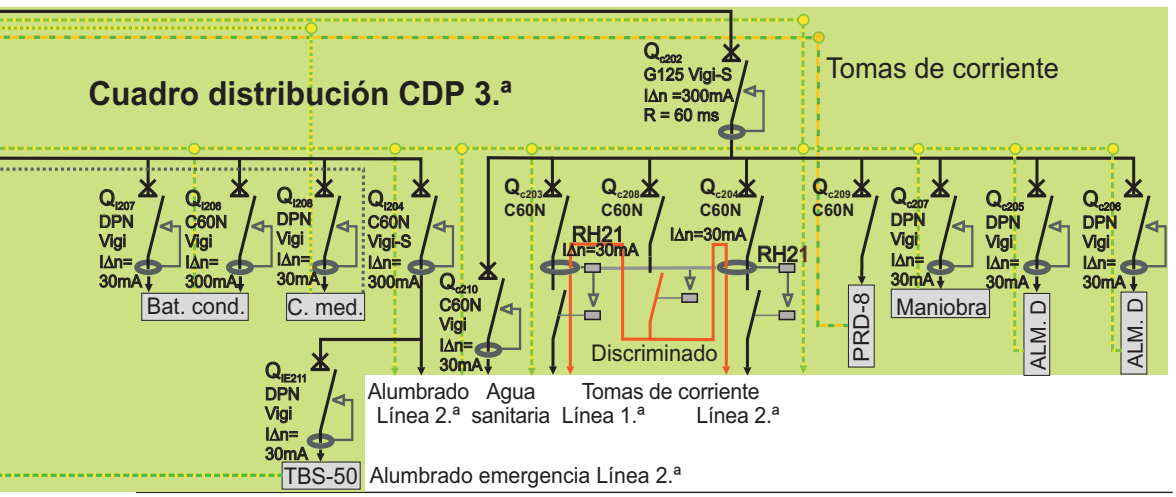
Situación de los descargadores de sobretensión en el CDP 1.ª TT



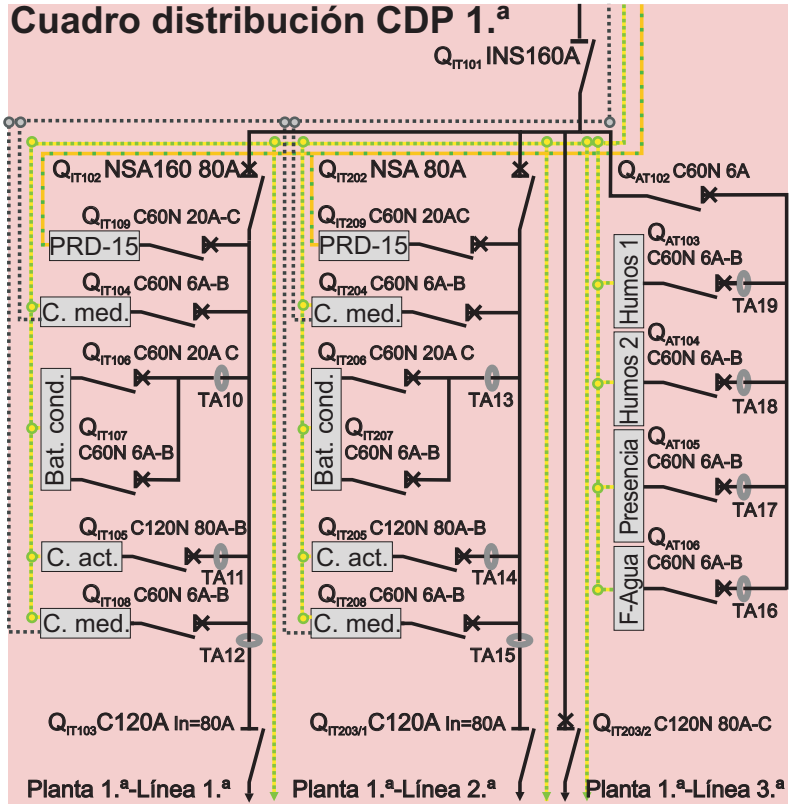
Situación de los descargadores de sobretensión en el CDP 2.ª TT

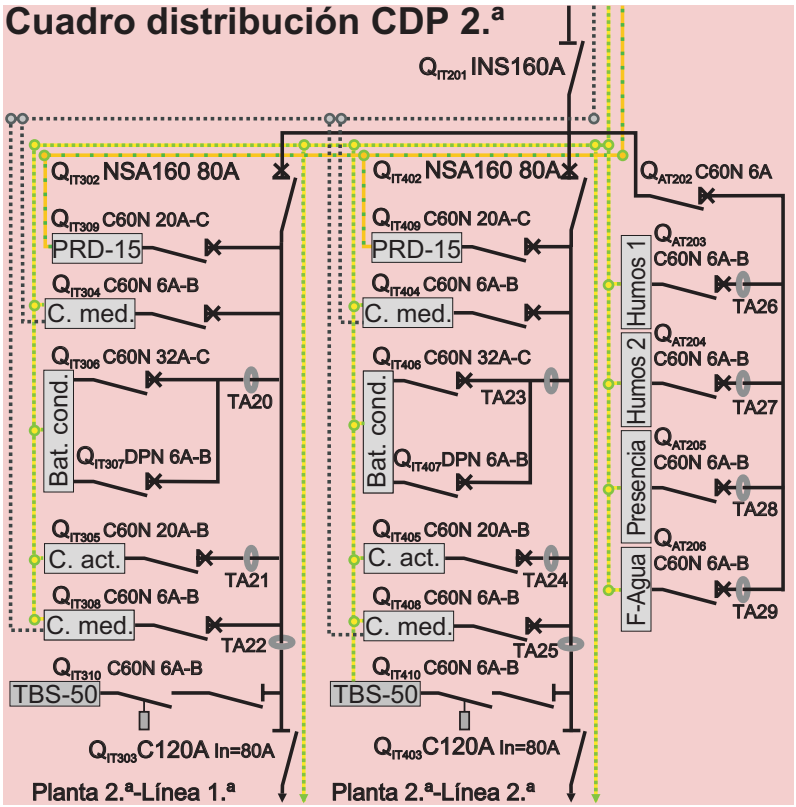


Situación de los descargadores de sobretensión en el CDP 3.ª TT



L 6.4


Cuadro distribución CDP 1.ª
Q IT101 INS160A
Q IT102 NSA160 80A
Q IT109 C60N 20A-C
PRD-15
Q IT104 C60N 6A-B
C. med.
Q IT106 C60N 20A C
TA10
Bat. cond.
Q IT107 C60N 6A-B
Q IT105 C120N 80A-B
C. act.
TA11
Q IT108 C60N 6A-B
C. med.
TA12
Q IT103 C120A In=80A
Planta 1.ª-Línea 1.ª
Q IT202 NSA 80A
Q IT209 C60N 20AC
PRD-15
Q IT204 C60N 6A-B
C. med.
Q IT206 C60N 20A C
TA13
Bat. cond.
Q IT207 C60N 6A-B
Q IT205 C120N 80A-B
C. act.
TA14
Q IT208 C60N 6A-B
C. med.
TA15
Q IT203/1 C120A In=80A
Planta 1.ª-Línea 2.ª
Q AT102 C60N 6A
Humos 1
Q AT103 C60N 6A-B
TA19
Humos 2
Q AT104 C60N 6A-B
TA18
Presencia
Q AT105 C60N 6A-B
TA17
F-Agua
Q AT106 C60N 6A-B
TA16
Q IT203/2 C120N 80A-C
Planta 1.ª-Línea 3.ª


Cuadro distribución CDP 2.ª
Q IT201 INS160A
Q IT302 NSA160 80A
Q IT309 C60N 20A-C
PRD-15
Q IT304 C60N 6A-B
C. med.
Q IT306 C60N 32A-C
TA20
Bat. cond.
Q IT307 DPN 6A-B
Q IT305 C60N 20A-B
C. act.
TA21
Q IT308 C60N 6A-B
C. med.
TA22
Q IT310 C60N 6A-B
TBS-50
Q IT303 C120A In=80A
Planta 2.ª-Línea 1.ª
Q IT402 NSA160 80A
Q IT409 C60N 20A-C
PRD-15
Q IT404 C60N 6A-B
C. med.
Q IT406 C60N 32A-C
TA23
Bat. cond.
Q IT407 DPN 6A-B
Q IT405 C60N 20A-B
C. act.
TA24
Q IT408 C60N 6A-B
C. med.
TA25
Q IT410 C60N 6A-B
TBS-50
Q IT403 C120A In=80A
Planta 2.ª-Línea 2.ª
Q AT202 C60N 6A
Humos 1
Q AT203 C60N 6A-B
TA26
Humos 2
Q AT204 C60N 6A-B
TA27
Presencia
Q AT205 C60N 6A-B
TA28
F-Agua
Q AT206 C60N 6A-B
TA29

L
6.4

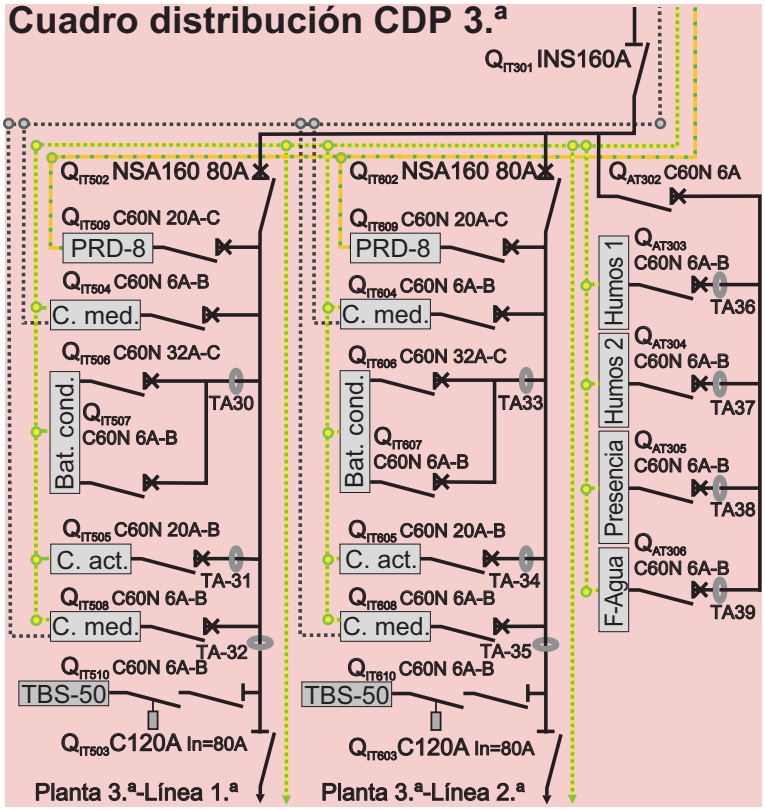


Fig. L6.4-502: *situación de los descargadores de sobretensión en los cuadros de distribución de las plantas.*

L
6.4

6.4.5.3. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En el Volumen 5.1, en los apartados 2.3. "Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades", página L/45, 3. "Elección e instalación de materiales eléctricos", subapartado 3.3. "La aparamenta", página L/125, y en el 2.º Volumen, capítulo H1, apartado 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61, se encuentran las fórmulas y datos para poder determinar las características de los elementos de las protecciones contra los efectos de las sobreintensidades.

No obstante en la ITC-BT-25, en la tabla 1, prescribe unos valores de intensidad para el interruptor automático de protección de las líneas definidas para las viviendas (circuitos internos), pero no especifica las condiciones de instalación ni las de elección que deberían cumplir. Las condiciones generales descritas en la normativa IEC, UNE y las descritas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, no son contempladas en la ITC-BT-25.

Para poder realizar el cálculo y la elección de las protecciones deberemos tener en consideración las instrucciones de la:

ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.

ITC-BT-22: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades.

ITC-BT-28: Instalaciones en locales de pública concurrencia.

ITC-BT-43: Instalaciones de receptores. Prescripciones generales.
ITC-BT-44: Instalaciones de receptores. Receptores para alumbrado.
ITC-BT-47: Instalaciones de receptores. Motores.
ITC-BT-48: Instalaciones de receptores. Transformadores y autotransformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores.
ITC-BT-51: Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.

En el momento de dimensionar las líneas en función de las intensidades a circular en ellas, hemos realizado una previsión del elemento protector correspondiente, tanto para las líneas como para las cargas.

Se debe realizar una observación. En los volúmenes que han sido publicados hasta el momento, aún no se han especificado las características de los motores. Esto se realizará en el 6.º Volumen "La seguridad en las máquinas".
El tratamiento individualizado de los motores, sus protecciones y puestas en servicio, necesitan un estudio individualizado en función de sus aplicaciones, características y las propias de la red de alimentación.

Los elementos protectores y las características del punto de la instalación las hemos incluido en la Tabla L6.4-508, página L/1399, incluyendo los valores de las corrientes de cortocircuito en el punto de la red y la energía capaz de soportar la red aguas abajo de la protección.
El estudio de las protecciones individualizadas o colectivas de las cargas lo realizamos a continuación, detallando los elementos de protección necesarios contra las sobreintensidades en tiempo largo y tiempo corto de desconexión.

Los dispositivos de protección contra las sobreintensidades

Debemos considerar las características propias de las cargas y las líneas, pero todas se basan en no dejar circular aguas abajo una intensidad superior a su capacidad térmica.
En nuestro caso hemos considerado adecuada la protección contra las sobreintensidades, de las cargas y las líneas, con interruptores automáticos.
Los interruptores automáticos deben albergar la posibilidad de protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos, e incluso, en la red de esquema de conexión a tierra IT, las correspondientes protecciones a las corrientes de fuga.
Para atender las características de las protecciones podemos aplicar las orientaciones expuestas en el 2.º Volumen, capítulos H1. "Los circuitos y su dimensionado" y H2. "La aparamenta y su dimensionado".
Pero siempre deberemos tener en consideración el principio fundamental.

El principio fundamental

■ Consiste en disponer en el origen del circuito de un aparato de protección que:
□ Desconecte en caso de sobreintensidad en un tiempo menor a la característica I^2t de la conducción o carga.
□ No desconecte al paso de la corriente de empleo I_B del circuito o una fracción de ella.
□ Que permita el paso de las corrientes de arranque o puntas de conexión, según las características de las cargas. Siempre en el tiempo que la carga pueda soportar para su normal funcionamiento.
■ Para los cortocircuitos inferiores a 5 segundos, la característica del conductor aislado, o del aislamiento de una carga, es muy próxima a la fórmula $I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$ (ver columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450), que expresa que el calor

aportado al conductor por la energía de cortocircuito es proporcional al cuadrado de la sección del mismo.
t = el tiempo de duración del cortocircuito en segundos.
S = la sección del conductor en mm^2.
I = la corriente eficaz de cortocircuito en A.
K = constante, característica del conductor aislado.

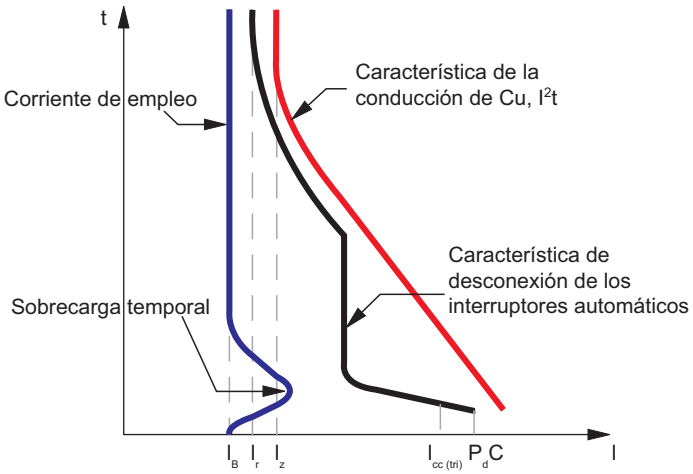


Fig. L6.4-503: *principio de la protección de un circuito con interruptor automático.*

Para un mismo conductor aislado, la intensidad admisible varía en función del ambiente. Por ejemplo, para una temperatura ambiental elevada:
($\theta_{a1} > \theta_{a2}$), I_{z1} es inferior a I_{z2}.

Determinación de la protección

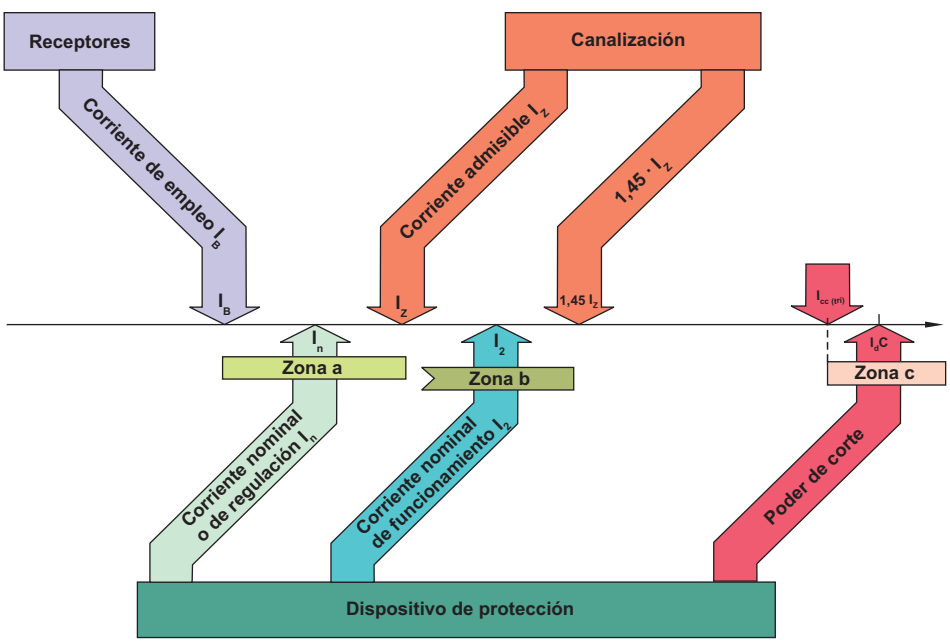


Fig. L6.4-504: *diagrama de las corrientes definitorias en la protección.*

Regla general $I_B \leqslant I_n \geqslant I_Z$ zona a.
$I_2 \leqslant 1{,}45\ I_z$ zona b.
$P_dC \geqslant I_{cc\ (tri)}$ zona c.

En conformidad con las reglas del buen hacer (normativa UNE-EN), un dispositivo de protección, interruptor automático o fusible, asegura correctamente su función de protección si:

Su corriente nominal o de regulación I_n se sitúa entre la corriente de empleo I_B y la corriente admisible de la conducción, I_z, que corresponde a la zona a de la fig. L6.4-504:

$I_B \leqslant I_n \leqslant I_Z$.

Su corriente convencional de desconexión I_2 es inferior a 1,45 I_z, que corresponde a la zona b de la fig. L6.4-504:

■ Para interruptores automáticos de uso doméstico:

$I_2 < 1{,}45 \cdot I_z$.

■ Para interruptores automáticos de uso industrial:

$I_2 < 1{,}30 \cdot I_z$.

■ Para fusibles, I_2 es la corriente que asegura la fusión del fusible en un tiempo convencional de 1 o 2 h, denominada corriente de fusión I_f.

Su poder de corte ha de ser superior a la corriente máxima de cortocircuito trifásico del punto de instalación, que corresponde a la zona c de la fig. L6.4-504:

$P_dC \geqslant I_{cc(tri)}$.

Dispositivos de protección para las cargas

En la red con esquema de conexión a tierra ECT-TT disponemos de diferentes tipos de cargas:

L
6.4

Red de régimen TT

Cargas de tipo general desconocidas

Corresponden a las cargas que pueden ser conectadas a las tomas de corriente. Generalmente serán cargas de uso doméstico, pequeños motores, equipos electrónicos...

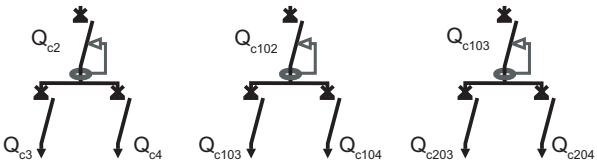
Interruptor automático											
Ref.	I_B		$1{,}3 \cdot I_B$	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\ 45\ °C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ª planta											
Q_{c2}	33,00		42,90	3+N	63	D	NG125	60,50	68,37	0,71	
Q_{c3}	17,00		22,10	3+N	20	C	C60L	19,40	21,92	1,14	> 1.000"
Q_{c4}	16,70		21,71	3+N	20	C	C60L	19,40	21,92	1,12	
2.ª planta											
Q_{c102}	33,20		43,16	3+N	100	D	NG125	96,00	108,48	0,45	
Q_{c103}	12,70		16,51	3+N	16	C	C60H	18,40	20,79	0,90	
Q_{c104}	26,70		34,71	3+N	32	C	C60H	29,80	33,67	1,16	> 1.000"
3.ª planta											
Q_{c202}	33,20		43,16	3+N	100	D	NG125	96,00	108,48	0,45	
Q_{c203}	12,70		16,51	3+N	16	C	C60H	18,40	20,79	0,90	
Q_{c204}	26,70		34,71	3+N	32	C	C60H	29,80	33,67	1,16	> 1.000"

Tabla L6.4-505: *protecciones a las cargas de las tomas de corriente.*

■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.
■ Columna 3.ª.
La mayor intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI, en el caso que corresponda.
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de la punta de arranque de la línea. Para atender las posibles cargas a conectar a las tomas de corriente, se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 1,3 I_B la intensidad de las cargas previstas.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 ºC.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático. Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
Esta intensidad debe poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático. Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª. Los valores iguales o inferiores a 1,13, corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los tiempos son superiores a 1.000 segundos, muy superiores a las posibles realidades de las cargas.

Contrastación del I^2t
Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Selectividad
Los interruptores Q_{c2}, Q_{c102} y Q_{c103} están situados aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{c3}, Q_{c4}, Q_{c103}, Q_{c104}, Q_{c203}, y Q_{c204}:



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{c2}/Q_{c3} = 60,50 A/19,40 A = 3,11
Q_{c2}/Q_{c4} = 60,50 A/19,40 A = 3,11
Q_{c102}/Q_{c103} = 96 A/18,40 A = 5,21
Q_{c102}/Q_{c104} = 96 A/29,80 A = 3,22
Q_{c202}/Q_{c203} = 96 A/18,40 A = 5,21
Q_{c202}/Q_{c204} = 96 A/29,80 A = 3,22

□ Para el tiempo corto de desconexión

Q_{c2}/Q_{c3} = 630 A/100 A = 6,30
Q_{c2}/Q_{c4} = 630 A/100 A = 6,30
Q_{c102}/Q_{c103} = 1.000 A/80 A = 12,50
Q_{c102}/Q_{c104} = 1.000 A/160 A = 6,25
Q_{c202}/Q_{c203} = 1.000 A/80 A = 12,50
Q_{c202}/Q_{c204} = 1.000 A/160 A = 6,25

■ La relación en el tiempo largo de desconexión, relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión, relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito.

Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT” ref. 020509 K01.

Según la consulta a las tablas la selectividad del fabricante es total.

L
6.4

Cargas para el alumbrado (puntos luz)

Los interruptores de protección no se han previsto para un solo punto luz, si no que se han previsto para conjuntos de puntos luz.

Deberemos tener en consideración lo expuesto en el capítulo J, apartado J20. “Aparamenta para circuitos de alumbrado”, página J/927 del 3.er Volumen.

Los puntos luz considerados en la instalación son:

■ Lámparas de descarga compactas de 50 W a 12 V con autotransformador individual. Característica de arranque de 1,2 a 1,7 veces la intensidad asignada durante unos 5 segundos.

■ Tubos fluorescentes con balasto de 50+4 W a 230 V. Característica de arranque del orden de 1,6 veces la intensidad asignada durante unos tres segundos. La tasa de armónicos de los puntos luz con tubos fluorescentes es del orden del THDI = 37%.

En el conjunto de puntos luz con lámparas halógenas y tubos fluorescentes, hemos valorado en un 21,5% la THDI y 1,5 veces la corriente de arranque durante 5 segundos.

Interruptores automáticos situados en el control de cargas para el alumbrado (puntos luz).

Interruptor automático											
Ref.	I_B	I_B + THDI	$(1,5 \cdot I_B)$ + THDI	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_r/I_{n\ 45\ °C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ª planta											
Q_{I3}	19,44	23,62	33,34	3+N	32	C	C60L	31,00	35,03	1,08	
$Q_{I3\text{-}16}$	14,08	17,11	24,15	1+N	20	C	DPN N	18,56	20,97	1,30	> 50"
Q_{I4}	18,78	22,82	32,21	3+N	32	C	C60L	31,00	35,03	1,04	
$Q_{I4\text{-}02}$	14,08	17,11	24,15	1+N	20	C	DPN N	18,56	20,97	1,30	> 50"
2.ª planta											
Q_{I103}	14,83	18,02	25,43	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	1,38	> 60"
$Q_{I103\text{-}3/1}$	9,37	11,38	16,07	1+N	16	C	DPN	14,82	16,75	1,08	
Q_{I104}	13,63	16,56	23,38	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	1,27	> 60"
$Q_{I104\text{-}9/1}$	9,37	11,38	16,07	1+N	16	C	DPN	14,82	16,75	1,08	
3.ª planta											
Q_{I203}	14,83	18,02	25,43	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	1,38	> 50"
$Q_{I203\text{-}3/1}$	9,37	11,38	16,07	1+N	16	C	DPN	14,82	16,75	1,08	
Q_{I204}	13,63	16,56	23,38	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	1,27	> 60"
$Q_{I204\text{-}9/1}$	9,37	11,38	16,07	1+N	16	C	DPN	14,82	16,75	1,08	

Tabla L6.4-506: *protecciones a las cargas de alumbrado.*

■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.
■ Columna 3.ª.
La mayor intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI, 21,5%.
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de la punta de arranque de la línea más la tasa de armónicos THDI. Para atender las posibles cargas a conectar a las tomas de corriente se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 1,5 I_B la intensidad de las cargas previstas durante unos 5 seg.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 °C.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático. Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
Esta intensidad deben poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático. Esta intensidad representa un número de veces la intensi-

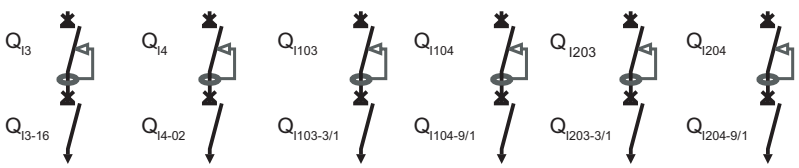
dad del interruptor automático (x I_n). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.
Los valores iguales o inferiores a 1,13 corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocara la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los tiempos son superiores a 50 segundos, muy superiores a las posibles realidades de las cargas.

Contrastación del I^2t

Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Selectividad

Los interruptores Q_{I3}, Q_{I103}, Q_{I203}, Q_{I4}, Q_{I104} y Q_{I204} están situado aguas arriba de los interruptores automáticos $Q_{I3\text{-}16}$, $Q_{I4\text{-}02}$, $Q_{I103\text{-}3/1}$, $Q_{I104\text{-}9/1}$, $Q_{I203\text{-}3/1}$, y $Q_{I204\text{-}9/1}$.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{I3}/Q_{I3\text{–}16}$ = 31 A/18,56 A = 1,67	$Q_{I3}/Q_{I3\text{–}16}$ = 160 A/100 A = 1,6
$Q_{I4}/Q_{I4\text{–}02}$ = 31 A/18,56 A = 1,67	$Q_{I4}/Q_{I4\text{–}02}$ = 160 A/100 A = 1,6
$Q_{I103}/Q_{I103\text{–}3/1}$ = 18,40 A/14,82 A = 1,24	$Q_{I103}/Q_{I103\text{–}3/1}$ = 100 A/80 A = 1,25
$Q_{I104}/Q_{I104\text{–}9/1}$ = 18,40 A/14,82 A = 1,24	$Q_{I104}/Q_{I104\text{–}9/1}$ = 100 A/80 A = 1,25
$Q_{I203}/Q_{I203\text{–}3/1}$ = 18,40 A/14,82 A = 1,24	$Q_{I203}/Q_{I203\text{–}3/1}$ = 100 A/80 A = 1,25
$Q_{I204}/Q_{I204\text{–}9/1}$ = 18,40 A/14,82 A = 1,24	$Q_{I204}/Q_{I204\text{–}9/1}$ = 100 A/80 A = 1,25

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC.
En la 1.ª planta es superior a 1,67, por tanto la selectividad en este rango es aceptable.
En la 2.ª y 3.ª plantas es del orden de 1,24, insuficiente para una buena selectividad. Pero debemos analizar el alumbrado.
La planta está subdividida en dos líneas independientes, por tanto siempre tendremos la mitad de la planta en luz.
La carga principal, comandada por el interruptor situado aguas abajo, representa el 90% de la mitad de la planta, en los dos casos.
En caso de desconexión existe el alumbrado de emergencia y el de reemplazamiento alimentado desde los SAI.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea. La relación tanto en la planta 1.ª de 1,6 como en las plantas 2.ª y 3.ª de 1,25 no son suficientes pero aceptamos las mismas alegaciones realizadas para el tiempo largo.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.

Según la consulta realizada de las tablas no son selectivos. Pero entramos en el mismo razonamiento que para el tiempo largo.

Cargas capacitativas (acumuladores) para alumbrado de emergencia

Las capacitancias, junto con los circuitos a cuyas bornas están conectados, forman circuitos oscilantes que, en el momento de la conexión, pueden generar corrientes transitorias de fuerte intensidad (> 180 I_n) y de frecuencias elevadas (de 1 a 15 kHz).

De conformidad a las normas IEC 70, el elemento de maniobra debe poder soportar una corriente permanente de 1,43 veces la corriente asignada de la capacidad controlada.

Los interruptores automáticos de gran capacidad de limitación (tipo L) dimensionados de 1,5 a 1,8 veces la intensidad de empleo de la capacitancia.

Solamente disponemos de dos líneas en la primera planta, en la segunda y tercera plantas los puntos luz de emergencia se alimentan directamente de la red de alumbrado y solamente reciben la orden de encendido de un TB-50.

Interruptor automático											
Ref.	I_B	1,43 I_B	1,7 · I_B 1,3 · I_B	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\ 45\ °C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ª planta			1,7 · I_B								
Q_{IE1}	1,65	2,36	2,81	3+N	6	C	C60H	5,64	6,37	0,50	
Q_{IE2}	1,65	2,36	2,81	3+N	6	C	C60H	5,64	6,37	0,50	
2.ª planta			1,3 · I_B								
Q_{IE110}	1,5		1,95	1+N	4	C	C60H	3,88	4,38	0,50	
Q_{IE111}	1,5		1,95	1+N	4	C	C60H	3,88	4,38	0,50	
3.ª planta			1,3 · I_B								
Q_{IE210}	1,5		1,95	1+N	4	C	C60H	3,88	4,38	0,50	
Q_{IE211}	1,5		1,95	1+N	4	C	C60H	3,88	4,38	0,50	

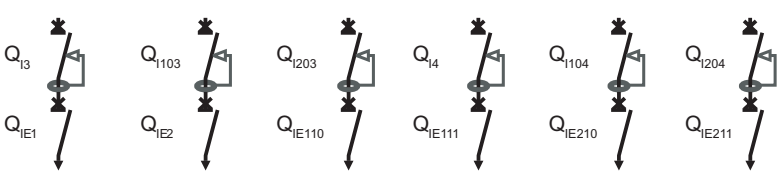
Tabla L6.4-507: *protecciones a las cargas de alumbrado de emergencia.*

■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.
■ Columna 3.ª.
La intensidad que deben soportar los interruptores automáticos sin desconectar según la IEC 1,43 I_B. Este valor debe ser inferior a la intensidad de no desconexión del interruptor automático columna 10 (1,13 I_n).
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de la punta de arranque de la línea. Para atender las posibles cargas a conectar a las tomas de corriente se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 1,7 I_B la intensidad de las cargas previstas durante unos 10 seg.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.

■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 ºC.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático. Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
Esta intensidad debe poderla soportar permanentemente tanto las cargas, como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático. Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.
Los valores iguales o inferiores a 1,13 corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los valores de punta de arranque son menores a 1,13 I_n y por tanto no desconectan a las intensidades de punta.

Contrastación del I^2t
Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Selectividad
Los interruptores Q_{I3}, Q_{I103}, Q_{I203}, Q_{I4}, Q_{I104} y Q_{I204} están situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IE1}, Q_{IE2}, Q_{IE110}, Q_{IE111}, Q_{IE210} y Q_{IE211}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{I3}/Q_{IE1} = 31 A/5,64 A = 5,5
Q_{I4}/Q_{IE2} = 31 A/5,64 A = 5,5
Q_{I103}/Q_{IE110} = 18,40 A/3,88 A = 4,74
Q_{I104}/Q_{IE111} = 18,40 A/3,88 A = 4,74
Q_{I203}/Q_{IE210} = 18,40 A/3,88 A = 4,74
Q_{I204}/Q_{IE211} = 18,40 A/3,88 A = 4,74

□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{I3}/Q_{IE1} = 160 A/30 A = 5,33
Q_{I4}/Q_{IE2} = 160 A/30 A = 5,33
Q_{I103}/Q_{IE110} = 100 A/20 A = 5
Q_{I104}/Q_{IE111} = 100 A/20 A = 5
Q_{I203}/Q_{IE210} = 100 A/20 A = 5
Q_{I204}/Q_{IE211} = 100 A/20 A = 5

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C.
En la 1.ª planta es de 5,5, por tanto la selectividad en este rango es aceptable
En la 2.ª y 3.ª plantas es del orden de 4,74, por tanto la selectividad en este rango es aceptable.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea. La relación en la planta 1.ª es de 5,33 en las plantas 2.ª y 3.ª de 5, por tanto la selectividad en este rango es aceptable
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta realizada de las tablas son selectivos.

Cargas para el acondicionamiento

Los interruptores automáticos se han previsto para los motores de los ventiladores de los "Fancoils" o para los motores de las bombas de calor. Ver Tablas B3-001 y B3-002, páginas B/35 y B/36 del 1.er Volumen.
Normalmente son motores de jaula de ardilla de dos polos:
■ Característica de arranque para motores de dos polos I_d = 4,2 a 9 I_B.
■ Característica de arranque para motores de varios polos I_d = 4,2 a 7 I_B.

Interruptor automático											
Ref.	I_B	I_B +	(7 · I_B)	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\ 45\ °C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Motores pequeños											
1.ª planta											
Acondicionamiento 1.ª línea											
$Q_{A3-15/1}$	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
$Q_{A3-15/2}$	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A3-22}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A3-23}	2,90		20,30	1+N	6	D	C60N	5,60	6,33	3,63	> 3,5"
Q_{A3-24}	4,10		28,70	1+N	10	C	C60N	9,60	10,85	2,99	> 4"
Q_{A3-26}	2,90		20,30	1+N	6	C	C60N	5,60	6,33	3,63	> 3,5"
Q_{A3-27}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A3-28}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A3-18}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A3-20}	4,10		28,70	1+N	10	C	C60N	9,60	10,85	2,99	> 4"
Acondicionamiento 2.ª línea											
Q_{A4-05}	4,10		28,70	1+N	10	C	C60N	9,60	10,85	2,99	> 4"
Q_{A4-08}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A4-09}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A4-10}	4,10		28,70	1+N	10	C	C60N	9,60	10,85	2,99	> 4"
Q_{A4-12}	2,90		20,30	1+N	6	C	C60N	5,60	6,33	3,63	> 3,5"
Q_{A4-13}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A4-14}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Q_{A4-04}	1,90		13,30	1+N	4	D	C60N	3,88	4,38	3,43	> 3"
Acondicionamiento 3.ª línea											
Sector 1.º											
Q_{A02}	1,60		11,20	3	4	D	C60N	3,88	4,38	2,89	> 5"
Q_{A05}	2,00		14,00	3	6	C	C60N	5,60	6,33	2,50	> 6"
Sector 2.º											
Q_{A4}	1,60		11,20	3	4	D	C60N	3,88	4,38	2,89	> 5"
Q_{A17}	2,00		14,00	3	6	C	C60N	5,60	6,33	2,50	> 6"
Ventilación 1.ª línea											
Q_{V3-19}	1,40		9,80	1+N	4	D	DPN	3,88	4,38	2,53	> 5"
Q_{V3-18}	1,60		11,20	1+N	4	D	DPN	3,88	4,38	2,89	> 5"

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Ref.	I_B	I_B +	$(7 \cdot I_B)$	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\ 45\ °C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventilación 2.ª línea											
Q_{V4-05}	1,40		9,80	1+N	4	D	DPN	3,88	4,38	2,53	> 5"
Q_{V4-07}	1,40		9,80	1+N	4	D	DPN	3,88	4,38	2,53	> 5"
Q_{V4-04}	1,60		11,20	1+N	4	D	DPN	3,88	4,38	2,89	> 5"
2.ª planta											
Acondicionamiento sector 1.º											
Q_{A09}	2,00		14,00	1+N	6	C	C60N	5,64	6,37	2,48	> 6"
Q_{A02}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Q_{A03}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Q_{A04}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Acondicionamiento sector 2.º											
Q_{A06}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Q_{A37}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Q_{A08}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Acondicionamiento 1.ª línea											
$Q_{A104-08}$	1,00		7,00	1+N	3	C	DPN	2,75	3,11	2,55	> 3"
Acondicionamiento 2.ª línea											
$Q_{A103-02}$	1,00		7,00	1+N	3	C	DPN	2,75	3,11	2,55	> 3"
Ventilación											
$Q_{V103-02}$	1,60		11,20	1+N	6	C	DPN	5,60	6,33	2,00	> 6"
$Q_{V104-08}$	1,60		11,20	1+N	6	C	DPN	5,60	6,33	2,00	> 6"
Q_{VR01}	1,40		9,80	1+N	6	C	DPN	5,60	6,33	1,75	> 8"
3.ª planta											
Acondicionamiento sector 1.º											
Q_{A09}	2,00		14,00	1+N	6	C	C60N	5,64	6,37	2,48	> 6"
Q_{A02}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Q_{A03}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Q_{A04}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Acondicionamiento sector 2.º											
Q_{A06}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Q_{A37}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Q_{A08}	1,30		9,10	3	3	C	C60N	2,70	3,05	3,37	> 4"
Acondicionamiento 1.ª línea											
$Q_{A104-08}$	1,00		7,00	1+N	3	C	DPN	2,75	3,11	2,55	> 3"
Acondicionamiento 2.ª línea											
$Q_{A103-02}$	1,00		7,00	1+N	3	C	DPN	2,75	3,11	2,55	> 3"
Ventilación											
$Q_{V103-02}$	1,60		11,20	1+N	6	C	DPN	5,60	6,33	2,00	> 6"
$Q_{V104-08}$	1,60		11,20	1+N	6	C	DPN	5,60	6,33	2,00	> 6"
Q_{VR01}	1,40		9,80	1+N	6	C	DPN	5,60	6,33	1,75	> 8"
Motores medianos											
1.ª planta											
Q_{A01}	54,00		270,00	3	80	C	C120H	73,50	83,06	3,67	> 3,5"
Q_{A03}	54,00		270,00	3	80	C	C120H	73,50	83,06	3,67	> 3,5"

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Ref.	I_B	I_B +	$(7 \cdot I_B)$	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\,45\,°C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.ª planta											
Q_{A01}	58,00		290,00	3	100	C	C120H	96,00	108,48	3,02	> 4"
Q_{A05}	58,00		290,00	3	100	C	C120H	96,00	108,48	3,02	> 4"
3.ª planta											
Q_{A01}	58,00		290,00	3	100	C	C120H	96,00	108,48	3,02	> 4"
Q_{A05}	58,00		290,00	3	100	C	C120H	96,00	108,48	3,02	> 4"
Líneas para motores pequeños											
1.ª planta											
Q_{A3}	9,80		29,40	3+N	25	C	C60L	24,2	27,35	1,21	> 200"
Q_{A4}	7,90		23,70	3+N	20	C	C60L	19,40	21,92	1,21	> 200"
Q_{A6}	3		9	1+N	10	C	C60l	9,60	10,85	0,96	
Q_{A7}	3		9	2+N	10	C	C60L	9,60	10,80	0,96	
2.ª planta											
Q_{A103}	1		7	1+N	10	C	C60H	9,60	10,85	0,73	
Q_{A104}	1		7	1+N	10	C	C60H	9,60	10,85	0,73	
Q_{V106}	1,6		4,80	3+N	10	C	C60H	9,6	10,85	0,50	
3.ª planta											
Q_{A203}	1		7	1+N	10	C	C60H	9,60	10,85	0,73	
Q_{A204}	1		7	1+N	10	C	C60H	9,60	10,85	0,73	
Q_{V206}	1,6		4,80	3+N	10	C	C60H	9,6	10,85	0,50	
Línea para motores medianos											
1.ª planta											
$Q_{A5/1}$	59,60		298,00	3+N	125	C	NG125N	120,00	135,60	2,48	> 10"
$Q_{A5/2}$	59,60		298,00	3+N	125	C	NG125N	120,00	135,60	2,48	> 10"
2.ª planta											
Q_{A105-1}	63,90		319,50	3+N	125	C	NG125N	120,00	135,60	2,66	> 8"
Q_{A105-2}	63,90		319,50	3+N	125	C	NG125N	120,00	135,60	2,66	> 8"
3.ª planta											
Q_{A205-1}	63,90		319,50	3+N	125	C	NG125N	120,00	135,60	2,66	> 8"
Q_{A205-2}	63,90		319,50	3+N	125	C	NG125N	120,00	135,60	2,66	> 8"

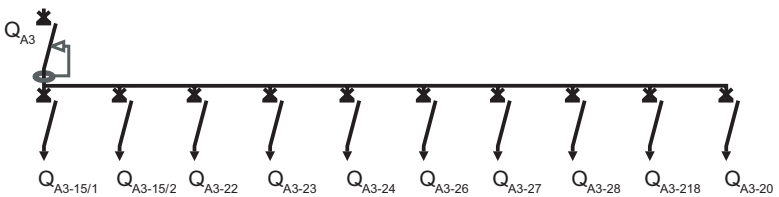
Tabla L6.4-508: *protecciones a las cargas del acondicionamiento, motores.*

■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.
■ Columna 3.ª.
La mayor intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI, en el caso que corresponda.
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de la punta de arranque de la línea. Para atender las posibles cargas a conectar a las tomas de corriente se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias:
□ Del orden de 7 I_B para los motores pequeños.
□ Del orden de 5 I_B para los motores medianos.

□ Del orden de 3 I_B para las líneas de los motores pequeños.
□ Del orden de 5 I_B para las líneas de los motores medianos.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 °C.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático. Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
Esta intensidad deben poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático. Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.
Los valores iguales o inferiores a 1,13, corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los tiempos son superiores a tres segundos, suficientes para las posibles realidades de las cargas.

Contrastación del I^2t
Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Selectividad
1.ª planta.
El interruptor Q_{A3} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos $Q_{A3\text{-}15/1}$, $Q_{A3\text{-}15/2}$, $Q_{A3\text{-}22}$, $Q_{A3\text{-}23}$, $Q_{A3\text{-}24}$, $Q_{A3\text{-}26}$, $Q_{A3\text{-}27}$, $Q_{A3\text{-}28}$, $Q_{A3\text{-}218}$, $Q_{A3\text{-}20}$.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

$Q_{A3}/Q_{A3-15/1}$ = 24,20 A/3,88 A = 6,23
$Q_{A3}/Q_{A3-15/2}$ = 24,20 A/3,88 A = 6,23
Q_{A3}/Q_{A3-22} = 24,20 A/3,88 A = 6,23
Q_{A3}/Q_{A3-23} = 24,20 A/5,60 A = 4,32
Q_{A3}/Q_{A3-24} = 24,20 A/9,60 A = 2,52
Q_{A3}/Q_{A3-26} = 24,20 A/5,60 A = 4,32
Q_{A3}/Q_{A3-27} = 24,20 A/3,88 A = 6,23
Q_{A3}/Q_{A3-28} = 24,20 A/3,88 A = 6,23
Q_{A3}/Q_{A3-18} = 24,20 A/3,88 A = 6,23
Q_{A3}/Q_{A3-20} = 24,20 A/9,60 A = 2,52

□ Para el tiempo corto de desconexión

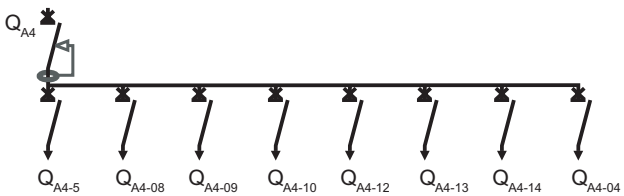
$Q_{A3}/Q_{A3-15/1}$ = 125 A/20 A = 6,25
$Q_{A3}/Q_{A3-15/2}$ = 125 A/20 A = 6,25
Q_{A3}/Q_{A3-22} = 125 A/20 A = 6,25
Q_{A3}/Q_{A3-23} = 125 A/30 A = 4,16
Q_{A3}/Q_{A3-24} = 125 A/50 A = 2,5
Q_{A3}/Q_{A3-26} = 125 A/30 A = 4,16
Q_{A3}/Q_{A3-27} = 125 A/20 A = 6,25
Q_{A3}/Q_{A3-28} = 125 A/20 A = 6,25
Q_{A3}/Q_{A3-18} = 125 A/20 A = 6,25
Q_{A3}/Q_{A3-20} = 125 A/50 A = 2,5

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

El interruptor Q_{A4} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{A4-5}, Q_{A4-08}, Q_{A4-09}, Q_{A4-10}, Q_{A4-12}, Q_{A4-13}, Q_{A4-14}, Q_{A4-04}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{A4}/Q_{A4-05} = 19,40 A/9,60 A = 2,02
Q_{A4}/Q_{A4-08} = 19,40 A/3,88 A = 5
Q_{A4}/Q_{A4-09} = 19,40 A/3,88 A = 5
Q_{A4}/Q_{A4-10} = 19,40 A/9,60 A = 2,02
Q_{A4}/Q_{A4-12} = 19,40 A/5,60 A = 3,46
Q_{A4}/Q_{A4-13} = 19,40 A/3,88 A = 5
Q_{A4}/Q_{A4-14} = 19,40 A/3,88 A = 5
Q_{A4}/Q_{A4-04} = 19,40 A/3,88 A = 5

□ Para el tiempo corto de desconexión

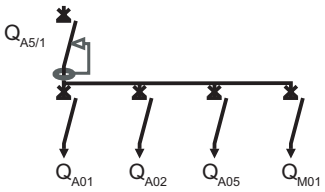
Q_{A4}/Q_{A4-05} = 100 A/50 A = 2
Q_{A4}/Q_{A4-08} = 100 A/20 A = 5
Q_{A4}/Q_{A4-09} = 100 A/20 A = 5
Q_{A4}/Q_{A4-10} = 100 A/50 A = 2
Q_{A4}/Q_{A4-12} = 100 A/30 A = 3,33
Q_{A4}/Q_{A4-13} = 100 A/20 A = 5
Q_{A4}/Q_{A4-14} = 100 A/20 A = 5
Q_{A4}/Q_{A4-04} = 100 A/20 A = 5

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

El interruptor $Q_{A5/1}$ está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{A01}, Q_{A02}, Q_{A05}, Q_{M01}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
$Q_{A5/1}/Q_{A01}$ = 120 A/73,50 A = 1,63
$Q_{A5/1}/Q_{A02}$ = 120 A/3,88 A = 30,92
$Q_{A5/1}/Q_{A05}$ = 120 A/5,60 A = 21,42
$Q_{A5/1}/Q_{M01}$ = 120 A/5,60 A = 21,42

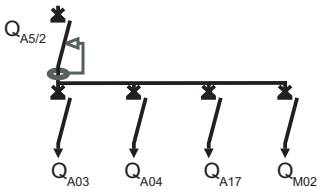
□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{A5/1}/Q_{A01}$ = 625 A/315 A = 1,98
$Q_{A5/1}/Q_{A02}$ = 625 A/40 A = 15,62
$Q_{A5/1}/Q_{A05}$ = 625 A/30 A = 20,83
$Q_{A5/1}/Q_{M02}$ = 625 A/18 A = 34,72

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total con todos los interruptores excepto con el Q_{AD1}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.

El interruptor $Q_{A5/2}$ está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{A03}, Q_{A04}, Q_{A17}, Q_{M02}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
$Q_{A5/2}/Q_{A01}$ = 120 A/73,50 A = 1,63
$Q_{A5/2}/Q_{A02}$ = 120 A/3,88 A = 30,92
$Q_{A5/2}/Q_{A05}$ = 120 A/5,60 A = 21,42
$Q_{A5/2}/Q_{M02}$ = 120 A/5,60 A = 21,42

□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{A5/2}/Q_{A01}$ = 625 A/315 A = 1,98
$Q_{A5/2}/Q_{A02}$ = 625 A/40 A = 15,62
$Q_{A5/2}/Q_{A05}$ = 625 A/30 A = 20,83
$Q_{A5/2}/Q_{M02}$ = 625 A/18 A = 34,72

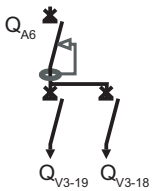
■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.

Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total con todos los interruptores excepto con el Q_{AD1}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.

El interruptor Q_{A6} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{V3-19}, Q_{V3-18}.



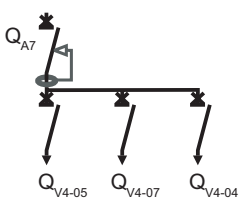
■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{A6}/Q_{V3-19} = 9,60 A/3,88 A = 2,47
Q_{A6}/Q_{V3-18} = 9,60 A/3,88 A = 2,47

□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{A6}/Q_{V3-19} = 50 A/20 A = 2,5
Q_{A6}/Q_{V3-18} = 50 A/20 A = 2,5

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

El interruptor Q_{A7} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{V4-05}, Q_{V4-07}, Q_{V4-04}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

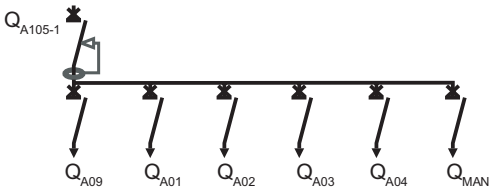
□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{A7}/Q_{V4-05} = 9,60 A/3,88 A = 2,47
Q_{A7}/Q_{V4-07} = 9,60 A/3,88 A = 2,47
Q_{A7}/Q_{V4-04} = 9,60 A/3,88 A = 2,47

□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{A7}/Q_{V4-05} = 50 A/20 A = 2,5
Q_{A7}/Q_{V4-07} = 50 A/20 A = 2,5
Q_{A7}/Q_{V4-04} = 50 A/20 A = 2,5

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

2.ª planta.

El interruptor Q_{A105-1} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{A09}, Q_{A01}, Q_{A02}, Q_{A03}, Q_{A04}, Q_{MAN}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

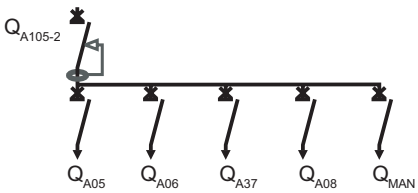
□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{A105-1}/Q_{A09} = 120 A/5,64 A = 21,27	Q_{A105-1}/Q_{A09} = 625 A/30 A = 20,83
Q_{A105-1}/Q_{A01} = 120 A/96 A = 1,25	Q_{A105-1}/Q_{A01} = 625 A/500 A = 1,25
Q_{A105-1}/Q_{A02} = 120 A/2,70 A = 44,44	Q_{A105-1}/Q_{A02} = 625 A/15 A = 41,66
Q_{A105-1}/Q_{A03} = 120 A/2,70 A = 44,44	Q_{A105-1}/Q_{A03} = 625 A/15 A = 41,66
Q_{A105-1}/Q_{A04} = 120 A/2,70 A = 44,44	Q_{A105-1}/Q_{A04} = 625 A/15 A = 41,66
Q_{A105-1}/Q_{A2MAN} = 120 A/5,60 A = 21,42	Q_{A105-1}/Q_{A2MAN} = 625 A/18 A = 34,72

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{A01}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{A01}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total con todos los interruptores excepto con el Q_{AD1}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.

El interruptor Q_{A105-2} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{A05}, Q_{A06}, Q_{A37}, Q_{A08}, Q_{MAN}.

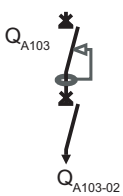


■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{A105-2}/Q_{A05} = 120 A/96 A = 1,25	Q_{A105-2}/Q_{A05} = 625 A/500 A = 1,25
Q_{A105-2}/Q_{A06} = 120 A/2,70 A = 44,44	Q_{A105-2}/Q_{A06} = 625 A/15 A = 41,66
Q_{A105-2}/Q_{A37} = 120 A/2,70 A = 44,44	Q_{A105-2}/Q_{A37} = 625 A/15 A = 41,66
Q_{A105-2}/Q_{A08} = 120 A/2,70 A = 44,44	Q_{A105-2}/Q_{A08} = 625 A/15 A = 41,66
Q_{A105-2}/Q_{A2M2} = 120 A/5,60 A = 21,42	Q_{A105-2}/Q_{A2M2} = 625 A/18 A = 34,72

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{A05}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{A05}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total con todos los interruptores excepto con el Q_{A05}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.

El interruptor Q_{A103} está situado aguas arriba del interruptor automático $Q_{A103\text{-}02}$.

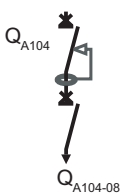


■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{A103}/Q_{A103\text{–}02}$ = 9,6 A/2,75 A = 3,49	$Q_{A103}/Q_{A103\text{–}02}$ = 50 A/15 A = 3,33

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

El interruptor Q_{A104} está situado aguas arriba del interruptor automático $Q_{A104\text{-}08}$.

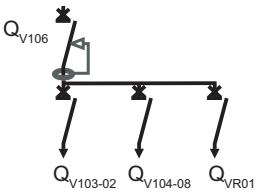


■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{A104}/Q_{A104\text{–}08}$ = 9,6 A/2,75 A = 3,49	$Q_{A104}/Q_{A104\text{–}08}$ = 50 A/15 A = 3,33

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

El interruptor Q_{V106} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos $Q_{V103-02}$, $Q_{V104-08}$, Q_{VR01}.



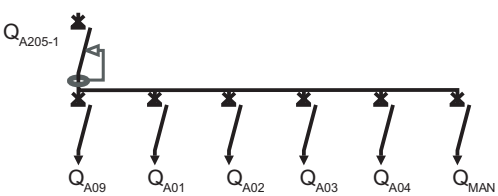
■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
$Q_{A106}/Q_{V103-02}$ = 9,6 A/5,60 A = 1,71
$Q_{A106}/Q_{V104-08}$ = 9,6 A/5,60 A = 1,71
Q_{A106}/Q_{VR01} = 9,6 A/5,60 A = 1,71

□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{A106}/Q_{V103-02}$ = 50 A/18 A = 2,77
$Q_{A106}/Q_{V104-08}$ = 50 A/18 A = 2,77
Q_{A106}/Q_{VR01} = 50 A/18 A = 2,77

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

3.ª planta.
El interruptor Q_{A205-1} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{A09}, Q_{A01}, Q_{A02}, Q_{A03}, Q_{A04}, Q_{MAN}.



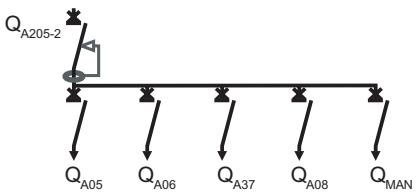
■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{A05-1}/Q_{A09} = 120 A/5,64 A = 21,27
Q_{A05-1}/Q_{A01} = 120 A/96 A = 1,25
Q_{A05-1}/Q_{A02} = 120 A/2,70 A = 44,44
Q_{A05-1}/Q_{A03} = 120 A/2,70 A = 44,44
Q_{A05-1}/Q_{A04} = 120 A/2,70 A = 44,44
Q_{A05-1}/Q_{A3M1} = 120 A/5,60 A = 21,42

□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{A05-1}/Q_{A09} = 1.250 A/30 A = 21,27
Q_{A05-1}/Q_{A01} = 1.250 A/1.000 A = 1,25
Q_{A05-1}/Q_{A02} = 1.250 A/15 A = 83,33
Q_{A05-1}/Q_{A03} = 1.250 A/15 A = 83,33
Q_{A05-1}/Q_{A04} = 1.250 A/15 A = 83,33
Q_{A05-1}/Q_{A3M1} = 1.250 A/18 A = 69,44

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{A01}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{A01}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total con todos los interruptores excepto con el Q_{AD1}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.

El interruptor Q_{A205-2} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{A05}, Q_{A06}, Q_{A37}, Q_{A08}, Q_{MAN}.



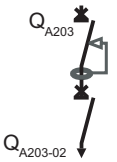
■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{A205-2}/Q_{A05} = 120 A/96 A = 1,25
Q_{A205-2}/Q_{A06} = 120 A/2,70 A = 44,44
Q_{A205-2}/Q_{A37} = 120 A/2,70 A = 44,44
Q_{A205-2}/Q_{A08} = 120 A/2,70 A = 44,44
Q_{A205-2}/Q_{A3M2} = 120 A/5,60 A = 21,42

□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{A205-2}/Q_{A05} = 1.250 A/1.000 A = 1,25
Q_{A205-2}/Q_{A06} = 1.250 A/15 A = 83,33
Q_{A205-2}/Q_{A37} = 1.250 A/15 A = 83,33
Q_{A205-2}/Q_{A08} = 1.250 A/15 A = 83,33
Q_{A205-2}/Q_{A3M2} = 1.250 A/18 A = 69,44

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{A05}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{A05}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total con todos los interruptores excepto con el Q_{A05}. Es el interruptor de la bomba de calor, si desconecta el interruptor de la máquina de generar calorías y frigorías, no tiene mucho sentido que funcionen los demás. Por tanto es una selectividad aceptable.

El interruptor Q_{A203} está situado aguas arriba del interruptor automático $Q_{A203-02}$.



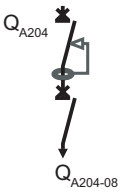
■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
$Q_{A203}/Q_{A103-02}$ = 9,6 A/2,75 A = 3,49

□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{A203}/Q_{A103-02}$ = 50 A/15 A = 3,33

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

El interruptor Q_{A204} está situado aguas arriba del interruptor automático $Q_{A204-08}$.



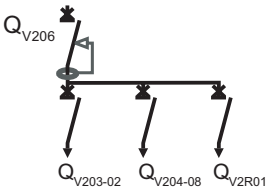
■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
$Q_{A204}/Q_{A104-08}$ = 9,6 A/2,75 A = 3,49

□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{A204}/Q_{A104-08}$ = 50 A/15 A = 3,33

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

El interruptor Q_{V206} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos $Q_{V203-02}$, $Q_{V204-08}$, Q_{V2R01}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

$Q_{V206}/Q_{V203-02}$ = 9,6 A/5,60 A = 1,71

$Q_{V206}/Q_{V204-08}$ = 9,6 A/5,60 A = 1,71

Q_{V206}/Q_{VR01} = 9,6 A/5,60 A = 1,71

□ Para el tiempo corto de desconexión

$Q_{V206}/Q_{V203-02}$ = 50 A/18 A = 2,77

$Q_{V206}/Q_{V204-08}$ = 50 A/18 A = 2,77

Q_{V206}/Q_{VR01} = 50 A/18 A = 2,77

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

Cargas capacitativas

Los condensadores, junto con los circuitos a cuyas bornas están conectados, forman circuitos oscilantes que, en el momento de la conexión, pueden generar corrientes transitorias de fuerte intensidad (>180 I_n) y de frecuencias elevadas (de 1 a 15 kHz).

De conformidad a las normas IEC 70, el elemento de maniobra debe poder soportar una corriente permanente de 1,43 veces la corriente asignada de la capacidad controlada y disponer de una gran capacidad de limitación.

Los interruptores automáticos de gran capacidad de limitación (tipo L) dimensionados de 1,5 a 1,8 veces la intensidad de empleo de la capacitancia, cumplen las recomendaciones de la IEC.

En nuestro caso hemos utilizado una compensación por escalones, por tanto el interruptor automático debe poder soportar permanentemente 1,43 veces la intensidad asignada a la capacitancia total y 1,8 veces la intensidad asignada del escalón mayor.

Interruptor automático											
Ref.	I_B	I_B +	(1,8 · I_B)	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_r/I_{n\ 45\ °C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q_{I6}	26,74	10,84	35,41	3	32	C	C60L	29,80	33,67	1,55	> 30"
Q_{A8}	57,8	21,68	75,14	3	80	C	C120L	76,50	86,45	1,27	> 200"
Q_{I106}	21,39	10,7	29,95	3	25	C	C60L	23,00	25,99	1,77	> 20"
Q_{A107}	57,8	21,68	75,14	3	80	C	C120L	76,50	86,45	1,27	> 200"
Q_{I206}	21,39	10,7	29,95	3	25	C	C60L	23,00	25,99	1,77	> 20"
Q_{AI207}	57,8	21,68	75,14	3	80	C	C120L	76,50	86,45	1,27	> 200"
Q_{TT4}	97,11	32,37	123,01	3	125	C	NG125L	120,00	135,60	1,29	> 200"

Tabla L6.4-509: *protecciones para las cargas capacitativas.*

■ Columna 1.ª.

La referencia del interruptor automático.

■ Columna 2.ª.

La mayor intensidad de circulación por una fase.

■ Columna 3.ª.

La intensidad del mayor escalón.

■ Columna 4.ª.

Valor estimado de la punta de arranque del escalón superior, del orden de 1,8 I_B.

■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 °C.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático. Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
Esta intensidad debe poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático. Consideramos el valor de la intensidad de punta de arranque como la intensidad de servicio más la intensidad de punta del escalón mayor. Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.
Los valores iguales o inferiores a 1,13, corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los tiempos son superiores a tres segundos, suficientes para las posibles realidades de las cargas.

Contrastación del I^2t
Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Compensador activo “capacitancia y electrónica” SW—

Los compensadores activos SW— los consideraremos como cargas capacitativas y electrónicas, pero nos atendremos a las instrucciones del fabricante.
Los compensadores activos correspondientes a los interruptores Q_{TT6} y Q_{IT10} están situados, al inicio de la red, con la finalidad de compensar las posibles puntas, en generación de armónicos, que la casuística puede producir y no son capaces de poder compensar los compensadores aguas abajo. Por tanto no hemos dimensionado intensidades de trabajo, y consideramos toda su potencia. Consecuentemente las protecciones serán paralelas a la capacidad que son capaces de tratar.
Las recomendaciones de las protecciones a los compensadores activos SW— las exponemos en la Tabla K4-123: valores y modelos de los equipos de protección para los compensadores activos, en régimen IT y en la Tabla K4-125: valores y modelos de los equipos de protección para los compensadores activos, en régimen TT, páginas K/319 y K/320 del 4.º Volumen.

■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.
■ Columna 3.ª.
No utilizada.
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de las puntas de acoplamiento de armónicos de la línea, del orden de 2,8 I_B.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 °C.

Interruptor automático											
Ref.	I_B		$(2,8 \cdot I_B)$	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\ 45\ °C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q_{I5}	7,05		19,74	3+N	25	B	C60L	24,20	27,35	0,29	
Q_{I105}	6,91		19,35	3+N	25	B	C60H	23,00	25,99	0,30	
Q_{I205}	6,91		19,35	3+N	25	B	C60H	23,00	25,99	0,30	
Q_{TT6}				3+N	100		Compact	96,00			
Q_{IT10}				3+N	100		Compact	96,00			

Tabla L6.4-510: *protecciones a las cargas del acondicionamiento, motores.*

■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático:
□ Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
□ Para los interruptores de carril simétrico según norma IEC 947-1, la intensidad de no desconexión es 1,05 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 63 A y dos horas para los mayores de 63 A.
Esta intensidad deben poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta puede desconectar el interruptor automático. Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª. En nuestro caso los valores no llegan a las intensidades de no desconexión.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.

Contrastación del I^2t

Las caracteríticas de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Cargas, alimentación de la señal a los equipos de control

Central de medida: Protección individualizada para la toma de señal de tensión. Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.
Analizador de red: Protección individualizada para la toma de señal de tensión. Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.
Controlador Vigilohm: Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.
Localizador: Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.
Interface: Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.

Interruptor automático											
Ref.	I_B		$(1,2 \cdot I_B)$	P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\,45\,°C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ª planta											
Q_{I8}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{A10}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
2.ª planta											
Q_{I108}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{A109}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
3.ª planta											
Q_{I208}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{A209}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
CGBT (TT)											
$Q_{TT1/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
$Q_{TT2/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT7}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT9}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT11}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT13}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
$Q_{TT14/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
$Q_{TT15/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
$Q_{TT16/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{IT5}	0,5		0,60	1+N	3	B	DPN	2,75	3,11	0,22	
CGBT (IT)											
Q_{IT7}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,05	0,22	
Q_{IT11}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,05	0,22	
Q_{IT1P1}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,05	0,22	
Q_{IT1P2}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,05	0,22	
Q_{IT1P3}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,05	0,22	

Tabla L6.4-511: *protecciones a las cargas del acondicionamiento, motores.*

■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.

■ Columna 3.ª.
No utilizada.
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de las puntas de conexión a la línea, del orden de 1,2 I_B.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 °C.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático.
Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
Esta intensidad debe poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta puede desconectar el interruptor automático. Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª. En nuestro caso los valores no llegan a las intensidades de no desconexión.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.

Contrastación del I^2t
Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Descargadores de sobretensiones PRD

En la Tabla H2-4-014 de la página H2-256 del 2.º Volumen disponemos de las indicaciones de los interruptores automáticos de acompañamiento PRD, PRC y PRI:
■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
No utilizada.
■ Columna 3.ª.
No utilizada.
■ Columna 4.ª.
No utilizada.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.

■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 °C.
■ Columna 10.ª.
No utilizada.
■ Columna 11.ª.
No utilizada.
■ Columna 12.ª.
No utilizada.

Interruptor automático											
Ref.	I_B			P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\ 45\ °C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ª planta											
Q_{c9}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{I9}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{A10}				3+N	20	C	C60H	18,40			
2.ª planta											
Q_{c109}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{I109}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{A110}				3+N	20	C	C60H	18,40			
3.ª planta											
Q_{c209}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{I209}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{A210}				3+N	20	C	C60H	18,40			
CGBT (TT)											
$Q_{TT1/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT2/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT14/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT15/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT16/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
CGBT (IT)											
Q_{IT2P1}				3+N	20	C	C60N	18,40			
Q_{IT2P2}				3+N	20	C	C60N	18,40			
Q_{IT2P3}				3+N	20	C	C60N	18,40			

Tabla L6.4-512: *protecciones a las cargas del acondicionamiento, motores.*

Contrastación del I^2t

Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

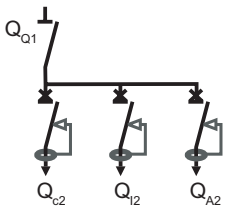
Análisis de las protecciones de cabecera de las líneas

Pretendemos dimensionar los interruptores generales en relación a sus cargas y con los interruptores inmediatos aguas a bajo de los generales.
El estudio lo realizaremos para cada cuadro de distribución de planta y para el cuadro general.

Cuadro de la 1.ª planta (TT)

En la primera planta disponemos de tres alimentaciones:

- Entrada a través de seccionador Q_{Q1}.
- Alimentación a las líneas de tomas de corriente Q_{c2}.
- Alimentación a las líneas de alumbrado Q_{l2}.
- Alimentación a las líneas de acondicionamiento Q_{A2}.



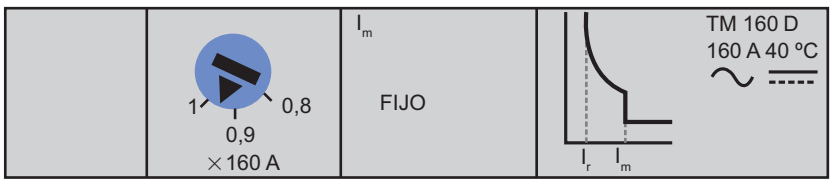
Interruptor automático											
Ref.	I_B			P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_f/I_{n\,45\,°C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cuadro 1.ª planta											
Q_{Q1}	162,10			3+N	250		INS250	250,00			
Tomas de corriente											
Q_{c2}	32,79		42,63	3+N	80	C	NG125	76,50	86,45	0,56	
Q_{c9}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{c3}	17,00		22,10	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	1,20	>1.000"
Q_{c4}	16,70		21,71	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	1,18	
Q_{c8}	15,75		20,48	1	20	C	C60H	18,40	20,79	1,11	
Q_{c5}	0,50		0,65	1+N	1	B	C60H	0,95	1,07	0,68	
Q_{c6}	0,50		0,65	1+N	1	B	C60H	0,95	1,07	0,68	
Q_{c7}	1		1,30	1+N	2	B	C60H	1,87	2,11	0,70	
Alumbrado											
Q_{l2}	23,53		30,59	3+N	100	C	NG125N	96,00	108,48	0,32	
Q_{l9}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{l8}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{l6}	26,74	10,84	35,41	3	32	C	C60L	29,80	33,67	1,19	>200"
Q_{l7}	5		6,50	1+N	6	B	C60H	5,64	6,37	1,15	>800"
Q_{l5}	7,05		19,74	3+N	25	B	C60L	24,20	27,35	0,29	
Q_{l3}	19,44	23,62	33,34	3+N	32	C	C60H	29,80	35,03	1,08	
Q_{l4}	18,78	22,82	32,21	3+N	32	C	C60H	29,80	35,03	1,04	
Acondicionamiento											
Q_{A2}	131,98		171,57	3+N	160		Compact	156,00	163,80	1,10	>1.000"
Q_{A11}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{A10}	0,50		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{A8}	57,8	21,68	75,14	3	80	C	C120L	76,50	86,45	0,98	
Q_{A9}	5		6,50	1+N	6	B	C60H	5,64	6,37	1,15	>800"
Q_{A3}	9,80		29,40	3+N	25	C	C60H	23	25,99	1,28	>200"
Q_{A4}	7,90		23,70	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	1,29	>200"
Q_{A5}	115,20			3+N	125		INS125	125,00			
$Q_{A5/1}$	59,60		298,00	3+N	125	C	NG125N	120,00	135,60	2,48	>10"
$Q_{A5/2}$	59,60		298,00	3+N	125	C	NG125N	120,00	135,60	2,48	>10"
Q_{A6}	3		9,00	1+N	10	C	C60H	9,60	9	0,94	
Q_{A7}	3		9,00	2+N	10	C	C60H	9,60	9	0,94	

Tabla L6.4-513: *protecciones a las salidas del cuadro de la 1.ª planta TT.*

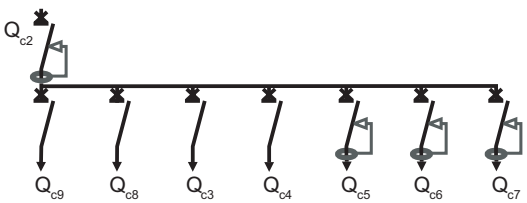
■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.
■ Columna 3.ª:
□ La intensidad del mayor escalón para los interruptores de control de baterías de condensadores.
□ La intensidad fundamental + la tasa de armónicos THDI.
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de la punta de arranque del orden de 1,3 I_B para los interruptores generales de línea.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 °C.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático:
□ Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
□ Para los interruptores de carril simétrico o caja moldeada, según norma IEC 947-1, la intensidad de no desconexión es 1,05 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 63 A y dos horas para los mayores de 63 A.
Esta intensidad deben poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático:
□ Para las baterías de compensación, consideramos el valor de la intensidad de punta de arranque como la intensidad de servicio más la intensidad de punta del escalón mayor.
□ Para las líneas con armónicos, consideramos 1,5 veces la intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI.
Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n a 45 °C). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.
Los valores iguales o inferiores a 1,13 o 1,05, corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los tiempos son superiores a diez segundos, suficientes para las posibles realidades de las cargas.

Contrastación del I^2t
Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450.

Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.
Los interruptores Q_{c2} y Q_{I2} corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.
El interruptor Q_{A2} corresponde a un aparato de la norma IEC 947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés magnetotérmicos TM160 D, adecuados para la protección de líneas.
■ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación $I_r = 1\ I_n = 160$ A 40 °C, 156 A 45 °C.
■ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo largo).
Para el calibre de 160 la I_m es fija a un valor de 1.250 A con una desviación del 10% (1.125 A - 1.375 A).



Línea para las tomas de corriente

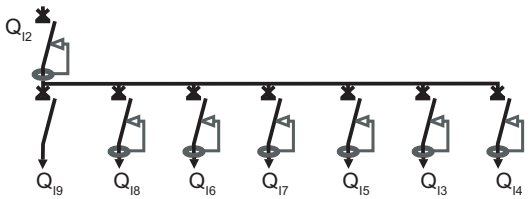


■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{c2}/Q_{c9} = 76,50 A/18,40 A = 4,15	Q_{c2}/Q_{c9} = 400 A/100 A = 4
Q_{c2}/Q_{c3} = 76,50 A/19,40 A = 3,94	Q_{c2}/Q_{c3} = 400 A/100 A = 4
Q_{c2}/Q_{c4} = 76,50 A/19,40 A = 3,94	Q_{c2}/Q_{c4} = 400 A/100 A = 4
Q_{c2}/Q_{c8} = 76,50 A/18,40 A = 4,15	Q_{c2}/Q_{c8} = 400 A/100 A = 4
Q_{c2}/Q_{c5} = 76,50 A/0,95 A = 80,52	Q_{c2}/Q_{c5} = 400 A/3 A = 133
Q_{c2}/Q_{c6} = 76,50 A/0,95 A = 80,52	Q_{c2}/Q_{c6} = 400 A/3 A = 133
Q_{c2}/Q_{c7} = 76,50 A/1,87 A = 40,90	Q_{c2}/Q_{c7} = 400 A/6 A = 66

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito.
Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total para los interruptores automáticos Q_{c05}, Q_{c06}, Q_{c07}, para el resto de interruptores Q_{c09}, Q_{c03}, Q_{c04}, Q_{c08} la selectividad es total hasta cortocircuitos de 3.600 A.

Línea para el alumbrado



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{I2}/Q_{I9} = 96 A/18,40 A = 5,21
Q_{I2}/Q_{I8} = 96 A/2,70 A = 35,55
Q_{I2}/Q_{I6} = 96 A/29,80 A = 3,22
Q_{I2}/Q_{I7} = 96 A/5,64 A = 17,02
Q_{I2}/Q_{I5} = 96 A/24,20 A = 3,96
Q_{I2}/Q_{I3} = 96 A/29,80 A = 3,22
Q_{I2}/Q_{I4} = 96 A/29,80 A = 3,22

□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{I2}/Q_{I9} = 500 A/100 A = 5
Q_{I2}/Q_{I8} = 500 A/9 A = 55
Q_{I2}/Q_{I6} = 500 A/64 A = 7,81
Q_{I2}/Q_{I7} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{I2}/Q_{I5} = 500 A/75 A = 6,66
Q_{I2}/Q_{I3} = 500 A/64 A = 7,81
Q_{I2}/Q_{I4} = 500 A/64 A = 7,81

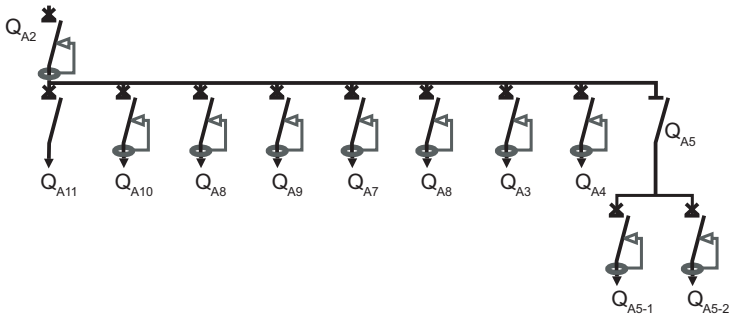
■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01:

□ Para Q_{I9} selectividad total hasta una I_{cc} = 5.500 A.
□ Para Q_{I8} selectividad total.
□ Para Q_{I6} selectiviad total hasta una I_{cc} = 2.500 A.
□ Para Q_{I7} selectividad total.
□ Para Q_{I5} selectividad total hasta una I_{cc} = 3.500 A.
□ Para Q_{I3} selectividad total hasta una I_{cc} = 2.500 A.
□ Para Q_{I4} selectividad total hasta una I_{cc} = 2.500 A.

Línea para el acondicionamiento



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{A2}/Q_{A11} = 156 A/18,40 A = 8,47
Q_{A2}/Q_{A10} = 156 A/2,70 A = 57,77
Q_{A2}/Q_{A8} = 156 A/76,50 A = 2,03
Q_{A2}/Q_{A9} = 156 A/5,64 A = 27,65
Q_{A2}/Q_{A3} = 156 A/23 A = 6,78

□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{A2}/Q_{A11} = 1.125 A/100 A = 8,47
Q_{A2}/Q_{A10} = 1.125 A/15 A = 57,77
Q_{A2}/Q_{A8} = 1.125 A/400 A = 2,03
Q_{A2}/Q_{A9} = 1.125 A/30 A = 27,65
Q_{A2}/Q_{A3} = 1.125 A/125 A = 6,78

Q_{A2}/Q_{A4} = 156 A/18,40 A = 8,47
$Q_{A2}/Q_{A5/1}$ = 156 A/120 A = 1,3
$Q_{A2}/Q_{A5/2}$ = 156 A/120 A = 1,3
Q_{A2}/Q_{A6} = 156 A/9,60 A = 16,25
Q_{A2}/Q_{A7} = 156 A/9,60 A = 16,25

Q_{A2}/Q_{A4} = 1.125 A/100 A = 8,47
$Q_{A2}/Q_{A5/1}$ = 1.125 A/625 A = 1,8
$Q_{A2}/Q_{A5/2}$ = 1.125 A/625 A = 1,8
Q_{A2}/Q_{A6} = 1.125 A/50 A = 22,5
Q_{A2}/Q_{A7} = 1.125 A/50 A = 22,5

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto para los interruptores $Q_{A5/1}$ y $Q_{A5/2}$, que la relación es de 1,3 . Pero si observamos las características de desconexión de los interruptores NG125 curva C y la de la característica del Compact TM160 D, veremos que a 2 I_n:

□ NG125 curva C la desconexión está entre 20" y 200".

□ Compact relé TM160D la desconexión está entre 100" y 1.500".

En estas condiciones y con un desplazamiento de 1,3 difícilmente pueden coincidir las desconexiones de tiempo corto.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto para los interruptores $Q_{A5/1}$ y $Q_{A5/2}$, que la relación es de 1,8. Pero si observamos las características de desconexión de los interruptores NG125 curva C y la de la característica del Compact TM160 D, veremos que:

□ El interruptor NG125 curva C ha de desconectar entre 625 A y 1.250 A.

□ El interruptor Compact relé TM160D es fijo a 1.250 A.

Difícilmente coincidirán puesto que los relés del interruptor NG125 curva C no acostumbran a superar los 8 I_n - 1.000 A.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01.

Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total, excepto con los interruptores $Q_{A5/1}$ y $Q_{A5/2}$, pero si cae la generación de calorías y frigorías tiene cierta lógica que el resto de la instalación también caiga, en caso de cortocircuito.

Cuadro de la 2.ª planta (TT)

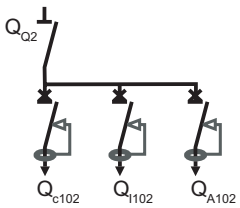
En la segunda planta disponemos de tres alimentaciones:

■ Entrada a través de seccionador Q_{Q2}.

■ Alimentación a las líneas de tomas de corriente Q_{c102}.

■ Alimentación a las líneas de alumbrado Q_{l102}.

■ Alimentación a las líneas de acondicionamiento Q_{A102}.



Interruptor automático											
Ref.	I_B			P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_r/I_{n\,45\,°C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cuadro 2.ª planta											
Q_{Q2}	179,91		233,88		250		INS250	250,00			
Tomas de corriente											
Q_{c102}	33,20		43,16	3+N	100	C	NG125	96	108,48	0,45	
Q_{c109}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{c103}	12,70		16,51	3+N	16	C	C60H	14,70	20,79	0,90	
Q_{c104}	26,70		34,71	3+N	32	C	C60H	29,8	33,67	1,16	>1.000"
Q_{c108}	13,75		17,88	1	16	C	C60H	14,7	16,61	1,22	>100"
Q_{c107}	1		1,30	1+N	2	B	C60H	1,87	2,11	0,70	
Q_{c105}	1		1,30	1+N	2	B	C60H	1,87	2,11	0,70	
Q_{c106}	1		1,30	1+N	2	B	C60H	1,87	2,11	0,70	
Q_{c110}	5,2		6,24	3+N	10	C	C60H	9,00	10,17	0,69	
Alumbrado											
Q_{l102}	28,03		36,44	3+N	80	C	NC125	76,50	86,45	0,48	
Q_{l109}				3+N	20	C	C60H	18,40	20,79		
Q_{l108}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{l107}	5		6,50	1+N	6	B	C60H	5,64	6,37	1,15	>800"
Q_{l106}	21,39	10,70	29,95	3	25	C	C60L	23,00	25,99	1,77	>20"
Q_{l105}	6,91		19,35		25	B	C60L	23,00	25,99	0,3	
Q_{l103}	14,83	18,02	40,26	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	2,19	>10"
Q_{l104}	13,63	16,56	37,01	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	2,01	>10"
Acondicionamiento											
Q_{A102}	127,30		165,54	3+N	180		Compact	175,00	183,75	0,98	
Q_{A110}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{A109}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{A107}	57,80	21,68	75,14	3	80	C	C120L	76,50	86,45	1,27	>200"
Q_{A108}	5		6,50	1+N	6	B	C60H	5,64	6,37	1,15	>800"
Q_{A103}	1		7,00	1+N	10	C	C60H	9,6	10,85	0,73	
Q_{A104}	1		7,00	1+N	10	C	C60H	9,6	10,85	0,73	
Q_{V106}	1,60		4,80	3+N	10	C	C60H	9,6	10,85	0,50	
Q_{A105}	127,30			3+N	160		INS160				
Q_{A105-1}	63,9		319,50	3+N	125	C	NG125N	120	135,60	2,66	>8"
Q_{A105-2}	63,9		319,50	3+N	125	C	NG125N	120	135,60	2,66	>8"

Tabla L6.4-514: *protecciones a las salidas del cuadro de la segunda planta TT.*

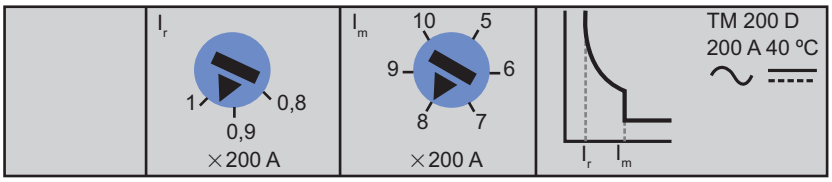
■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.
■ Columna 3.ª:
□ La intensidad del mayor escalón para los interruptores de control de baterías de condensadores.
□ La intensidad fundamental + la tasa de armónicos THDI.
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de la punta de arranque del orden de 1,3 I_B para los interruptores generales de línea.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.

■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo 45 °C.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático:
□ Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
□ Para los interruptores de carril simétrico o caja moldeada, según norma IEC 947-1, la intensidad de no desconexión es 1,05 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 63 A y dos horas para los mayores de 63 A.
Esta intensidad deben poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático:
□ Para las baterías de compensación, consideramos el valor de la intensidad de punta de arranque como la intensidad de servicio más la intensidad de punta del escalón mayor.
□ Para las líneas con armónicos, consideramos 1,5 veces la intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI.
Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n a 45 °C). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.
Los valores iguales o inferiores a 1,13 o 1,05, corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los tiempos son superiores a ocho segundos, suficientes para las posibles realidades de las cargas.

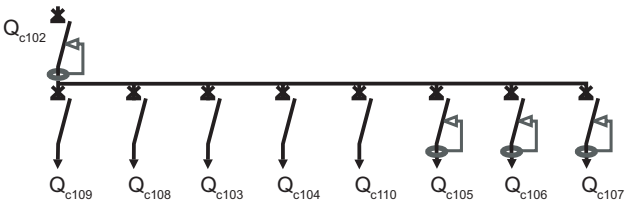
Contrastación del I^2t

Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.
Los interruptores Q_{c102} y Q_{I102} corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.
El interruptor Q_{A102} corresponde a un aparato de la norma IEC 947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés magnetotérmicos TM200D, adecuados para la protección de líneas.
■ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación I_r = 0,9 I_n = 180 A 40 °C, 175 A 45 °C.

■ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).
Para el calibre de 200 la I_m es regulable de 1 a 10 I_n, si regulamos a ocho veces tendremos $I_m = 8 \cdot 200\ A = 1.600\ A$. La precisión es de ±10% (1.440 A - 1.760 A).



Línea para las tomas de corriente



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
$Q_{c102}/Q_{c109} = 96\ A/18,40\ A = 5,21$
$Q_{c102}/Q_{c103} = 96\ A/14,70\ A = 6,53$
$Q_{c102}/Q_{c104} = 96\ A/29,80\ A = 3,22$
$Q_{c102}/Q_{c108} = 96\ A/14,70\ A = 6,53$
$Q_{c102}/Q_{c107} = 96\ A/1,87\ A = 51,33$
$Q_{c102}/Q_{c105} = 96\ A/1,87\ A = 51,33$
$Q_{c102}/Q_{c106} = 96\ A/1,87\ A = 51,33$
$Q_{c102}/Q_{c110} = 96\ A/9\ A = 10,66$

□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{c102}/Q_{c109} = 625\ A/100\ A = 6,25$
$Q_{c102}/Q_{c103} = 625\ A/80\ A = 7,81$
$Q_{c102}/Q_{c104} = 625\ A/160\ A = 3,90$
$Q_{c102}/Q_{c108} = 625\ A/80\ A = 7,81$
$Q_{c102}/Q_{c107} = 625\ A/6\ A = 104,16$
$Q_{c102}/Q_{c105} = 625\ A/6\ A = 104,16$
$Q_{c102}/Q_{c106} = 625\ A/6\ A = 104,16$
$Q_{c102}/Q_{c110} = 625\ A/50\ A = 12,50$

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

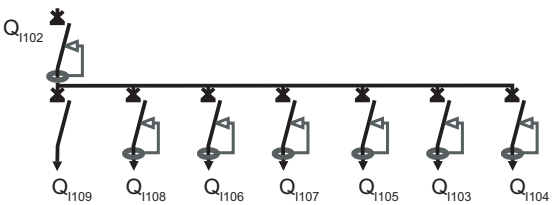
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total para todos los interruptores automáticos, excepto:

□ Para el Q_{c09}, que es selectivo hasta una intensidad $I_{cc} = 5.500\ A$.

□ Para el Q_{c04}, que es selectivo hasta una intensidad $I_{cc} = 2.500\ A$.

Línea para el alumbrado



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
$Q_{I102}/Q_{I109} = 76,50\ A/18,40\ A = 4,15$

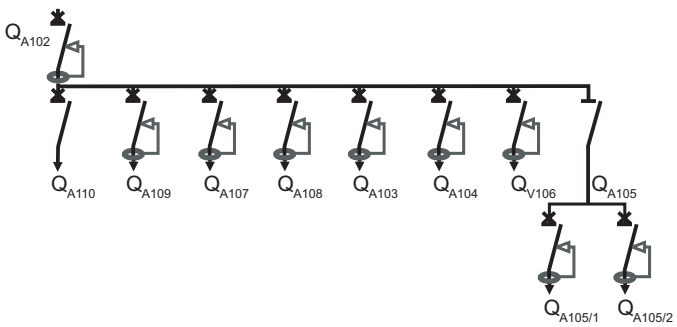
□ Para el tiempo corto de desconexión
$Q_{I102}/Q_{I109} = 400\ A/100\ A = 4$

Q_{I102}/Q_{I108} = 76,50 A/2,70 A = 28,33
Q_{I102}/Q_{I107} = 76,50 A/6,37 A = 12,06
Q_{I102}/Q_{I106} = 76,50 A/23 A = 3,32
Q_{I102}/Q_{I105} = 76,50 A/23 A = 3,32
Q_{I102}/Q_{I103} = 76,50 A/18,40 A = 4,15
Q_{I102}/Q_{I104} = 76,50 A/18,40 A = 4,15

Q_{I102}/Q_{I108} = 400 A/9 A = 44,44
Q_{I102}/Q_{I107} = 400 A/18 A = 22,22
Q_{I102}/Q_{I106} = 400 A/125 A = 3,2
Q_{I102}/Q_{I105} = 400 A/75 A = 5,33
Q_{I102}/Q_{I103} = 400 A/100 A = 4
Q_{I102}/Q_{I104} = 400 A/100 A = 4

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01:
□ Para Q_{I109} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.200 A.
□ Para Q_{I108} selectividad total hasta una I_{cc} = 6.000 A.
□ Para Q_{I107} selectividad total hasta una I_{cc} = 6.000 A.
□ Para Q_{I106} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.000 A.
□ Para Q_{I105} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.000 A.
□ Para Q_{I103} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.200 A.
□ Para Q_{I104} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.200 A.

Línea para el acondicionamiento



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{A102}/Q_{A110} = 175 A/18,40 A = 9,51
Q_{A102}/Q_{A109} = 175 A/2,70 A = 64,81
Q_{A102}/Q_{A107} = 175 A/76,5 A = 2,28
Q_{A102}/Q_{A108} = 175 A/5,64 A = 31,02
Q_{A102}/Q_{A103} = 175 A/9,60 A = 18,22
Q_{A102}/Q_{A104} = 175 A/9,60 A = 18,22
Q_{A102}/Q_{V106} = 175 A/9,60 A = 18,22
Q_{A102}/Q_{A105-1} = 175 A/120 A = 1,45
Q_{A102}/Q_{A105-2} = 175 A/120 A = 1,45

□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{A102}/Q_{A110} = 1.600 A/100 A = 16
Q_{A102}/Q_{A109} = 1.600 A/9 A = 177,77
Q_{A102}/Q_{A107} = 1.600 A/400 A = 4
Q_{A102}/Q_{A108} = 1.600 A/18 A = 88,88
Q_{A102}/Q_{A103} = 1.600 A/50 A = 32
Q_{A102}/Q_{A104} = 1.600 A/50 A = 32
Q_{A102}/Q_{V106} = 1.600 A/50 A = 32
Q_{A102}/Q_{A105-1} = 1.600 A/625 A = 2,56
Q_{A102}/Q_{A105-2} = 1.600 A/625 A = 2,56

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto para los interruptores $Q_{A105/1}$ y $Q_{A105/2}$, que la relación es de 1,3. Pero si observamos las características de desconexión de los interruptores NG125 curva C y la de la característica del Compact TM200D, veremos que a 2 I_n: NG125 curva C la desconexión está entre 20” y 200”, y Compact relé TM200D la desconexión está entre 100” y 1.500”.

En estas condiciones y con un desplazamiento de 1,45 difícilmente pueden coincidir las desconexiones de tiempo largo.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

Cuadro de la 3.ª planta (TT)

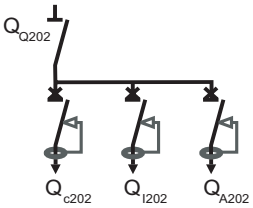
En la tercera planta disponemos de tres alimentaciones:

■ Entrada a través de seccionador Q_{Q202}.

■ Alimentación a las líneas de tomas de corriente Q_{c202}.

■ Alimentación a las líneas de alumbrado Q_{l202}.

■ Alimentación a las líneas de acondicionamiento Q_{A202}.



■ Columna 1.ª.

La referencia del interruptor automático.

■ Columna 2.ª.

La mayor intensidad de circulación por una fase.

■ Columna 3.ª:

□ La intensidad del mayor escalón para los interruptores de control de baterías de condensadores.

□ La intensidad fundamental + la tasa de armónicos THDI.

■ Columna 4.ª.

Valor estimado de la punta de arranque del orden de 1,3 I_B para los interruptores generales de línea.

■ Columna 5.ª.

Número de polos de la carga o línea.

■ Columna 6.ª.

Intensidad nominal del interruptor automático considerado.

■ Columna 7.ª.

Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.

■ Columna 8.ª.

Referencia comercial del interruptor automático elegido.

■ Columna 9.ª.

Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo de 45 °C.

■ Columna 10.ª.

Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático:

□ Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.

□ Para los interruptores de carril simétrico o caja moldeada, según norma IEC 947-1, la intensidad de no desconexión es 1,05 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 63 A y dos horas para los mayores de 63 A.

Esta intensidad deben poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.

Interruptor automático											
Ref.	I_B			P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_r/I_{n\,45\,°C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cuadro 3.ª planta											
Q_{Q3}	179,91		233,88		250		INS250	250,00			
Tomas de corriente											
Q_{c202}	33,20		43,16	3+N	100	C	NG125	96	108,48	0,45	
Q_{c209}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{c203}	12,70		16,51	3+N	16	C	C60H	14,70	20,79	0,90	
Q_{c204}	26,70		34,71	3+N	32	C	C60H	29,8	33,67	1,16	>1.000"
Q_{c208}	13,75		17,88	1	16	C	C60H	14,7	16,61	1,22	>100"
Q_{c207}	1		1,30	1+N	2	B	C60H	1,87	2,11	0,70	
Q_{c205}	1		1,30	1+N	2	B	C60H	1,87	2,11	0,70	
Q_{c206}	1		1,30	1+N	2	B	C60H	1,87	2,11	0,70	
Q_{c210}	5,2		6,24	3+N	10	C	C60H	9,00	10,17	0,69	
Alumbrado											
Q_{l202}	28,03		36,44	3+N	80	C	NC125	76,50	86,45	0,48	
Q_{l209}				3+N	20	C	C60H	18,40	20,79		
Q_{l208}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{l207}	5		6,50	1+N	6	B	C60H	5,64	6,37	1,15	>800"
Q_{l206}	21,39	10,70	29,95	3	25	C	C60L	23,00	25,99	1,77	>20"
Q_{l205}	6,91		19,35		25	B	C60L	23,00	25,99	0,3	
Q_{l203}	14,83	18,02	40,26	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	2,19	>10"
Q_{l204}	13,63	16,56	37,01	3+N	20	C	C60H	18,40	20,79	2,01	>10"
Acondicionamiento											
Q_{A202}	127,30		165,54	3+N	180		Compact	175,00	183,75	0,98	
Q_{A210}				3+N	20	C	C60H	18,40			
Q_{A209}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60H	2,70	3,05	0,22	
Q_{A207}	57,80	21,68	75,14	3	80	C	C120L	76,50	86,45	1,27	>200"
Q_{A208}	5		6,50	1+N	6	B	C60H	5,64	6,37	1,15	>800"
Q_{A203}	1		7,00	1+N	10	C	C60H	9,6	10,85	0,73	
Q_{A204}	1		7,00	1+N	10	C	C60H	9,6	10,85	0,73	
Q_{V206}	1,60		4,80	3+N	10	C	C60H	9,6	10,85	0,50	
Q_{A205}	127,30			3+N	160		INS160				
$Q_{A205\text{-}1}$	63,9		319,50	3+N	125	C	NG125N	120	135,60	2,66	>8"
$Q_{A205\text{-}2}$	63,9		319,50	3+N	125	C	NG125N	120	135,60	2,66	>8"

Tabla L6.4-515: *protecciones a las salidas del cuadro de la tercera planta TT.*

■ Columna 11.ª

Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático:

□ Para las baterías de compensación, consideramos el valor de la intensidad de punta de arranque como la intensidad de servicio más la intensidad de punta del escalón mayor.

□ Para las líneas con armónicos, consideramos 1,5 veces la intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI.

Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n a 45 °C). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.

Los valores iguales o inferiores a 1,13 o 1,05, corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.

■ Columna 12.ª.

Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.

Los tiempos son superiores a ocho segundos, suficientes para las posibles realidades de las cargas.

Contrastación del I^2t

Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

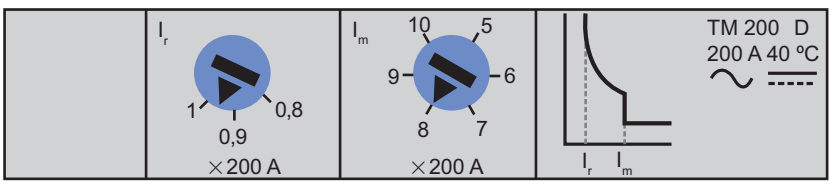
Los interruptores Q_{c202} y Q_{I202} corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.

El interruptor Q_{A202} corresponde a un aparato de la norma IEC 947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tio Compact con bloque de relés magnetotérmicos TM200D, adecuados para la protección de líneas:

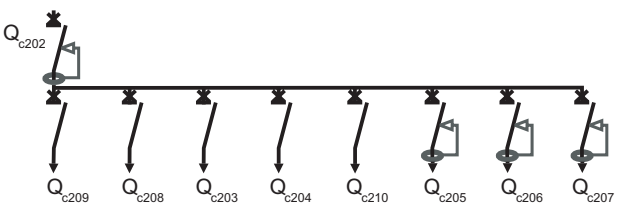
■ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).

Intensidad de regulación $I_r = 0{,}9\ I_n = 180$ A 40 °C, 175 A 45 °C.

■ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto). Para el calibre de 200 la I_m es regulable de 1 a 10 I_n, si regulamos a ocho veces tendremos $I_m = 8 \cdot 200$ A = 1.600 A. La precisión es de ±10% (1.440 A - 1.760 A).



Línea para las tomas de corriente



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{c202}/Q_{c209} = 96 A/18,40 A = 5,21	Q_{c202}/Q_{c209} = 625 A/100 A = 6,25
Q_{c202}/Q_{c203} = 96 A/14,70 A = 6,53	Q_{c202}/Q_{c203} = 625 A/80 A = 7,81
Q_{c202}/Q_{c204} = 96 A/29,80 A = 3,22	Q_{c202}/Q_{c204} = 625 A/160 A = 3,90
Q_{c202}/Q_{c208} = 96 A/14,70 A = 6,53	Q_{c202}/Q_{c208} = 625 A/80 A = 7,81
Q_{c202}/Q_{c207} = 96 A/1,87 A = 51,33	Q_{c202}/Q_{c207} = 625 A/6 A = 104,16
Q_{c202}/Q_{c205} = 96 A/1,87 A = 51,33	Q_{c202}/Q_{c205} = 625 A/6 A = 104,16
Q_{c202}/Q_{c206} = 96 A/1,87 A = 51,33	Q_{c202}/Q_{c206} = 625 A/6 A = 104,16
Q_{c202}/Q_{c210} = 96 A/9 A = 10,66	Q_{c202}/Q_{c210} = 625 A/50 A = 12,50

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

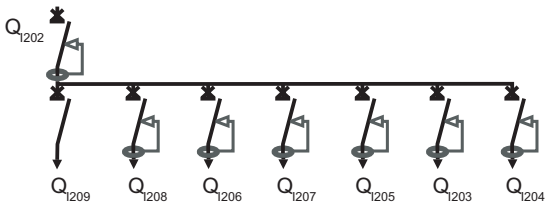
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total para todos los interruptores automáticos, excepto:

□ Para el Q_{c209}, que es selectivo hasta una intensidad I_{cc} = 5.500 A.

□ Para el Q_{c204}, que es selectivo hasta una intensidad I_{cc} = 2.500 A.

Línea para el alumbrado



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{I202}/Q_{I209} = 76,50 A/18,40 A = 4,15
Q_{I202}/Q_{I208} = 76,50 A/2,70 A = 28,33
Q_{I202}/Q_{I207} = 76,50 A/6,37 A = 12,06
Q_{I202}/Q_{I206} = 76,50 A/23 A = 3,32
Q_{I202}/Q_{I205} = 76,50 A/23 A = 3,32
Q_{I202}/Q_{I203} = 76,50 A/18,40 A = 4,15
Q_{I202}/Q_{I204} = 76,50 A/18,40 A = 4,15

□ Para el tiempo corto de desconexión

Q_{I202}/Q_{I209} = 400 A/100 A = 4
Q_{I202}/Q_{I208} = 400 A/9 A = 44,44
Q_{I202}/Q_{I207} = 400 A/18 A = 22,22
Q_{I202}/Q_{I206} = 400 A/125 A = 3,2
Q_{I202}/Q_{I205} = 400 A/75 A = 5,33
Q_{I202}/Q_{I203} = 400 A/100 A = 4
Q_{I202}/Q_{I204} = 400 A/100 A = 4

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01:

□ Para Q_{I209} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.200 A.

□ Para Q_{I208} selectividad total hasta una I_{cc} = 6.000 A.

□ Para Q_{I207} selectividad total hasta una I_{cc} = 6.000 A.

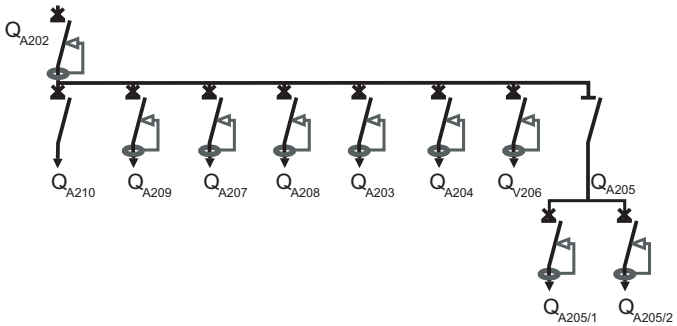
□ Para Q_{I206} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.000 A.

□ Para Q_{I205} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.000 A.

□ Para Q_{I203} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.200 A.

□ Para Q_{I204} selectividad total hasta una I_{cc} = 1.200 A.

Línea para el acondicionamiento



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{A202}/Q_{A210} = 175 A/18,40 A = 9,51
Q_{A202}/Q_{A209} = 175 A/2,70 A = 64,81
Q_{A202}/Q_{A207} = 175 A/76,5 A = 2,28
Q_{A202}/Q_{A208} = 175 A/5,64 A = 31,02
Q_{A202}/Q_{A203} = 175 A/9,60 A = 18,22
Q_{A202}/Q_{A204} = 175 A/9,60 A = 18,22
Q_{A202}/Q_{V206} = 175 A/9,60 A = 18,22
Q_{A202}/Q_{A205-1} = 175 A/120 A = 1,45
Q_{A202}/Q_{A205-2} = 175 A/120 A = 1,45

□ Para el tiempo corto de desconexión

Q_{A202}/Q_{A210} = 1.600 A/100 A = 16
Q_{A202}/Q_{A209} = 1.600 A/9 A = 177,77
Q_{A202}/Q_{A207} = 1.600 A/400 A = 4
Q_{A202}/Q_{A208} = 1.600 A/18 A = 88,88
Q_{A202}/Q_{A203} = 1.600 A/50 A = 32
Q_{A202}/Q_{A204} = 1.600 A/50 A = 32
Q_{A202}/Q_{V206} = 1.600 A/50 A = 32
Q_{A202}/Q_{A205-1} = 1.600 A/625 A = 2,56
Q_{A202}/Q_{A205-2} = 1.600 A/625 A = 2,56

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto para los interruptores $Q_{A205/1}$ y $Q_{A205/2}$, que la relación es de 1,3. Pero si observamos las características de desconexión de los interruptores NG125 curva C y la de la característica del Compact TM200D, veremos que a 2 I_n:

□ NG125 curva C la desconexión está entre 20" y 200".

□ Compact relé TM200D la desconexión está entre 100" y 1.500".

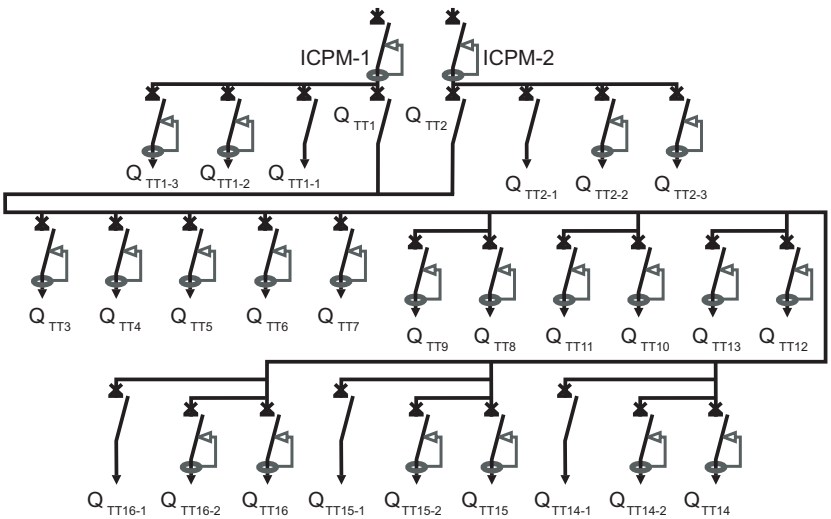
En estas condiciones y con un desplazamiento de 1,45 difícilmente pueden coincidir las desconexiones de tiempo largo.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

L
6.4

Cuadro General de Baja Tensión CGBT (TT)



Interruptor automático											
Ref.	I_B			P	I_n			I_n 45 °C	1,13 I_n	$I_r/I_{n\,45\,°C}$	T no D seg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q_{TT1/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT1/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
$Q_{TT1/3}$	5		6,50	1+N	6	B	C60L	5,88	6,64	1,11	
Q_{TT1}	563,2		675,78	3+N	630		Compact	615	645,75	1,10	>1.000"
$Q_{TT2/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT2/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
$Q_{TT2/3}$	5		6,50	1+N	6	B	C60L	5,88	6,64	1,11	
Q_{TT2}	563,2		675,78	3+N	630		Compact	615	645,75	1,10	>1.000"
Q_{TT3}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT4}	97,11	32,37	123,01	3	125	C	NG125L	120,00	135,60	1,29	>200"
Q_{TT5}	5		6,50	1+N	6	B	C60L	5,88	6,64	1,11	
Q_{TT6}				3+N	100		Compact	96,00	100,80		
Q_{TT7}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT9}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT8}	184,7		221,68	3+N	250		Compact	198	223,74	1,12	>1.000"
Q_{TT11}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT10}	179,9		215,89	3+N	250		Compact	187	211,31	1,15	>1.000"
Q_{TT13}	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT12}	179,9		215,89	3+N	250		Compact	187	211,31	1,15	>1.000"
$Q_{TT14/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT14/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT14}	164		196,80	3+N			Compact	176,00	198,88	1,12	
$Q_{TT15/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT15/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT15}	164		196,80	3+N			Compact	176,00	198,88	1,12	
$Q_{TT16/1}$				3+N	20	C	C60L	19,40			
$Q_{TT16/2}$	0,5		0,60	3+N	3	B	C60L	2,88	3,25	0,21	
Q_{TT16}	164		196,80	3+N			Compact	176,00	198,88	1,12	

Tabla L6.4-516: *protecciones a las salidas del cuadro general TT (CGBT).*

■ Columna 1.ª.
La referencia del interruptor automático.
■ Columna 2.ª.
La mayor intensidad de circulación por una fase.
■ Columna 3.ª:
□ La intensidad del mayor escalón para los interruptores de control de baterías de condensadores.
□ La intensidad fundamental + la tasa de armónicos THDI, en los puntos correspondientes.
■ Columna 4.ª.
Valor estimado de la punta de arranque del orden de 1,3 I_B para los interruptores generales de línea.
■ Columna 5.ª.
Número de polos de la carga o línea.
■ Columna 6.ª.
Intensidad nominal del interruptor automático considerado.
■ Columna 7.ª.
Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.

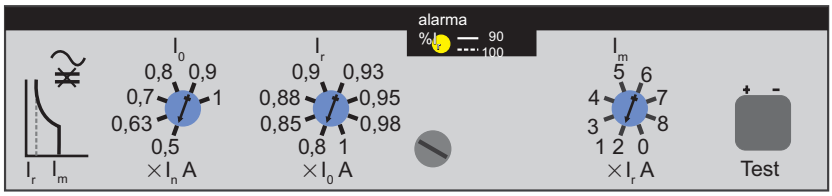
■ Columna 8.ª.
Referencia comercial del interruptor automático elegido.
■ Columna 9.ª.
Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo de 45 °C.
■ Columna 10.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático:
□ Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
□ Para los interruptores de carril simétrico o caja moldeada, según norma IEC 947-1, la intensidad de no desconexión es 1,05 I_n, el ensayo dura una hora para intensidades hasta 63 A y dos horas para los mayores de 63 A.
Esta intensidad debe poderla soportar permanentemente tanto las cargas como las líneas aguas abajo del interruptor automático.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático:
□ Para las baterías de compensación, consideramos el valor de la intensidad de punta de arranque como la intensidad de servicio más la intensidad de punta del escalón mayor.
□ Para las líneas con armónicos, consideramos 1,5 veces la intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI.
Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n a 45 °C). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.
Los valores iguales o inferiores a 1,13 o 1,05, corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los tiempos son superiores a doscientos segundos, suficientes para las posibles realidades de las cargas.

Contrastación del I^2t
Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Protecciones aguas arriba de las cargas o líneas

■ Los interruptores Q_{TT1-3}, Q_{TT1-2}, Q_{TT1-1}, Q_{TT2-1}, Q_{TT2-2}, Q_{TT2-3}, Q_{TT3}, Q_{TT4}, Q_{TT5}, Q_{TT7}, Q_{TT9}, Q_{TT8}, Q_{TT11}, Q_{TT13}, Q_{TT14-1}, Q_{TT14-2}, Q_{TT15-1}, Q_{TT15-2}, Q_{TT16-1} y Q_{TT16-2} corresponden a aparatos de la norma EN 60898 de carril simétrico con regulaciones fijas.
■ Los interruptores Q_{TT1}, Q_{TT2},Q_{TT6}, Q_{TT8}, Q_{TT10}, Q_{TT12}, Q_{TT14}, Q_{TT15} y Q_{TT16}, corresponden a aparatos de la norma IEC 947-2 con regulación propia.
■ Los interruptores automáticos Q_{TT14}, Q_{TT15} y Q_{TT16}, destinados a la protección de los SAI. Se trata de interruptores automático de caja moldeada del tio Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas y cargas generales:
□ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación $I_0 = 0,9\ I_n = 225$ A, $I_r = 0,9\ I_0 = 0,8\ I_r = 180$ A 40 ºC, 176 A 45 °C.

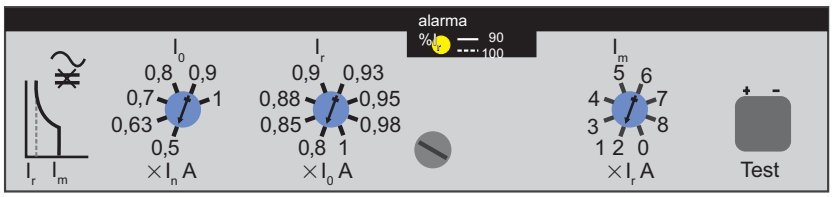
□ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).
Para el calibre de 250 la I_m es regulable de 2 a 10 I_n, los SAI son cargas electrónicas sensibles a las sobreintensidades elevadas, por tanto debemos regular a muy baja intensidad la protección de tiempo corto. Si regulamos a dos veces tendremos: $I_m = 3 \cdot I_r$ A = 540 A. La precisión es de ±10% (486 A - 594 A).



■ Los interruptores automáticos Q_{TT8}, Q_{TT10} y Q_{TT12}, destinados a la protección de las líneas de alimentación de los cuadros de distribución de las plantas. Se trata de interruptores automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas y cargas generales:
□ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación $I_0 = 1\ I_n = 250$ A, $I_r = 1\ I_0 = 250$ A 40 °C, 250 A 45 °C.
□ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).
Para el calibre de 250 la I_m es regulable de 2 a 10 I_n, las cargas son líneas generales, por tanto debemos regular a una intensidad intermedia capaz de superar las puntas de conexión. Si regulamos a siete veces tendremos: $I_m = 10 \cdot I_r$ A = 2.500 A. La precisión es de ±10% (2.250 A - 2.750 A).



■ El interruptor automático Q_{TT6}, destinado a la protección de un compensador activo, del cual desconocemos la intensidad de trabajo y hemos considerado adecuada la protección recomendada por el fabricante, un Compact con relé electrónico de 80 A:
□ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación para Q_{TT8} $I_0 = 0{,}9\ I_n = 90$ A, $I_r = 0{,}9\ I_0 = 81$ A 40 °C, 78 A 45 °C.
□ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).
Para el calibre de 100 A la I_m es regulable de 2 a 10 I_n, la carga electrónica y capacitiva, por tanto debemos regular a una intensidad baja, el fabricante recomienda 2 I_r; $I_m = 2 \cdot 81$ A = 162 A. La precisión es de ±10% (145,8 A - 178,2 A).



■ Los interruptores automáticos Q_{TT1} y Q_{TT2}, destinados a la protección general. Se trata de interruptores automáticos de caja moldeada del tipo Compact con

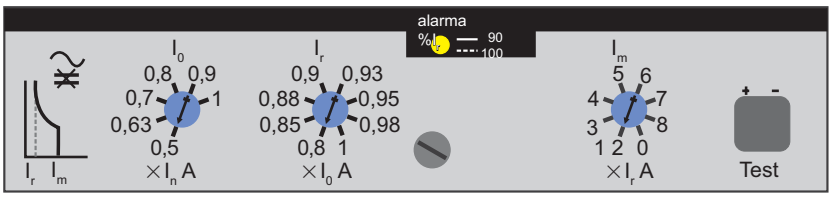
bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas y cargas generales:

□ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).

Intensidad de regulación para Q_{TT1} o Q_{TT2}; $I_0 = 1\ I_n = 630$ A, $I_r = 0{,}95\ I_0 = 598{,}5$ A 40 °C, 593 A 45 °C.

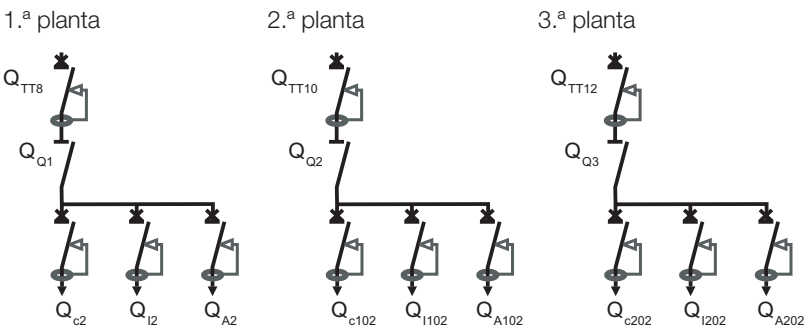
□ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).

Para el calibre de 630 la I_m es regulable de 2 a 10 I_n, las cargas son líneas generales, por tanto debemos regular a una intensidad intermedia capaz de superar las puntas de conexión. Si regulamos a nueve veces tendremos: $I_m = 9 \cdot 598{,}5$ A = 5.386,5 A. La precisión es de ±10% (4.847,85 A - 5.928,45 A).



Línea para las alimentaciones de los cuadros de distribución

Relación con las protecciones inmediatas aguas abajo:



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{TT8}/Q_{c2} = 250 A/76,50 A = 3,26
Q_{TT8}/Q_{I2} = 250 A/96 A = 2,60
Q_{TT8}/Q_{A2} = 250 A/156 A = 1,60
Q_{TT10}/Q_{c102} = 250 A/96 A = 2,60
Q_{TT10}/Q_{I102} = 250 A/76,50 A = 3,26
Q_{TT10}/Q_{A102} = 250 A/175 A = 1,42
Q_{TT12}/Q_{c202}= 250 A/96 A = 2,60
Q_{TT12}/Q_{I202} = 250 A/76,50 A = 3,26
Q_{TT12}/Q_{A202}= 250 A/175 A = 1,42

□ Para el tiempo corto de desconexión

Q_{TT8}/Q_{c2} = 2.250 A/400 A = 5,62
Q_{TT8}/Q_{I2} = 2.250 A/500 A = 4,50
Q_{TT8}/Q_{A2} = 2.250 A/1.125 A = 2
Q_{TT10}/Q_{c102} = 2.250 A/500 A = 4,5
Q_{TT10}/Q_{I102} = 2.250 A/400 A = 5,62
Q_{TT10}/Q_{A102} = 2.250 A/1.440 A = 1,56
Q_{TT12}/Q_{c202}= 2.250 A/500 A = 4,50
Q_{TT12}/Q_{I202} = 2.250 A/400 A = 5,62
Q_{TT12}/Q_{A202}= 2.250 A/1.440 A = 1,56

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto para los interruptores Q_{A102} y Q_{A202}, que la relación es de 1,42. Estamos comparando un relé magnetotérmico Compact TM200D, regulado a 175 A con un relé electrónico, a dos veces la intensidad nominal del interruptor Q_{A102} o Q_{A202}; 175 · 2 = 350 A:

□ En el relé TM200D regulado a 175 A desconecta entre 60 y 900".

□ En un relé electrónico regulado a 250 A a 350 A 1,4 veces desconecta entre 150" y 400".

Si nos quedamos en esta observación tenemos la posibilidad de desconexiones conjuntas si el interruptor Q_{A102} o Q_{A202} no desconecta antes de 150". Pero si obsevamos aguas más abajo la necesidad de un interruptor automático Compact con relé TM200D proviene de la línea de acondicionamiento protegida con interruptores automáticos NG125 curva C que a dos veces su intensidad nominal desconectan antes de 200". Difícilmente se producirán coincidencias de desconexión.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto para los interruptores automáticos Q_{A102} o Q_{A202} que la relación es solo de 1,56. Estamos frente a una situación similar a la de tiempo largo, el razonamiento es prácticamente el mismo.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas de selectividad del fabricante nos encontramos que la selectividad existe para cortocircuitos en las líneas de tomas de corriente y alumbrado, pero para la línea de acondicionamiento existe selectividad hasta el cuadro de distribución de planta.
Para un cortocircuito en la zona de acondicionamiento, en el cuadro de distribución de planta, puede existir una desconexión unísona.

Protecciones desde el CGBT a las cargas internas y derivaciones a los cuadros de distribución de plantas y a los SAI (TT)

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{TT1o2}/Q_{TT3} = 615 A/2,88 A = 213,54
Q_{TT1o2}/Q_{TT4} = 615 A/120 A = 5,12
Q_{TT1o2}/Q_{TT5} = 615 A/5,88 A = 104,59
Q_{TT1o2}/Q_{TT6} = 615 A/96 A = 6,40
Q_{TT1o2}/Q_{TT7} = 615 A/3,25 A = 189,23
Q_{TT1o2}/Q_{TT9} = 615 A/3,25 A = 189,23
Q_{TT1o2}/Q_{TT8}= 615 A/198 A = 3,10
Q_{TT1o2}/Q_{TT11} = 615 A/2,88 A = 213,54
Q_{TT1o2}/Q_{TT10}= 615 A/187 A = 3,28
Q_{TT1o2}/Q_{TT13} = 615 A/2,88 A = 213,54
Q_{TT1o2}/Q_{TT12} = 615 A/187 A = 3,28
$Q_{TT1o2}/Q_{TT14/1}$ = 615 A/19,40 A = 31,70
$Q_{TT1o2}/Q_{TT14/2}$ = 615 A/2,88 A = 213,54
Q_{TT1o2}/Q_{TT14} = 615 A/198,88 A = 3,09
$Q_{TT1o2}/Q_{TT15/1}$ = 615 A/19,40 A = 31,70
$Q_{TT1o2}/Q_{TT15/2}$= 615 A/3,25 A = 189,23
Q_{TT1o2}/Q_{TT15} = 615 A/198,88 A = 3,09
$Q_{TT1o2}/Q_{TT16/1}$= 615 A/19,40 A = 31,70
$Q_{TT1o2}/Q_{TT16/2}$ = 615 A/3,25 A = 189,23
Q_{TT1o2}/Q_{TT16}= 615 A/198,88 A = 3,09

□ Para el tiempo corto de desconexión

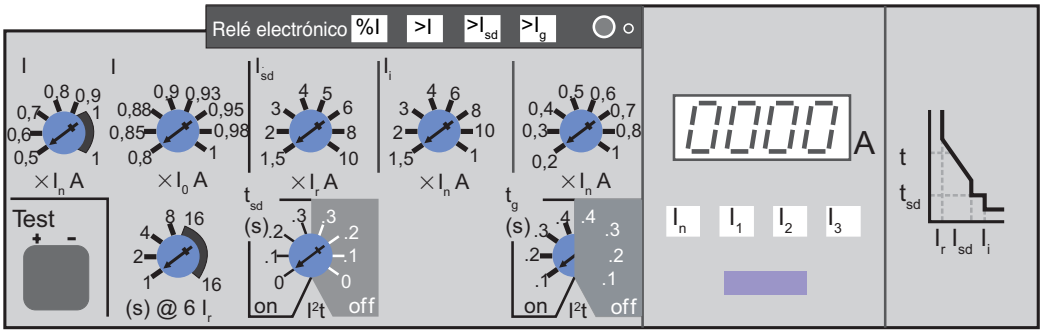
Q_{TT1o2}/Q_{TT3} = 4.847 A/9 A = 538
Q_{TT1o2}/Q_{TT4} = 4.847 A/120 A = 40
Q_{TT1o2}/Q_{TT5} = 4.847 A/18 A = 269
Q_{TT1o2}/Q_{TT6} = 4.847 A/200 A = 24
Q_{TT1o2}/Q_{TT7} = 4.847 A/9 A = 538
Q_{TT1o2}/Q_{TT9} = 4.847 A/9 A = 538
Q_{TT1o2}/Q_{TT8}= 4.847 A/2.250 A = 2,15
Q_{TT1o2}/Q_{TT11} = 4.847 A/9 A = 538
Q_{TT1o2}/Q_{TT10}= 4.847 A/2.250 A = 2,15
Q_{TT1o2}/Q_{TT13} = 4.847 A/9 A = 538
Q_{TT1o2}/Q_{TT12} = 4.847 A/2.250 A = 2,15
$Q_{TT1o2}/Q_{TT14/1}$ = 4.847 A/100 A = 48
$Q_{TT1o2}/Q_{TT14/2}$ = 4.847 A/9 A = 538
Q_{TT1o2}/Q_{TT14} = 4.847 A/486 A = 9,97
$Q_{TT1o2}/Q_{TT15/1}$ = 4.847 A/100 A = 48
$Q_{TT1o2}/Q_{TT15/2}$= 4.847 A/9 A = 538
Q_{TT1o2}/Q_{TT15} = 4.847 A/486 A = 9,97
$Q_{TT1o2}/Q_{TT16/1}$= 4.847 A/100 A = 48
$Q_{TT1o2}/Q_{TT16/2}$ = 4.847 A/9 A = 538
Q_{TT1o2}/Q_{TT16}= 4.847 A/486 A = 9,97

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total para todos los interruptores automáticos.

■ Los interruptores automáticos $ICPM_A$ y $ICPM_B$, destinados al control del consumo por parte de la Cía. suministradora a la protección de la línea hasta el cuadro general CGBT, tanto si la conexión es de la Cía. A o de la Cía. B.
Se trata de interruptores automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas y cargas generales.
Las condiciones de regulación adecuadas para la protección del sistema deberemos negociarlas con las Cías. suministradoras:



□ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación para Q_{ICPM-A} o Q_{ICPM-B}; $I_0 = 1\ I_n = 630$ A, $I_r = 1 \cdot I_0 = 630$ A 40 °C, 615 A 45 °C. Tiempo de retardo en la orden de desconexión 8 seg.
□ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).
Para el calibre de 630 la I_m es regulable de 2 a 10 I_n, las cargas son líneas generales, por tanto debemos regular a una intensidad capaz de ser selectiva con el interruptor aguas a bajo Q_{TT1} o Q_{ITT2}, regulados a 9 I_r ($I_m = 9 \cdot 598{,}5$ A = 5.386,5 A. La precisión es de ±10% (4.847,85 A - 5.928,45 A)). Si regulamos a 10 veces tendremos: $I_m = 10\ I_r = 10 \cdot 630 = 6.300$ A. Esta regulación queda solapada con el interruptor aguas a bajo, por tanto debemos incorporar un retardo de 2 seg.
□ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01.
Según la consulta de las tablas no existe selectividad entre interruptores Compact regulados prácticamente a valores parejos, por tanto debemos retardar el tiempo de desconexión 2 seg.
Con la finalidad de que los conductores sufran el mínimo I^2t posible, podemos incorporar la selectividad lógica ZSI. En este caso debemos cambiar el relé electrónico de los interruptores automáticos Q_{TT1} o Q_{ITT2}, por unidades del relés electrónicos.
■ Selectividad lógica ZSI.
Un hilo piloto conectado a los dos relés de los interruptores Q_{ICPM-A} o Q_{ICPM-B}, Q_{TT1} o Q_{ITT2}, interruptores automáticos en cascada, con regulación de tiempo corto.
La unidad de control del relé electrónico de los interruptores Q_{TT1} o Q_{ITT2}, y la de los Q_{ICPM-A} o Q_{ICPM-B} detectan el defecto; la unidad del relé electrónico de los interruptores Q_{TT1} o Q_{ITT2} informa a la unidad Q_{ICPM-A} o Q_{ICPM-B} que debe respetar las temporizaciones programadas.
La unidad de control del relé electrónico de los interruptores Q_{TT1} o Q_{ITT2} no detecta el defecto y la de los interruptores Q_{ICPM-A} o Q_{ICPM-B} sí; inmediatamente informa a la unidad del relé electrónico de los interruptores Q_{ICPM-A} o Q_{ICPM-B} que no debe respetar las temporizaciones programadas.
Para poder disponer de información incorporaremos una unidad de comunicación COM que a través del sistema Vigilhom comunicaremos los datos al ordenador de control del aislamiento y la calidad de la energía.

Protecciones desde los cuadros de acometida hasta el CGBT

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

ICPM1/Q_{TT1} = 615/615 = 1
ICPM1/Q_{TT1-1} = 615/19,40 = 31,70
ICPM1/Q_{TT1-2} = 615/2,88 = 213,54
ICPM1/Q_{TT1-3} = 615/5,88 = 104,59
ICPM2/Q_{TT2} = 615/615 = 1
ICPM2/Q_{TT2-1} = 615/19,40 = 31,70
ICPM2/Q_{TT2-2} = 615/2,88 = 213,54
ICPM2/Q_{TT2-3} = 615/5,88 = 104,59

□ Para el tiempo corto de desconexión

ICPM1/Q_{TT1} = 5.670/4.847 = 1,16
ICPM1/Q_{TT1-1} = 5.670/100 = 56
ICPM1/Q_{TT1-2} = 5.670/9 = 630
ICPM1/Q_{TT1-3} = 5.670/18 = 315
ICPM2/Q_{TT2} = 5.670/4.847 = 1,16
ICPM2/Q_{TT2-1} = 5.670/100 = 56
ICPM2/Q_{TT2-2} = 5.670/9 = 630
ICPM2/Q_{TT2-3} = 5.670/18 = 315

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con los interruptores Q_{TT1} o Q_{ITT2}, pero disponen de un retardo de 8 segundos pudiendo incrementarse a 16 segundos.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con los interruptores Q_{TT1} o Q_{ITT2}, pero disponen de un retardo de 2 segundos pudiendo incrementarse a 3 segundos en el caso de que no instalasemos la selectividad lógica.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01. Observada la guía la selectividad es total excepto con los interruptores automáticos Q_{TT1} o Q_{ITT2}, pero disponen de un retardo de 2 segundos pudiendo incrementarse a 3 segundos en el caso de que no instalásemos la selectividad lógica.

En el caso de que no se llegara a un acuerdo con las Cías. suministradoras para estas regulaciones, siempre cabe la posibilidad de incrementar un poco la contratación para pasar a un ICPM de 800 A.

Las soluciones a emplear deben ser consideradas con el cliente, lo que se realiza aquí es un ejercicio de posibilidades.

Correlación de las protecciones, las cargas y los conductores de la red de régimen TT

Estos elementos protectores y las características del punto de la instalación las hemos expresado en el cuadro adjunto, del cual describimos la ubicación de los datos en cada columna:

■ 1.ª columna: situamos una figura parcial del esquema indicando los elementos de protección de las cargas y el elemento de protección inmediato, situado aguas arriba.

■ 2.ª columna: situamos la referencia de la caja de derivación de la que depende la protección de la carga correspondiente.

■ 3.ª columna: situamos una referencia de la naturaleza de la carga o del circuito.

■ 4.ª columna: situamos las intensidades fundamentales de consumo en la red o la carga. Esta columna está subdividida en tres para determinar las intensidades de cada fase.

■ 5.ª columna: situamos la tasa (THDI) de armónicos correspondiente a la carga o a la línea.

■ 6.ª columna: situamos las intensidades fundamentales + tasas de armónicos (THDI) de consumo en la red o la carga. Esta columna está subdividida en tres para determinar las intensidades de cada fase.

■ 7.ª columna: indicamos el número de polos de la carga o la línea.

■ 8.ª columna: indicamos la intensidad de cortocircuito de la red (ver Tabla L6.4-438, página L/1270):

a): Definimos la nomenclatura del punto de la red.
b): Indicamos el valor en (A) de la intensidad de cortocircuito efectiva en el punto.
c): Indicamos el valor en (A) de la intensidad de cortocircuito de cresta en el punto.

■ 9.ª columna: nos referimos a las características del interruptor automático:
a): Referencia del interruptor en el esquema.
b): Referencia comercial del interruptor.
c): Intensidad asignada del interruptor.
d): Característica de desconexión del tiempo corto del aparato.
e): Intensidad mínima de desconexión tiempo corto.
f): Intensidad máxima de desconexión tiempo corto.
g): Intensidad de cortocircuito efectiva de corte del interruptor de referencia.
h): Relación entre la intensidad de cortocircuito del punto de la red y la intensidad asignada del interruptor automático.
i): Tiempo de desconexión del interruptor automático en función del número de veces que representa la intensidad de cortocircuito del punto de la red y la intensidad asignada del interruptor automático, una vez situado sobre la característica de desconexión del interruptor automático.
j): Valor del I^2t que el interruptor considerado deja pasar aguas abajo.
■ 10.ª columna: nos referimos a las características de los conductores que cuelgan (aguas abajo) del interruptor automático:
a): Referencia del método de instalación, según la Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
b): Referencia de la naturaleza de los conductores y de sus aislantes, según la Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
c): Número de conductores y sección en mm^2.
d): Intensidad asignada al conductor en función de las características de instalación y la naturaleza del mismo, según la Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
e): Coeficiente térmico en función de la naturaleza del conductor y de sus aislantes.
f): Valor máximo de energía capaz de soportar los conductores aguas abajo del interruptor automático en función de su naturaleza y aislante, según Tabla H1-3-039, página H1/106 del 2.º Volumen.
Este valor debe ser superior a la energía que deja circular el interruptor automático aguas abajo (valor de la columna 9-j).
g): Longitud máxima de conducción que protege el interruptor automático elegido.
La longitud máxima de conducción, capaz de proteger un interruptor automático y referenciado en la columna 10-g, solamente las hemos calculado para situaciones con posibilidad de una longitud considerable de la red aguas abajo. Para las conexiones en los cuadros, con presumibles distancias reducidas, no las hemos calculado. Para un circuito trifásico con neutro a 400 V o monofásico fase más neutro 230 V 50 Hz y para conductortes de sección inferior a 120 mm^2 (1).
Para un circuito de fase + neutro, con los dos conductores iguales:

$$L_{máx.} = 3.400 \frac{S_f}{I_m}.$$

Para un circuito trifásico con neutro, con el neutro de diferente sección de la fase:

$$L_{máx.} = 6.815 \frac{S_f}{I_m} \cdot \frac{1}{1 + m}.$$

Para un circuito trifásico sin neutro: $L_{máx.} = 5.930 \frac{S_f}{I_m}$.

Donde:
S_f: sección de una fase en mm^2.
I_m: valor de la intensidad de desconexión instantánea o de regulación del tiempo corto.
$L_{máx.}$: longitud máxima en (m), que el interruptor automático es capaz de proteger.
m: es la relación entre la sección de la fase y la del neutro.

(1) Para los cálculos, la resistividad del conductor se ha tomado al valor térmico de los conductores en cortocircuito, considerándose por la IEC que equivale a 1,5 veces la resistividad del conductor a 20 °C. Para condutores de cobre superiores a 120 mm^2 la IEC recomienda utilizar los siguientes factores de corrección para tener en cuenta la reactancia:

■ Para secciones > a 150 mm²: R + 15%.
■ Para secciones > a 185 mm²: R + 20%.
■ Para secciones > a 240 mm²: R + 25%.
■ Para secciones > a 300 mm²: R + 30%.

Ver apartado "Método práctico de cálculo de la longitud máxima de conducción que protege un interruptor automático o un fusible", página H1/101 del 2.º Volumen.

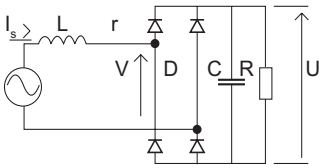
Red de régimen IT

En la red de régimen IT las cargas son fuentes de alimentación de equipos informáticos, CPU, pantallas, impresoras, fotocopiadoras y unas lámparas de descarga en ambiente iodurado para el alumbrado de reemplazamiento y unos puntos luz de alumbrado de emergencia, algunas cargas capacitivas procedentes de las baterías de compensación del factor de potencia y de los compensadores activos.

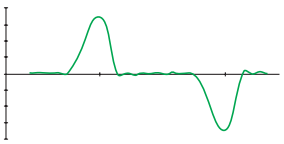
La potencia dominante en las líneas son las fuentes de alimentación para los equipos informáticos. Estas fuentes han ido evolucionando paulatinamente hasta reducirlas a la mínima expresión (mínimo coste), y esto nos ha llevado a las fuentes de alimentación conmutadas, grandes generadoras de armónicos, produciendo una inyección de los mismos, aguas arriba.

Predomina el armónico tercero que es el que más empeora la tensión de la fuente y consecuentemente las cargas alimentadas con una mala calidad de onda se convierten en cargas con mayor deformación (más generadoras de armónicos).

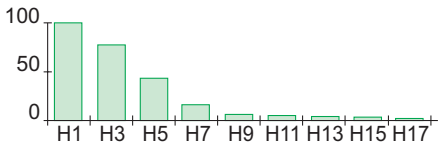
Las cargas tipo RCD: Esquema de principio.



Corriente I_s absorbida
S = 8,5 VA F_c = 2,4 THDI = 93%



Espectro armónico
78% H3, 44% H5, 17% H7...



Hay que destacar la tasa de distorsión global que alcanza el 93%, sin menospreciar el elevado factor de cresta que, en este caso, es del 2,4 y que en ocasiones, este tipo de cargas alcanza el 2,8 en la red. Su espectro es muy amplio, el armónico tercero es el más importante con un 78%, siendo éste y los múltiplos de tres, los principales causantes de la deformación de la calidad de la tensión y de la circulación de corriente por el neutro. En la red de régimen IT encontramos, aparte de las fuentes de alimentación no lineales, cargas capacitivas de las baterías de compensación del factor de potencia, cargas capacitivas y electrónicas de los compensadores activos, simples cargas de tomas de señal para el control de la calidad y una toma para la alimentación de los aparatos de control de la calidad y del aislamiento.

Fuentes de alimentación no lineales

Debemos tener en consideración las puntas de arranque del orden del 2,4 veces la intensidad asignada y de una tasa de armónicos de THDI = 93%.

Debemos tener en consideración que el 78% de los armónicos son de rango 3 y que los de rangos múltiplos de tres son los de mayor proporción, los cuales acostumbran a circular por el neutro.

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Acometida Cía. A													
	Fusible		563,15	563,15	563,15					3	B	19.771	28.075
	ICPM		563,15	563,15	563,15					3+N	B	19.771	28.075
Acometida Cía. B													
	Fusible		563,15	563,15	563,15					3	B	19.771	28.075
	ICPM		563,15	563,15	563,15					3+N	B	19.771	28.075
Cuadro general de baja tensión CGBT, zona de régimen TT													
Alimentación Cía. A		PDR40								3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247
		Man. UA								1+N	C	15.667	22.247
		General	563,15	563,15	563,15					3+N	C	15.667	22.247
Alimentación Cía. B		PDR40								3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247
		Man. UA								1+N	C	15.667	22.247
		General	563,15	563,15	563,15					3+N	C	15.667	22.247
Embarrado		Monitor								3+N	C	15.667	22.247
		Bat. con.	95,86	95,86	95,86					3	C	15.667	22.247
										1+N	C	15.667	22.247
		C. activo								3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247
1.ª p. TT		General	184,73	184,73	184,73					3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247
2.ª p. TT		General	179,91	179,91	179,91					3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247
3.ª p. TT		General	179,91	179,91	179,91					3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247
SAI 1.º		PDR8								3+N	C	15.667	22.247
		General	172,18	172,18	172,18					3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247
SAI 2.º		PDR8								3+N	C	15.667	22.247
Embarrado		General	172,18	172,18	172,18					3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247
SAI 3.º		PDR8								3+N	C	15.667	22.247
		General	172,18	172,18	172,18					3+N	C	15.667	22.247
		C. med.								3+N	C	15.667	22.247

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores					
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE					L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	m g)
NH800		800	25													
ICPM	Compact	630		5.040	6.930	45.000	31	0,01	2,4	KSA630		3 · 304 + 150				99
NH800		800	25													
ICPM	Compact	630		5.040	6.930	45.000	31	0,01	2,4	KSA630		3 · 304 + 150				99
$Q_{TT1/1}$	C60L	20	C	100	200	20.000	783	0,01	0,05	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
$Q_{TT1/2}$	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,446	
$Q_{TT1/3}$	C60L	6	B	18	30	20.000	2.611	0,01	0,006	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,446	
Q_{TT1}	Compact	585		3.774	4.680	45.000	27	0,01	2,4	F	C11	3 · (2 ·150)	2 · 404	143	1.840,41	
$Q_{TT2/1}$	C60L	20	C	100	200	20.000	783	0,01	0,05	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
$Q_{TT2/2}$	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,446	
$Q_{TT2/3}$	C60L	6	B	18	30	20.000	2.611	0,01	0,011	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,446	
Q_{TT2}	Compact	585		3.774	4.680	45.000	27	0,01	2,4	F	C11	3 · (2 ·150)	2 · 404	143	1.840,41	
Q_{TT3}	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,446	
Q_{TT4}	NG125N	125	C	625	1.250	25.000	125	0,01	0,15	F	C11	3 · 35	154	143	25,050	
Q_{TT5}	C60L	6	B	18	30	20.000	2.611	0,01	0,011	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,446	
Q_{TT6}	Compact	100		180	220	25.000	157	0,01	0,35	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 105	143	25,050	
Q_{TT7}	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,9925	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,446	
Q_{TT8}	Compact	190		1.064	7.133	36.000	82	0,01	0,65	F	C11	3 · 95 + 50	296 + 188	143	184,552	
Q_{TT9}	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{TT10}	Compact	186		1.036	1.295	36.000	84	0,01	0,65	F	C11	3 · 95 + 50	296 + 188	143	184,552	
Q_{TT11}	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,046	+
Q_{TT12}	Compact	186		1.036	1.295	36.000	84	0,01	0,65	F	C11	3 · 95 + 50	296 + 188	143	184,552	
Q_{TT13}	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,046	
$Q_{TT14/1}$	C60L	20	C	100	200	20.000	783	0,01	0,05	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{TT14}	Compact	198		950	1.188	36.000	79	0,01	0,65	F	C11	3 · 70 + 35	244 + 154	143	100,200	
$Q_{TT14/2}$	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,046	
$Q_{TT15/1}$	C60L	20	C	100	200	20.000	783	0,01	0,05	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{TT15}	Compact	198		950	1.188	36.000	79	0,01	0,65	F	C11	3 · 70 + 35	244 + 154	143	100,200	
$Q_{TT15/2}$	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,046	S
$Q_{TT16/1}$	C60L	20	C	100	200	20.000	783	0,01	0,05	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{TT16}	Compact	198		950	1.188	36.000	79	0,01	0,65	F	C11	3 · 70 + 35	244 + 154	143	100,200	
$Q_{TT16/2}$	C60L	3	B	9	15	20.000	5.222	0,01	0,0025	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,046	

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
1.ª planta													
Entrada			202,54	202,71	202,61					3+N	E1	13.770	19.553
Tomas de corriente													
		General	32,20	33,10	33,00					3+N	E1	13.770	19.553
		PRD8								3+N	E1	13.770	19.553
		Discrim.	15,75							1	E1	13.770	19.553
A. téc.		Fuentes	0,50							1+N	E1	13.770	19.553
		Fuentes	0,50							1+N	E1	13.770	19.553
		Man.	1,00							1+N	E1	13.770	19.553
Línea 1.ª		Bases	16,20	17,00	16,70					3+N	F1	13.770	19.553
Línea 2.ª		Bases	16,00	16,10	16,30					3+N	G1	13.770	19.553
Alumbrado													
		General	23,53	23,53	23,53					3+N	E1	13.770	19.553
		PRD8								3+N	E1	13.770	19.553
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	E1	13.770	19.553
		Bat. con.	26,74	26,74	26,74					3	E1	13.770	19.553
			5,00							1+N	E1	13.770	19.553
		C. activo					7,05	7,05	7,05	3+N	E1	13.770	19.553
Línea		P. luz	18,66	19,44	19,00		21,30	22,60	21,70	3+N	H1	13.770	19.553
1.ª	CC16		14,08			21,50	17,10			1+N		5.834	8.284
		Emer.	1,65							2	E1	13.770	19.553
Línea		P. luz					21,80	20,53	20,99	3+N	I1	13.770	19.553
2.ª	CC02			14,08		21,50	17,10			1+N		4.766	6.768
		Emer.	1,65							2	E1	13.770	19.553
Acondicionamiento													
		General	132,9	132,9	132,9					3+N	E1	13.770	19.553
		PRD8								3+N	E1	13.770	19.553
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	E1	13.770	19.553
		Bat. con.	57,12	57,12	57,12					3	E1	13.770	19.553
										1+N	E1	13.770	19.553
Línea		Motores	8,90	9,80	6,70					3+N	J1	13.770	19.553
1.ª	CC15			1,90						1+N		6.454	9.165
					1,90					1+N		6.454	9.165
	CC22			1,90						1+N		3.645	5.176
	CC23		2,90							1+N		3.391	4.815
	CC24			4,10						1+N		3.170	4.501
	CC26				2,90					1+N		2.608	3.703
	CC27			1,90						1+N		2.501	3.551
	CC28		1,90							1+N		2.267	3.219
	CC18				1,90					1+N		4.108	5.833
	CC20		4,10							1+N		3.645	5.176
Línea		Motores	6,70	6,00	7,90					3+N	K1	13.770	19.553
2.ª	CC05				4,10					1+N		3.344	4.748
	CC08		1,90							1+N		2.622	3.723
	CC09			1,90						1+N		2.488	3.533
	CC10			4,10						1+N		2.367	3.361
	CC12		2,90							1+N		2.039	2.895
	CC13				1,90					1+N		1.973	2.802
	CC14		1,90							1+N		1.824	2.590
	CC04				1,90					1+N		2.622	3.723

L
6.4

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores						
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE						L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$	m
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	g)
Q_{Q1}	INS250	250														
Q_{c2}	NG125N	80	C	400	800	25.000	172	0,01	0,145	F	C14	3 · 10 + 6	76 + 57	143	2,045	
Q_{c9}	C60H	20	C	100	200	25.000	689	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{c8}	C60H	20	C	100	200	15.000	689	0,01	0,045	F	C14	1 · 2,5	24	143	0,127	
Q_{c5}	C60H	1	B	3	5	15.000	13.770	0,01	0,0005	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{c6}	C60H	1	B	3	5	15.000	13.770	0,01	0,0005	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{c7}	C60H	2	B	6	10	15.000	6.885	0,01	0,0011	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{c3}	C60H	20	C	100	200	15.000	689	0,01	0,0145	A	C04	3 · 4 + 2,5	28 + 21	143	0,327	52
Q_{c4}	C60H	20	C	100	200	15.000	689	0,01	0,0145	A	C04	3 · 4 + 2,5	28 + 21	143	0,327	52
Q_{I2}	NG125N	100	C	500	10^3	25.000	138	0,015	0,145	F	C14	3 · 35 + 25	144 + 123	143	25,050	
Q_{I9}	C60H	20	C	100	200	25.000	689	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{I8}	C60H	3	B	9	15	15.000	4.590	0,01	0,0025	F	C14	4 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I6}	C60L	32	C	160	320	15.000	430	0,01	0,08	F	C14	3 · 4	45	143	0,327	
Q_{I7}	C60H	6	B	18	30	15.000	2.295	0,01	0,009	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I5}	C60L	25	B	75	125	25.000	551	0,01	0,045	F	C14	3 · 4 + 2,5	45 + 33	143	0,327	
Q_{I3}	C60L	32	C	160	320	20.000	430	0,01	0,08	A	C04	3 · 4 + 2,5	28 + 21	143	0,327	32
$Q_{I3\text{-}16}$	DPN N	20	C	100	200	10.000	292	0,01	0,02	A	C02	2 · 2,5	24	143	0,127	42
Q_{IE1}	C60H	6	B	18	30	15.000	2.295	0,01	0,009	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I4}	C60L	32	C	160	320	20.000	430	0,01	0,08	A	C04	3 · 6 + 4	36 + 28	143	0,736	51
$Q_{I4\text{-}02}$	DPN N	20	C	100	200	10.000	238	0,01	0,02	A	C02	2 · 2,5	24	143	0,127	42
Q_{IE2}	C60H	6	B	18	30	15.000	2.295	0,01	0,009	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{A2}	Compact	128		1.024	1.760	50.000	108	0,01	0,45	F	C14	3 · 50 + 25	175 + 123	143	46,133	
Q_{A11}	C60H	20	C	100	200	15.000	689	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{A10}	C60H	3	B	9	15	15.000	4.590	0,01	0,0025	F	C14	4 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{A8}	C120L	80	C	400	800	15.000	172	0,01	0,15	F	C14	3 · 16	105	143	5,235	
Q_{A9}	C60H	6	B	18	30	15.000	2.295	0,01	0,009	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{A3}	C60L	25	C	125	250	25.000	551	0,01	0,045	A	C04	3 · 6 + 4	36 + 28	143	0,736	65
$Q_{A3\text{-}15/1}$	DPN N	4	D	40	120	10.000	1.614	0,01	0,003	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	42
$Q_{A3\text{-}15/2}$	DPN N	4	D	40	120	10.000	1.614	0,01	0,003	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	42
$Q_{A3\text{-}22}$	DPN	4	D	40	120	6.000	911	0,01	0,0025	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	42
$Q_{A3\text{-}23}$	DPN	6	D	60	180	6.000	565	0,01	0,0052	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	28
$Q_{A3\text{-}24}$	DPN	10	C	50	100	6.000	317	0,01	0,005	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	51
$Q_{A3\text{-}26}$	DPN	6	C	30	60	6.000	435	0,01	0,004	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	85
$Q_{A3\text{-}27}$	DPN	4	D	40	80	6.000	625	0,01	0,0018	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
$Q_{A3\text{-}28}$	DPN	4	D	40	80	6.000	567	0,01	0,0017	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
$Q_{A3\text{-}18}$	DPN	4	D	40	80	6.000	1.027	0,01	0,0026	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
$Q_{A3\text{-}20}$	DPN	10	C	100	200	6.000	365	0,01	0,006	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	25
Q_{A4}	C60L	20	C	100	200	25.000	689	0,01	0,045	A	C04	3 · 4 + 2,5	28 + 21	143	0,327	78
$Q_{A4\text{-}05}$	DPN	10	C	50	100	6.000	334	0,01	0,005	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	51
$Q_{A4\text{-}08}$	DPN	4	D	40	80	6.000	656	0,01	0,0018	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
$Q_{A4\text{-}09}$	DPN	4	D	40	80	6.000	622	0,01	0,002	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
$Q_{A4\text{-}10}$	DPN	10	C	50	100	6.000	237	0,01	0,004	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	51
$Q_{A4\text{-}12}$	DPN	6	C	30	60	6.000	340	0,01	0,0035	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	85
$Q_{A4\text{-}13}$	DPN	4	D	40	80	6.000	493	0,01	0,0014	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
$Q_{A4\text{-}14}$	DPN	4	D	40	80	6.000	456	0,01	0,0014	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
$Q_{A4\text{-}04}$	DPN	4	D	40	80	6.000	656	0,01	0,0016	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Línea 3.ª		Motores											
	CC06												
	S-1	Motores	59,6	57,6	57,6					3+N	L1	13.640	19.369
			54,00	54,00	54,00					3+N		8.863	12.585
			1,60	1,60	1,60					3+N		8.863	12.585
			2,00	2,00	2,00					3+N		8.863	12.585
			2,00							1+N		8.863	12.585
	S-2	Motores	57,60	59,60	57,60					3+N	L1	13.640	19.369
			54,00	54,00	54,00					3+N		8.863	12.585
			1,60	1,60	1,60					3+N		8.863	12.585
			2,00	2,00	2,00					3+N		8.863	12.585
			2,00							1+N		8.863	12.585
Ventilación													
Línea 1.ª					3,00					1+N	M1	13.770	19.553
	CC19				1,40					1+N		1.410	2.002
	CC18				1,60					1+N		1.016	1.443
Línea 2.ª			3,00	3,00						2+N	N1	13.770	19.553
	CC05		1,40							1+N		781	1.109
	CC07			1,40						1+N		643	913
	CC04		1,60							1+N		581	825
Cuadro distribución 2.ª planta													
		Entrada	202,54	202,71	202,61					3+N			
Tomas de corriente													
		General	32,20	33,10	33,00					3+N		13.003	18.464
		PRD8								3+N		13.003	18.464
Línea 1.ª		Bases	12,70	11,20	12,40					3+N	F2	13.003	18.464
Línea 2.ª		Bases	24,20	26,70	26,50					3+N	G2	13.003	18.464
		Discrim.	13,75							1		13.003	18.464
A. sanitaria		Termos	5,2	5,2	5,2					3+N		13.003	18.464
A. técnica		Fuentes	1							1+N		13.003	18.464
			1							1+N		13.003	18.464
		Man.	1							1+N		13.003	18.464
Alumbrado													
		General	37,44	37,21	36,81					3+N		13.003	18.464
		PRD8								3+N		13.003	18.464
		C. med.	0,5	0,5	0,5					3+N		13.003	18.464
		C. activo								3+N		13.003	18.464
		Bat. con.								3		13.003	18.464
			5							1+N		13.003	18.464
Línea 1.ª		P. luz					18,34	20,16	18,94	3+N	H2	13.003	18.464
	CC03-1		9,37	9,37	9,37	25,50	11,75	11,75	11,75	3+N		3.537	5.023
		Emer.		1,5						1+N		13.003	18.464
Línea 2.ª		P. luz					17,39	17,19	18,40	3+N	I2	13.003	18.464
	CC09-1		9,37	9,37	9,37	25,50	11,75	11,75	11,75	3+N		2.903	4.122
		Emer.		1,5						1+N		13.003	18.464

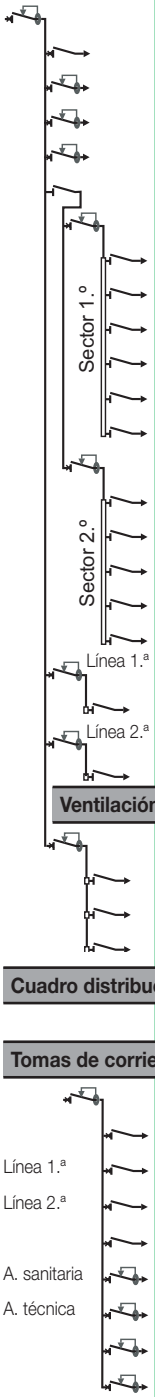
L
6.4

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores					
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE					L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	m g)
$Q_{A5/1}$	NG125N	120	D	1.250	2.500	25.000	114	0,015	0,18	A	C04	3 · 35 + 16	106 + 86	143	25,05	29
Q_{A01}	C120H	80	C	400	800	15.000	111	0,015	0,12	A	C04	3 · 16 + 10	66 + 49	143	5,235	19
Q_{A02}	C60H	4	D	40	80	15.000	2.216	0,01	0,0035	A	C03	4 · 1,5	12	115	0,029	63
Q_{A05}	C60H	6	C	30	60	15.000	1.477	0,01	0,009	A	C03	4 · 1,5	12	115	0,029	85
Q_{M01}	C60H	6	B	18	30	15.000	1.477	0,01	0,009	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	170
$Q_{A5/2}$	NG125N	120	D	1.250	2.500	25.000	114	0,015	0,18	A	C04	3 · 35 + 16	106 + 86	143	25,05	29
Q_{A03}	C120H	80	C	400	800	15.000	111	0,015	0,12	A	C04	3 · 16 + 10	66 + 49	143	5,235	19
Q_{A04}	C60H	4	D	40	80	15.000	2.216	0,01	0,0035	A	C03	4 · 1,5	12	115	0,029	63
Q_{A17}	C60H	6	C	30	60	15.000	1.477	0,01	0,009	A	C03	4 · 1,5	12	115	0,029	85
Q_{AM-2}	C60H	6	B	18	30	15.000	1.477	0,01	0,009	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	170
Q_{A6}	C60L	10	C	50	100	25.000	1.377	0,01	0,022	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	51
Q_{V3-19}	DPN	4	D	40	80	6.000	353	0,01	0,0011	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
Q_{V3-18}	DPN	4	D	40	80	6.000	254	0,01	0,0008	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
Q_{A7}	C60L	10	C	50	100	25.000	1.377	0,01	0,022	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	51
Q_{V4-05}	DPN	4	D	40	80	6.000	195	0,01	0,0006	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
Q_{V4-07}	DPN	4	D	40	80	6.000	161	0,01	0,0005	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
Q_{V4-04}	DPN	4	D	40	80	6.000	145	0,01	0,0004	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	63
Q_{101}	INS250	250														
Q_{c102}	NG125N	100	C	500	10^3	25.000	130	0,01	0,150	F	C14	3 · 35 + 25	144 + 123	143	25,05	
Q_{c109}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,06	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{c103}	C60H	16	C	80	160	15.000	813	0,01	0,025	A	C04	3 · 2,5 + 1,5		143	0,127	95
Q_{c104}	C60H	32	C	160	320	15.000	406	0,01	0,060	A	C04	3 · 6 + 4		143	0,736	51
Q_{c108}	C60H	16	C	80	160	15.000	813	0,01	0,025	F	C14	1 · 2,5	24	143	0,127	
Q_{c110}	C60H	10	C	50	100	15.000	1.300	0,01	0,025	A	C04	4 · 1,5	17,5	143	0,046	204
Q_{c105}	C60H	2	B	6	10	15.000	6.502	0,01	0,011	F	C14	2 · 1,5	17,5	143	0,046	
Q_{c106}	C60H	2	B	6	10	15.000	6.502	0,01	0,011	F	C14	2 · 1,5	17,5	143	0,046	
Q_{c107}	C60H	2	B	6	10	15.000	6.502	0,01	0,011	F	C14	2 · 1,5	17,5	143	0,046	
Q_{I102}	NG125N	80	C	400	800	25.000	163	0,01	0,145	F	C14	3 · 16 + 10	105	143	5,235	
Q_{I109}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{I108}	C60H	3	B	9	15	15.000	4.334	0,01	0,0005	F	C14	4 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I105}	C60H	25	B	75	125	15.000	520	0,01	0,045	F	C14	3 · 4 + 2,5	45 + 33	143	0,327	
Q_{I106}	C60L	25	C	125	250	15.000	520	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5	33	143	0,127	
Q_{I107}	C60H	6	B	18	30	15.000	2.167	0,01	0,009	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I103}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,045	A	C04	3 · 4 + 2,5	28 + 21	143	0,327	78
$Q_{I103-3/1}$	C60N	16	C	80	160	4.500	221	0,01	0,0085	A	C04	4 · 1,5	15,5	143	0,046	127
Q_{IE110}	C60H	4	C	20	40	15.000	3.251	0,01	0,004	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I104}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,045	A	C04	3 · 4 + 2,5	28 + 21	143	0,327	78
$Q_{I104-3/1}$	C60N	16	C	80	160	4.500	181	0,01	0,008	A	C04	4 · 1,5	15,5	143	0,046	127
Q_{IE111}	C60H	4	C	20	40	15.000	3.251	0,01	0,004	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Acondicionamiento													
		General	127,2	125,3	125,3					3+N		13.003	18.464
		PRD8								3+N		13.003	18.464
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N		13.003	18.464
		Bat. con.								3		13.003	18.464
				5						1+N		13.003	18.464
			125,80	126,80	126,80								
	CC10	Motores	63,90	63,90	62,90					3+N		13.003	18.464
		A09		2,00						1+N		8.305	11.793
		A01	58,00	58,00	58,00					3+N		8.305	11.793
		A02	1,30	1,30	1,30					3+N		8.305	11.793
		A03	1,30	1,30	1,30					3+N		8.305	11.793
		A04	1,30	1,30	1,30					3+N		8.305	11.793
		Man.			2,00					1+N		8.305	11.793
	CC10		61,9	62,9	63,9					3+N		13.003	18.464
		A05	58	58	58					3+N		8.354	11.863
		A06	1,3	1,3	1,3					3+N		8.354	11.863
		A37	1,3	1,3	1,3					3+N		8.354	11.863
		A08	1,3	1,3	1,3					3+N		8.354	11.863
		Man.			2					1+N		8.354	11.863
				1,00						1+N		13.003	18.464
	CC08				1,00					1+N		566	804
			1							1+N		13.003	18.464
	CC02			1						1+N		566	804
Ventilación													
		General	1,4	1,6	1,6					3+N	N2	13.003	18.464
	CC02			1,6						1+N		851	1.208
	CC08				1,6					1+N		665	944
	CC10		1,4							1+N		307	436
Cuadro distribución 3.ª planta													
		Entrada	202,54	202,71	202,61					3+N			
Tomas de corriente													
		General	32,20	33,10	33,00					3+N		11.909	16.910
		PRD8								3+N		11.909	16.910
Línea 1.ª		Bases	12,70	11,20	12,40					3+N	F2	11.909	16.910
Línea 2.ª		Bases	24,20	26,70	26,50					3+N	G2	11.909	16.910
		Discrim.	13,75							1		11.909	16.910
A. sanitaria		Termos	5,2	5,2	5,2					3+N		11.909	16.910
A. técnica		Fuentes	1							1+N		11.909	16.910
			1							1+N		11.909	16.910
		Man.	1							1+N		11.909	16.910



L
6.4

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores					
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE					L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	m g)
Q_{A102}	Compact	180		1.440	1.760	36.000	72	0,05	0,6	F	C14	3 · 50 + 35	188 + 123	143	46,133	
Q_{A110}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{A109}	C60H	3	B	9	15	15.000	4.334	0,01	0,0025	F	C14	4 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{A107}	C120L	80	C	400	800	15.000	163	0,01	0,15	F	C14	3 · 16	105	143	5,235	
Q_{A108}	C60H	6	B	18	30	15.000	2.167	0,01	0,009	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{A105}	INS125	125														
Q_{A105-1}	NG125N	125	C	625	1.250	15.000	104	0,01	0,145	A	C04	3 · 25 + 16	96 + 56	143	12,78	12
Q_{A09}	C60N	6	C	30	60	10.000	1.384	0,01	0,009	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	85
Q_{A01}	C120H	100	C	500	1.000	10.000	83	0,01	0,011	A	C04	3 · 25 + 16	86 + 66	143	12,78	15
Q_{A02}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.768	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A03}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.768	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A04}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.768	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A2M-1}	C60N	6	B	18	30	10.000	1.384	0,01	0,008	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,049	170
Q_{A105-2}	NG125N	125	C	625	1.250	15.000	104	0,01	0,15	A	C04	3 · 25 + 16	86 + 66	143	12,78	12
Q_{A05}	C120H	100	C	500	10^3	10.000	84	0,01	0,011	A	C04	3 · 25 + 16	86 + 66	143	12,78	15
Q_{A06}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.785	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A37}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.785	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A08}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.785	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A2M-2}	C60N	6	B	18	30	10.000	1.392	0,01	0,008	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	170
Q_{A103}	C60H	10	C	50	100	15.000	1.300	0,01	0,045	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	51
$Q_{A104-08}$	DPN	3	C	15	30	4.500	189	0,01	0,0004	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,046	170
Q_{A104}	C60H	10	C	50	100	15.000	1.300	0,01	0,011	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	51
$Q_{A103-02}$	DPN	3	C	15	30	4.500	189	0,01	0,0004	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	170
Q_{V106}	C60H	10	C	50	100	15.000	1.300	0,01	0,011	A	C03	4 · 1,5	12,0	115	0,029	204
$Q_{V106/02}$	DPN	6	C	30	60	4.500	142	0,01	0,0015	A	C03	4 · 1,5	12,0	115	0,029	340
$Q_{V106/08}$	DPN	6	C	30	60	4.500	111	0,01	0,0012	A	C03	3 · 1,5	12,0	115	0,029	148
$Q_{V106/10}$	DPN	6	C	30	60	4.500	51	0,01	0,0005	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	85
Q_{201}	INS250	250														
Q_{c202}	NG125N	100	C	500	10^3	25.000	130	0,01	0,150	F	C14	3 · 35 + 25	144 + 123	143	25,05	
Q_{c209}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,06	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{c203}	C60H	16	C	80	160	15.000	813	0,01	0,025	A	C04	3 · 2,5 + 1,5	21 + 15,5	143	0,127	95
Q_{c204}	C60H	32	C	160	320	15.000	406	0,01	0,060	A	C04	3 · 6 + 4	36 + 28	143	0,736	51
Q_{c208}	C60H	16	C	80	160	15.000	813	0,01	0,025	F	C14	1 · 2,5	24	143	0,127	
Q_{c210}	C60H	10	C	50	100	15.000	1.300	0,01	0,025	A	C04	4 · 1,5	15,5	143	0,046	204
Q_{c205}	C60H	2	B	6	10	15.000	6.502	0,01	0,011	F	C14	2 · 1,5	17,5	143	0,046	
Q_{c206}	C60H	2	B	6	10	15.000	6.502	0,01	0,011	F	C14	2 · 1,5	17,5	143	0,046	
Q_{c207}	C60H	2	B	6	10	15.000	6.502	0,01	0,011	F	C14	2 · 1,5	17,5	143	0,046	

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Alumbrado													
		General	37,44	37,21	36,81					3+N		11.909	16.910
		PRD8								3+N		11.909	16.910
		C. med.	0,5	0,5	0,5					3+N		11.909	16.910
		C. activo								3+N		11.909	16.910
		Bat. con.								3		11.909	16.910
			5							1+N		11.909	16.910
Línea 1.ª		P. luz					18,34	20,16	18,94	3+N	H2	11.909	16.910
	CC03-1		9,37	9,37	9,37	25,50	11,75	11,75	11,75	3+N		3.451	4.900
		Emer.		1,5						1+N		11.909	16.910
Línea 2.ª		P. luz					17,39	17,19	18,40	3+N	I2	11.909	16.910
	CC09-1		9,37	9,37	9,37	25,50	11,75	11,75	11,75	3+N		2.845	4.039
		Emer.		1,5						1+N		11.909	16.910
Acondicionamiento													
		General	127,2	125,3	125,3					3+N		11.909	16.910
		PRD8								3+N		11.909	16.910
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N		11.909	16.910
		Bat. con.								3		11.909	16.910
				5						1+N		11.909	16.910
			125,80	126,80	126,80								
Sector 1.º	CC10	Motores	63,9	63,9	62,9					3+N		11.909	16.910
		A09	2							1+N		7.845	11.793
		A01	58	58	58					3+N		7.845	11.793
		A02	1,3	1,3	1,3					3+N		7.845	11.140
		A03	1,3	1,3	1,3					3+N		7.845	11.140
		A04	1,3	1,3	1,3					3+N		7.845	11.140
		Man.		2						1+N		7.845	11.140
Sector 2.º	CC10		61,9	62,9	63,9					3+N		11.909	16.910
		A05	58	58	58					3+N		7.845	11.140
		A06	1,3	1,3	1,3					3+N		7.845	11.140
		A37	1,3	1,3	1,3					3+N		7.845	11.140
		A08	1,3	1,3	1,3					3+N		7.845	11.140
		Man.			2					1+N		7.845	11.140
Línea 1.ª				1						1+N		11.909	16.910
	CC08				1					1+N		573	813
Línea 2.ª			1							1+N		11.909	16.910
	CC02			1						1+N		573	813
Ventilación													
		General	1,4	1,6	1,6					3+N	N2	11.909	16.910
	CC02			1,6						1+N		846	1.201
	CC08				1,6					1+N		662	940
	CC10		1,4							1+N		306	435

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores						
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE						L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$	m
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	g)
Q_{I202}	NG125N	80	C	400	800	25.000	163	0,01	0,145	F	C14	3 · 16 + 10	105	143	5,235	
Q_{I209}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{I208}	C60H	3	B	9	15	15.000	4.334	0,01	0,0005	F	C14	4 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I205}	C60H	25	B	75	125	15.000	520	0,01	0,045	F	C14	3 · 4 + 2,5	45 + 33	143	0,327	
Q_{I206}	C60L	25	C	125	250	15.000	520	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5	33	143	0,127	
Q_{I207}	C60H	6	B	18	30	15.000	2.167	0,01	0,009	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I203}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,045	A	C04	3 · 4 + 2,5	28 + 21	143	0,327	78
$Q_{I203\text{-}3/1}$	C60N	16	C	80	160	4.500	221	0,01	0,0085	A	C04	4 · 1,5	15,5	143	0,046	127
Q_{IE210}	C60H	4	C	20	40	15.000	3.251	0,01	0,004	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{I204}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,045	A	C04	3 · 4 + 2,5	28 + 21	143	0,327	78
$Q_{I204\text{-}3/1}$	C60N	16	C	80	160	4.500	181	0,01	0,008	A	C04	4 · 1,5	15,5	143	0,046	127
Q_{IE211}	C60H	4	C	20	40	15.000	3.251	0,01	0,004	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{A202}	Compact	180		1.440	1.760	36.000	72	0,05	0,6	F	C14	3 · 50 + 35	188 + 123	143	46,133	
Q_{A210}	C60H	20	C	100	200	15.000	650	0,01	0,045	F	C14	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,127	
Q_{A209}	C60H	3	B	9	15	15.000	4.334	0,01	0,0025	F	C14	4 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{A207}	C120L	80	C	400	800	15.000	163	0,01	0,15	F	C14	3 · 16	105	143	5,235	
Q_{A208}	C60H	6	B	18	30	15.000	2.167	0,01	0,009	F	C14	2 · 1,5	24	143	0,046	
Q_{A205}	INS125	125														
$Q_{A205\text{-}1}$	NG125N	125	C	625	1.250	15.000	104	0,01	0,145	A	C04	3 · 25 + 16	96 + 56	143	12,78	12
Q_{A09}	C60N	6	C	30	60	10.000	1.384	0,01	0,009	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	85
Q_{A01}	C120H	100	C	500	1.000	10.000	83	0,01	0,011	A	C04	3 · 25 + 16	86 + 66	143	12,78	15
Q_{A02}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.768	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A03}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.768	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A04}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.768	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
$Q_{A2M\text{-}1}$	C60N	6	B	18	30	10.000	1.384	0,01	0,008	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,049	170
$Q_{A205\text{-}2}$	NG125N	125	C	625	1.250	15.000	104	0,01	0,15	A	C04	3 · 25 + 16	86 + 66	143	12,78	12
Q_{A05}	C120H	100	C	500	10^3	10.000	84	0,01	0,011	A	C04	3 · 25 + 16	86 + 66	143	12,78	15
Q_{A06}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.785	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A37}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.785	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
Q_{A08}	C60N	3	C	15	30	10.000	2.785	0,01	0,002	A	C04	3 · 1,5	15,5	143	0,046	296
$Q_{A2M\text{-}2}$	C60N	6	B	18	30	10.000	1.392	0,01	0,008	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	170
Q_{A203}	C60H	10	C	50	100	15.000	1.300	0,01	0,045	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	51
$Q_{A204\text{-}08}$	DPN	3	C	15	30	4.500	189	0,01		A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,046	170
Q_{A204}	C60H	10	C	50	100	15.000	1.300	0,01	0,011	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,046	51
$Q_{A203\text{-}02}$	DPN	3	C	15	30	4.500	189	0,01		A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	170
Q_{V206}	C60H	10	C	50	100	15.000	1.300	0,01	0,011	A	C03	4 · 1,5	12,0	115	0,029	204
$Q_{V206/02}$	DPN	6	C	30	60	4.500	142	0,01	0,0011	A	C03	4 · 1,5	12,0	115	0,029	340
$Q_{V206/08}$	DPN	6	C	30	60	4.500	111	0,01	0,0011	A	C03	3 · 1,5	12,0	115	0,029	148
$Q_{V206/10}$	DPN	6	C	30	60	4.500	51	0,01	0,0004	A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,029	85

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Cuadro control SAI													
		SAI 1.º											
		Entrada								3+N		15.667	22.247
		Salida	159,36	159,36	159,36					3+N	F	1.351	1.918
		SAI 2.º											
		Entrada								3+N		15.667	22.247
		Salida	159,36	159,36	159,36					3+N	F	1.351	1.918
		SAI 3.º											
		Entrada								3+N		15.667	22.247
		Salida	159,36	159,36	159,36					3+N	F	1.351	1.918

Tabla L6.4-517: *correlación de las protecciones, las cargas y los conductores de la red de régimen TT.*

Cargas capacitativas

Los condensadores, junto con los circuitos a cuyas bornas están conectados, forman circuitos oscilantes que, en el momento de la conexión, pueden generar corrientes transitorias de fuerte intensidad (>180 I_n) y de frecuencias elevadas (de 1 a 15 kHz).

De conformidad a las normas IEC 70, el elemento de maniobra debe poder soportar una corriente permanente de 1,43 veces la corriente asignada de la capacidad controlada y disponer de una gran capacidad de limitación.

Los interruptores automáticos de gran capacidad de limitación (tipo L) dimensionados de 1,5 a 1,8 veces la intensidad de empleo de la capacitancia, cumplen las recomendaciones de la IEC.

En nuestro caso hemos utilizado una compensación por escalones, por tanto el interruptor automático debe poder soportar permanentemente 1,43 veces la intensidad asignada a la capacitancia total y 1,8 veces la intensidad asignada del escalón mayor.

Compensador activo “capacitancia y electrónica”

Los compensadores activos los consideraremos como cargas capacitativas y electrónicas, pero nos atendremos a las instrucciones del fabricante.

Las recomendaciones de las protecciones a los compensadores activos las exponemos en la Tabla K4-123: valores y modelos de los equipos de protección para los compensadores activos, en régimen IT y la Tabla K4-125: valores y modelos de los equipos de protección para los compensadores activos, en régimen IT, páginas K/319 y K/320 del 4.º Volumen.

Cargas, alimentación de la señal a los equipos de control

Central de medida. Protección individualizada para la toma de señal de tensión. Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.

Analizador de red. Protección individualizada para la toma de señal de tensión. Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.

Controlador Vigilohm. Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.

Localizador. Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.

Interface. Consumo propio de 30 VA desde la red de alimentación de maniobra.

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores						
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE						L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$	m
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	g)
Q_{IT01}	INS200 Compact	200 170		408	510	45.000	8	2 - 5		A	C4	3 · 95 + 50	197 + 128	143	184,55	437
Q_{IT01}	INS200 Compact	200 170		408	510	45.000	8	2 - 5		A	C4	3 · 95 + 50	197 + 128	143	184,55	437
Q_{IT01}	INS200 Compact	200 170		408	510	45.000	8	2 - 5		A	C4	3 · 95 + 50	197 + 128	143	184,55	437

Descargadores de sobretensiones PRD

En la Tabla H2-4-014 de la página H2-256 del 2.º Volumen disponemos de los valores de los interruptores automáticos de acompañamiento de los PRD-PRC-PRI.

Tablas de regulación de los interruptores automáticos

Controlaremos el dimensionado de las protecciones en la tabla adjunta, en la que cada columna expresa:

■ Columna 1.ª.

La referencia de la caja de conexiones que deriva la carga.

■ Columna 2.ª.

La referencia del interruptor automático.

■ Columna 3.ª.

La mayor intensidad de circulación por una fase.

■ Columna 4.ª:

□ La mayor intensidad fundamental más la tasa de armónicos THDI, en el caso que corresponda.

□ La intensidad del escalón mayor, en el caso de las baterías de compensación del factor de potencia.

■ Columna 5.ª.

Número de polos de la carga o línea.

■ Columna 6.ª.

Intensidad nominal del interruptor automático considerado.

■ Columna 7.ª.

Característica de desconexión de la regulación del tiempo corto.

■ Columna 8.ª.

Referencia comercial del interruptor automático elegido.

■ Columna 9.ª.

Valor de la intensidad nominal del interruptor automático (I_n) a la temperatura de trabajo de 45 °C.

■ Columna 10.ª.

Valor estimado de la punta de arranque de la línea o carga:

□ Cargas informáticas.

Para atender las posibles cargas a conectar se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 2,4 veces la intensidad fundamental I_B más la tasa de armónicos THDI.

□ Cargas capacitivas (baterías de condensadores).

Para atender las posibles cargas a conectar se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 1,8 veces la intensidad del escalón mayor, más la intensidad asignada I_B de la carga.

□ Cargas capacitivas (compensadores activos).
Para atender las posibles cargas a conectar se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 2,8 veces la intensidad asignada I_B de la carga (THDI).
□ Cargas, alimentación de la señal a los equipos de control.
Para atender las posibles cargas a conectar se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 1,2 veces la intensidad asignada I_B de la carga.
□ Cargas, alimentación de maniobras.
Para atender las posibles cargas a conectar se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 1,3 veces la intensidad asignada I_B de la carga.
□ Cargas, alimentación de fuentes del sistema domótico.
Para atender las posibles cargas a conectar se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 1,3 veces la intensidad asignada I_B de la carga.
□ Cargas, líneas de alimentación de cargas informáticas.
Para atender las posibles cargas a conectar se ha considerado adecuado prever unas puntas de arranque medias, del orden de 1,3 veces la intensidad asignada I_B de la carga.
■ Columna 11.ª.
Se trata de conocer si la intensidad de punta de arranque puede desconectar el interruptor automático. Esta intensidad representa un número de veces la intensidad del interruptor automático (x I_n). Este valor nos dará, sobre la característica de desconexión del interruptor automático, un tiempo mínimo de no desconexión que exponemos en la columna 12.ª.
Valor de la intensidad de no desconexión del interruptor automático. Para los interruptores de carril simétrico según norma UNE-EN 60898, la intensidad de no desconexión es 1,13 In. El ensayo dura una hora para intensidades hasta 32 A y dos horas para los mayores de 32 A.
Esta intensidad debe poder ser soportada permanentemente, tanto por las cargas como por las líneas aguas abajo del interruptor automático.
Los valores iguales o inferiores a 1,13 corresponden a intensidades de no desconexión, por tanto la punta de arranque no provocará la desconexión de la protección.
■ Columna 12.ª.
Tiempo mínimo de no desconexión, del interruptor automático elegido, a la intensidad de punta de arranque de la carga.
Los tiempos son superiores a 1.000 segundos, muy superiores a las posibles realidades de las cargas (al tiempo de duración del arranque).

Contrastación del I^2t
Las características de limitación del interruptor automático han de ser tales que no superen los valores de la columna 10-f de la Tabla L6.4-517, página L/1450. Estos valores son característicos del tipo de interruptor elegido. Datos que debe facilitar el fabricante del interruptor.

Interruptores para la protección de las cargas informáticas
Derivaciones de las cajas de conexiones hasta los cuadros secundarios correspondientes.

Caja de conexiones	Ref. interruptor automático	I_B	I_B + THDI o * A	Polos	I_n o I_r A			I_n o I_r a 45 °C A	I_f A	I_f/I_n a 45 °C	T no D seg
1.ª planta											
Línea 1.ª											
IT09	Q_{102-09}	9,2	17,76	1+N	20	B	DPN	18,56	30,64	1,65	>10"
IT10	$Q_{102-10-1}$	6,9	13,31	1+N	16	B	DPN	14,82	22,97	1,55	>12"
	$Q_{102-10-2}$	3,8	7,34	1+N	10	B	DPN	9,17	12,66	1,38	>25"
	$Q_{102-10-3}$	3,8	7,34	1+N	10	B	DPN	9,17	12,66	1,38	>25"
	$Q_{102-10-4}$	4,61	8,9	1+N	10	B	DPN	9,17	15,35	1,67	>8"
IT11	Q_{102-11}	3,34	6,45	1+N	10	B	DPN	9,17	11,12	1,21	>80"
IT12	Q_{102-12}	12,22	23,59	1+N	32	B	DPN	29,45	40,69	1,38	>20"
IT13	Q_{102-13}	3,3	6,4	1+N	10	B	DPN	9,17	11,02	1,2	>80"
IT14	Q_{102-14}	3,3	6,37	1+N	10	B	DPN	9,17	10,99	1,2	>80"
IT15	Q_{102-15}	12,28	23,7	1+N	32	B	DPN	29,45	40,89	1,39	>25"
IT16	Q_{102-16}	3,32	6,4	1+N	10	B	DPN	9,17	11,04	1,2	>80"
IT17	Q_{102-17}	3,32	6,4	1+N	10	B	DPN	9,17	11,04	1,2	>80"
Línea 2.ª											
IT01	$Q_{202-01-1}$	6,9	13,32	1+N	16	B	DPN	14,82	22,98	1,55	>20"
	$Q_{202-01-2}$	8,4	16,22	1+N	20	B	DPN	18,56	27,98	1,51	>20"
	$Q_{202-01-3}$	8,4	16,22	1+N	20	B	DPN	18,56	27,98	1,51	>20"
	$Q_{202-01-4}$	9,65	18,63	1+N	20	B	DPN	18,56	32,14	1,73	>10"
IT03	Q_{202-03}	3,65	7,05	1+N	10	B	DPN	9,17	12,16	1,33	>50"
IT04	Q_{202-04}	3,3	6,37	1+N	10	B	DPN	9,17	10,99	1,2	>80"
IT05	Q_{202-05}	3,3	6,37	1+N	10	B	DPN	9,17	10,99	1,2	>80"
IT06	Q_{202-06}	12,25	23,65	1+N	32	B	DPN	29,45	40,80	1,39	>20"
IT07	Q_{202-07}	3,35	6,47	1+N	10	B	DPN	9,17	11,16	1,22	>70"
IT08	Q_{202-08}	3,3	6,37	1+N	10	B	DPN	9,17	10,99	1,2	>80"
Línea 3.ª											
IT02	$Q_{203-02-1}$	19		3+N			C60N	26,60			
	$Q_{203-02-1/1}$	19	36,67	3+N	50	C	C60N	45,50	63,27	1,39	>200"
	$Q_{203-02-1/2}$	10,7	5,35	3+N	20	C	C60L	19,40	20,33	1,05	>2.000"
	$Q_{203-02-1/3}$	17,67		3+N	50	B	C60L	48,50	49,47	1,02	>2.000"
	$Q_{203-02-1/4}$	0,5		3+N	3	C	C60N	2,70	0,65	0,24	
	$Q_{203-02-1/5}$	0,5		3+N	3	C	C60N	2,7	0,65	0,24	
	$Q_{203-02-2}$	2,34		1+N	6	B	DPN	5,6	3,27	0,59	
2.ª planta											
Línea 1.ª											
IT-2-01	$Q_{302-01/1}$	2	3,86	1+N	6	B	DPN	5,60	6,66	1,19	>100"
	$Q_{302-01/2}$ L1	13	25,09	2+N	32	B	C60N	29,80	43,29	1,45	>10"
	L2	13	25,09		32	B		29,8	43,29	1,45	>10"
IT-2-02	$Q_{302-02/1}$	9,2	17,76	1+N	20	B	DPN	18,56	30,64	1,65	>8"
	$Q_{302-02/2}$	1,4	2,7	1+N	6	B	DPN	5,6	4,66	0,83	
IT-2-03	$Q_{302-03/1}$	9,2	17,76	1+N	20	B	DPN	18,56	30,64	1,65	>8"
	$Q_{302-03/2}$	1,8	3,48	1+N	6	B	DPN	5,60	6	1,07	
IT-2-04	$Q_{302-04/1}$ L2	9,2	17,76	2+N	40	B	C60N	36,80	30,64	0,83	
	L3	10	19,3		40	B		36,8	33,3	0,90	
	$Q_{302-04/2}$	1,8	3,48	1+N	6	B	DPN	5,60	6	1,07	
IT-2-05	Q_{302-05}	2,3	4,44	1+N	6	B	DPN	5,60	7,66	1,37	>20"
IT-2-06	$Q_{302-06/1}$ L2	9,2	17,76	2+N	50	B	C60N	45,50	30,64	0,67	
	L3	15	28,95		50	B		45,5	49,95	1,1	
	$Q_{302-06/2}$	1,8	3,47	1+N	6	B	DPN	5,6	5,99	1,07	

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Caja de conexiones	Ref. interruptor automático	I_B	I_B + THDI o * A	Polos	I_n o I_r A			I_n o I_r a 45 °C A	I_f A	I_f/I_n a 45 °C	T no D seg
Línea 2.ª											
IT-2-07	Q_{402-07}	0,8	1,55	1+N	6	B	DPN	5,6	2,67	0,48	
IT-2-08	$Q_{402-08/1\ L1}$	13	25,09	2+N	50	B	C60N	45,5	43,29	0,95	
	L2	13	25,09		50	B		45,5	43,29	0,95	
	$Q_{402-08/2}$	2	3,86	1+N	6	B	DPN	5,6	6,66	1,19	>100"
IT-2-09	$Q_{402-09/1}$	9,2	17,75	1+N	20	B	DPN	18,56	30,63	1,65	>8"
	$Q_{402-09/2}$	2,4	4,63	1+N	6	B	DPN	5,6	7,99	1,43	>10"
IT-2-10	$Q_{402-10/1}$	9,2	17,75	1+N	20	B	DPN	18,56	30,63	1,65	>8"
	$Q_{402-10/2}$	2,4	4,63	1+N	6	B	DPN	5,6	7,99	1,43	>10"
IT-2-11	$Q_{402-11/1\ L2}$	9,2	17,76	2+N	40	B	C60N	36,8	30,64	0,83	
	L3	10	19,3		40	B		36,8	33,3	0,9	
	$Q_{402-11/2}$	3	5,79	1+N	6	B	DPN	5,6	9,99	1,78	>8"
IT-2-12	Q_{402-12}	1,4	2,7	1+N	6	B	DPN	5,6	4,66	0,83	
IT-2-13	$Q_{402-13/1\ L1}$	10	19,3	2+N	50	B	C60N	45,5	33,3	0,73	
	L3	14,2	27,41		50	B		45,5	47,29	1,04	
	$Q_{IT2-13/2}$	2,3	4,44	1+N	6	B	DPN	5,6	7,66	1,37	>20"
3.ª planta											
Línea 1.ª											
IT-2-01	$Q_{502-01/1}$	2	3,86	1+N	6	B	DPN	5,60	6,66	1,19	>100"
	$Q_{502-01/2\ L1}$	13	25,09	2+N	32	B	C60N	29,80	43,29	1,45	>10"
	L2	13	25,09		32	B		29,8	43,29	1,45	>10"
IT-2-02	$Q_{502-02/1}$	9,2	17,76	1+N	20	B	DPN	18,56	30,64	1,65	>8"
	$Q_{502-02/2}$	1,4	2,7	1+N	6	B	DPN	5,6	4,66	0,83	
IT-2-03	$Q_{502-03/1}$	9,2	17,76	1+N	20	B	DPN	18,56	30,64	1,65	>8"
	$Q_{502-03/2}$	1,8	3,48	1+N	6	B	DPN	5,60	6	1,07	
IT-2-04	$Q_{502-04/1\ L2}$	9,2	17,76	2+N	40	B	C60N	36,80	30,64	0,83	
	L3	10	19,3		40	B		36,8	33,3	0,90	
	$Q_{502-04/2}$	1,8	3,48	1+N	6	B	DPN	5,60	6	1,07	
IT-2-05	Q_{502-05}	2,3	4,44	1+N	6	B	DPN	5,60	7,66	1,37	>20"
IT-2-06	$Q_{502-06/1\ L2}$	9,2	17,76	2+N	50	B	C60N	45,50	30,64	0,67	
	L3	15	28,95		50	B		45,5	49,95	1,1	
	$Q_{502-06/2}$	1,8	3,47	1+N	6	B	DPN	5,6	5,99	1,07	
Línea 2.ª											
IT-2-07	Q_{602-07}	0,8	1,55	1+N	6	B	DPN	5,6	2,67	0,48	
IT-2-08	$Q_{602-08/1\ L1}$	13	25,09	2+N	50	B	C60N	45,5	43,29	0,95	
	L2	13	25,09		50	B		45,5	43,29	0,95	
	$Q_{602-08/2}$	2	3,86	1+N	6	B	DPN	5,6	6,66	1,19	>100"
IT-2-09	$Q_{602-09/1}$	9,2	17,75	1+N	20	B	DPN	18,56	30,63	1,65	>8"
	$Q_{602-09/2}$	2,4	4,63	1+N	6	B	DPN	5,6	7,99	1,43	>10"
IT-2-10	$Q_{602-10/1}$	9,2	17,75	1+N	20	B	DPN	18,56	30,63	1,65	>8"
	$Q_{602-10/2}$	2,4	4,63	1+N	6	B	DPN	5,6	7,99	1,43	>10"
IT-2-11	$Q_{602-11/1\ L2}$	9,2	17,76	2+N	40	B	C60N	36,8	30,64	0,83	
	L3	10	19,3		40	B		36,8	33,3	0,9	
	$Q_{602-11/2}$	3	5,79	1+N	6	B	DPN	5,6	9,99	1,78	>8"
IT-2-12	Q_{602-12}	1,4	2,7	1+N	6	B	DPN	5,6	4,66	0,83	
IT-2-13	$Q_{602-13/1\ L1}$	10	19,3	2+N	50	B	C60N	45,5	33,3	0,73	
	L3	14,2	27,41		50	B		45,5	47,29	1,04	
	$Q_{602-13/2}$	2,3	4,44	1+N	6	B	DPN	5,6	7,66	1,37	>20"

Tabla L6.4-518: *interruptores automáticos para la protección de cargas informáticas.*

Interruptores automáticos para la protección de tomas de señal

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
CGBT										
Q_{IT05}	0,50	0,60	1+N	3	B	DPN	2,75	3,30	1,20	>100"
Q_{IT06}	0,50	0,60	1+N	3	B	DPN	2,75	3,30	1,20	>100"
Q_{IT07}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT11}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT1P1}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT1P2}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT1P3}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
CDP 1.ª										
Q_{IT104}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT108}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT204}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT208}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
CDP 2.ª										
Q_{IT304}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT308}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT404}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT408}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
CDP 3.ª										
Q_{IT504}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT508}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT604}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"
Q_{IT608}	0,50	0,60	3+N	3	B	C60N	2,70	3,24	1,20	>1.000"

Tabla L6.4-519: *protecciones a las cargas para las tomas de señal.*

Las protecciones elegidas protegen perfectamente a las cargas de toma de señal para el control de calidad.

Interruptores automáticos para la protección de capacitancias

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
CGBT										
Q_{IT109}	15,84	5,35	3	20	C	C60L	18,40	25,47	1,38	>50"
CDP 1.ª										
Q_{IT106}	15,84	5,35	3	20	C	C60L	18,40	25,47	1,38	>50"
Q_{IT206}	10,69	5,35	3	20	C	C60L	18,40	20,32	1,10	
CDP 2.ª										
Q_{IT306}	18,90	10,70	3	25	C	C60L	23,00	38,16	1,66	>25"
Q_{IT406}	19,40	10,70	3	25	C	C60L	23,00	38,66	1,68	>25"
CDP 3.ª										
Q_{IT506}	18,90	10,70	3	25	C	C60L	23,00	38,16	1,66	>25"
Q_{IT606}	19,40	10,70	3	25	C	C60L	23,00	38,66	1,68	>25"

Tabla L6.4-520: *protecciones a las cargas capacitativas para las baterías de compensación del factor de potencia.*

Los interruptores automáticos elegidos son construidos de conformidad a la norma UNE-EN 60898, en los que la intensidad de no desconexión es de 1,13 I_n, por tanto las protecciones en que la punta de arranque no llega a 1,13 I_n se considerarán superadas permanentemente.
Las protecciones elegidas protegen perfectamente las cargas capacitativas.

Interruptores automáticos para la protección de capacitancias y electrónica

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
CGBT										
Q_{IT10}			3+N	100		Compact	97,50			
CDP 1.ª										
Q_{IT105}		21,16	3	63	B	C60H	56,70	50,78	0,90	
Q_{IT205}		18,14	3	63	B	C60H	56,70	43,53	0,77	
CDP 2.ª										
Q_{IT305}		37,66	3+N	100	B	C120H	96,00	90,38	0,94	
Q_{IT405}		38,64	3+N	100	B	C120H	96,00	92,73	0,97	
CDP 3.ª										
Q_{IT505}		37,66	3+N	100	B	C120H	96,00	90,38	0,94	
Q_{IT605}		38,64	3+N	100	B	C120H	96,00	92,73	0,97	

Tabla L6.4-521: *protecciones a las cargas capacitativas para los compensadores activos.*

Los interruptores automáticos elegidos son construidos de conformidad a la norma UNE-EN 60898, en los que la intensidad de no desconexión es de 1,13 I_n, por tanto las protecciones en que la punta de arranque no llega a 1,13 I_n se considerarán superadas permanentemente.
Las protecciones elegidas protegen perfectamente a las cargas con capacitancias y electrónica.

Interruptores automáticos para la protección de circuitos de maniobra

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
CGBT										
Q_{IT108}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
CDP 1.ª										
Q_{IT107}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
Q_{IT207}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
CDP 2.ª										
Q_{IT307}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
Q_{IT407}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
Q_{IT310}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
Q_{IT410}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
CDP 3.ª										
Q_{IT507}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
Q_{IT607}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
Q_{IT510}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	
Q_{IT610}			1+N	6	B	DPN	5,60	0	0,00	

Tabla L6.4-522: *protecciones a las cargas inductivas correspondientes a la maniobra.*

Los interruptores automáticos elegidos son construidos de conformidad a la norma UNE-EN 60898, en los que la intensidad de no desconexión es de 1,13 I_n, por tanto las protecciones en que la punta de arranque no llega a 1,13 I_n se considerarán superadas permanentemente.
Las protecciones elegidas protegen perfectamente a las cargas de maniobra.

Interruptores automáticos para la protección de las fuentes del sistema domótico

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
CDP 1.ª										
Q_{AT103}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT104}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT105}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT106}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
CDP 2.ª										
Q_{AT203}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT204}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT205}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT206}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
CDP 3.ª										
Q_{AT303}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT304}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT305}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	
Q_{AT306}		1	1+N	6	B	DPN	5,60	1,30	0,23	

Tabla L6.4-523: *protecciones a las cargas correspondientes a las fuentes de alimentación de las alarmas técnicas.*

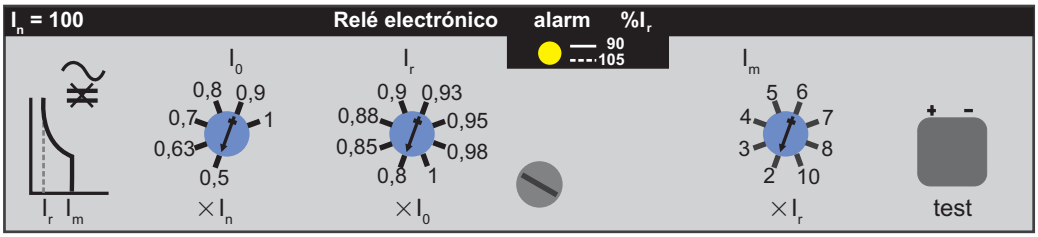
Los interruptores automáticos elegidos son construidos de conformidad a la norma UNE-EN 60898, en los que la intensidad de no desconexión es de 1,13 I_n, por tanto las protecciones en que la punta de arranque no llega a 1,13 I_n se considerarán superadas permanentemente. Las protecciones elegidas protegen perfectamente a las cargas correspondientes al sistema domótico.

Interruptores automáticos para la protección de líneas con cargas informáticas no lineales

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
CDP 1.ª										
Q_{IT102}	22,75		3+N	100		R. electr.	100	29,57	0,39	
$Q_{IT202/1}$	19,5		3+N	100		R. electr.	100	25,35	0,25	
$Q_{IT202/2}$	19,78		3+N	100		R. electr.	100	25,71	0,25	
CDP 2.ª										
Q_{IT302}	33,75		3+N	100		R. electr.	100	43,87	0,43	
Q_{IT402}	36,99		3+N	100		R. electr.	100	48,08	0,48	
CDP 3.ª										
Q_{IT502}	33,75		3+N	100		R. electr.	100	43,87	0,43	
Q_{IT602}	36,99		3+N	100		R. electr.	100	48,08	0,48	

Tabla L6.4-524: *protecciones a las líneas con cargas informáticas.*

Los interruptores automáticos elegidos son construidos de conformidad a las normas IEC 60947-1 e IEC 60947-2, en los que la intensidad de no desconexión es de 1,05 I_n, por tanto las protecciones en que la punta de arranque no llega a 1,05 I_n se considerarán superadas permanentemente.
Se trata de interruptores automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas:



■ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación $I_0 = 1 \cdot I_n = 100$; $I_r = 1 \cdot I_r = 100$ A 40 °C, 100 A 45 °C.
■ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).
Para el calibre de 100 la $I_m = 5 \cdot I_r = 6 \cdot 100$ A = 500 A con una desviación del 10% (450 A - 550 A).
Las protecciones elegidas protegen perfectamente a las líneas de las cargas informáticas.

Interruptores automáticos para la protección de líneas con fuentes de alimentación del sistema domótico

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
CDP 1.ª										
Q_{AT102}	2		3+N	6	C	C60N	5,64	2,60	0,46	
CDP 2.ª										
Q_{AT202}	2		3+N	6	C	C60N	5,64	2,60	0,46	
CDP 3.ª										
Q_{AT302}	2		3+N	6	C	C60N	5,64	2,60	0,46	

Tabla L6.4-525: *protecciones a las líneas de alimentación y a las fuentes de alimentación de las alarmas técnicas.*

Los interruptores automáticos elegidos son construidos de conformidad a la norma UNE-EN 60898, en los que la intensidad de no desconexión es de 1,13 I_n, por tanto las protecciones en que la punta de arranque no llega a 1,13 I_n se considerarán superadas permanentemente.
Las protecciones elegidas protegen perfectamente a las líneas de alimentación de las fuentes del sistema domótico.

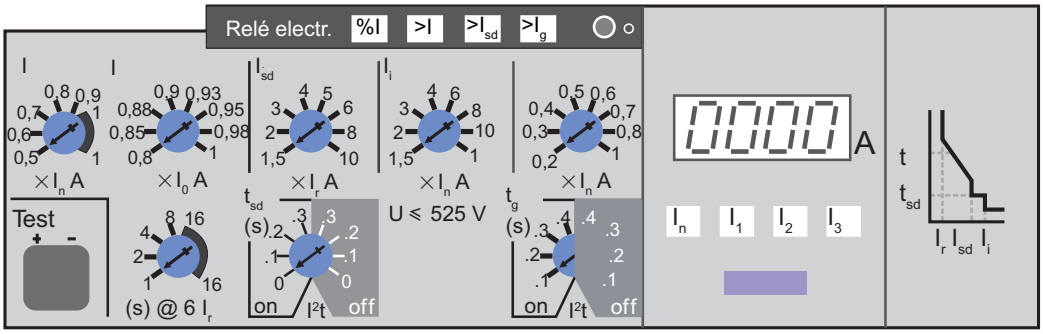
Interruptores automáticos para la protección de líneas con cargas no lineales

Los interruptores automáticos elegidos son construidos de conformidad a las normas IEC 60947-1 e IEC 60947-2, en los que la intensidad de no desconexión es de 1,05 I_n, por tanto las protecciones en que la punta de arranque no llega a 1,05 I_n se considerarán superadas permanentemente.
Se trata de interruptores automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas:

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
CGBT										
Q_{ITP1}	64,7		3+N	400		RST53UE	160	84,11	0,86	
Q_{ITP2}	56,19		3+N	400		RST53UE	160	73,04	0,75	
Q_{ITP3}	56,19		3+N	400		RST53UE	160	73,04	0,75	

Tabla L6.4-526: *protecciones a las líneas con cargas no lineales.*

■ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación $I_0 = 0,5\ I_n = 0,5 \cdot 400\ A = 200\ A$; $I_r = 0,8\ I_0 = 0,8 \cdot 200 = 160\ A$.
En la Guía técnica de la distribución eléctrica en baja tensión recomienda la regulación entre los interruptores electrónicos de la gama Compact, para obtener una buena selectividad una relación de 1,6, por tanto un relé aguas arriba de 160 A es totalmente selectivo con un relé de 100 A; 160 A/100 A = 1,6.
■ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).
En el relé electrónico la Im se puede regular y temporizar. Para poder ser selectivo con el relé aguas abajo, Compact relé electrónico regulado a $I_m = 5 \cdot I_r = 500\ A$ con una desviación del 10% (450 a 550 A).
En la Guía técnica de la distribución eléctrica en baja tensión recomienda la regulación entre los interruptores electrónicos de la gama Compact, para obtener una buena selectividad una relación de 1,5, por tanto deberíamos regular a 1,5 · 500 = 750 A. $I_m = 5 \cdot I_r = 5 \cdot 160 = 800\ A$.



En los puntos G, H e I disponen de unas intensidades máximas en cortocircuito de:

Valores corrientes de cortocircuito régimen IT						
Tramo	**Impedancia**		**Intensidad de cortocircuito (A)**			
	Tramo	**Desde F**	**Máxima carga**		**Mínima carga**	
	Ω	Ω	**3 SAI**	**2 SAI**	**3 SAI**	**2 SAI**
SAI			1.357	905	835	557
Punto F		0,001323	1.351	902	833	556
F-G		0,002269	1.347	900	831	555
F-H		0,002361	1.347	900	831	555
F-I		0,002453	1.346	900	831	555

Las intensidades con posible circulación están comprendidas entre 1.347 A y 555 A:
■ En el momento que dispongamos de tres SAI en funcionamiento (1.347 A) el aparato desconectará a través del relé de tiempo corto:
□ Esto representa que 1.347/160 = 8,4 I_r (el tiempo de desconexión se sitúa entre 16 y 68 ms).

□ La posible energía a circular será del orden de $I^2t = 1.347^2$ A · 0,068 s = 0,123 · 10^6 · A^2s.
■ En el momento que dispongamos de dos SAI en funcionamiento 900 A el aparato puede desconectar a través del relé de tiempo largo:
□ Esto representa que 900/160 = 5,625 I_r (el tiempo de desconexión se sitúa entre 0,016 y 1,2 s).
□ La posible energía a circular será del orden de $I^2t = 900^2$ A · 1,2 s = 0,972 · 10^6 · A^2s.
■ En el momento que dispongamos de tres SAI en funcionamiento, pero al final de la reserva de las baterías (831 A), el aparato puede desconectar a través del relé de tiempo largo:
□ Esto representa que 831/160 = 5,19 I_r (el tiempo de desconexión se sitúa entre 0,016 s y 1,8 s).
□ La posible energía a circular será del orden de $I^2t = 831^2$ A · 1,8 s = 1,243 · 10^6 · A^2s.
■ En el momento que dispongamos de dos SAI en funcionamiento, pero al final de la reserva de las baterías (555 A), el aparato desconectará a través del relé de tiempo largo:
□ Esto representa que 555/160 = 3,46 I_r (el tiempo de desconexión se sitúa entre 2,1 y 3,3 s).
□ La posible energía a circular será del orden de $I^2t = 555^2$ A · 3,3 s = 1,016 · 10^6 · A^2s.
Las conexiones se han previsto con conductores XPLPE de 50 mm^2 y canalizaciones prefabricadas, hasta las plantas 2.ª y 3.ª, de sección equivalente a 63 mm^2 en cobre. Estos conductores son capaces de soportar energías del orden de 46,133 · 10^6 · A^2t suficientes para soportar las posibles energías de paso.
Las protecciones elegidas protegen perfectamente a las líneas de alimentación de las plantas.

L
6.4

Interruptor automático para la protección de líneas de salida de los SAI y los propios SAI

La intensidad de las líneas de las cargas de las tres plantas es del orden de 146,36 A y la aportación de intensidad de cada SAI es de 182,53 A, por tanto protegeremos y dimensionaremos la red para poder soportar los 180 A.
La punta de arranque puede llegar a 1,3 la intensidad de las cargas: 1,3 · 146,36 A = 190,268 A.
Los SAI llevan protecciones internas, lo que debemos proteger es la red que alimentan los SAI.

Ref.	I_B A	I_B + THDI $I_{escalón\ mayor}$	Polos n.º	I_n A		Ref. Interruptor automático	I_n a 45 °C A	Intensidad de punta A	I_n a 45 °C/I_f A	Tiempo mínimo desconexión (seg)
Cuadro de control de los SAI										
Q_{ITG}	182,53		3+N	400		RST53UE	180	190,27	1,05	> 3.000''

Tabla L6.4-527: *protecciones a las líneas con cargas no lineales.*

El interruptor automático elegido está construido de conformidad a las normas IEC 60947-1 e IEC 60947-2, en los que la intensidad de no desconexión es de 1,05 I_n, por tanto las protecciones en que la punta de arranque no llegan a 1,05 I_n se considerarán superadas permanentemente.
Se trata del interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas:
■ Protección contra las sobrecargas, relé térmico (tiempo largo).
Intensidad de regulación I_0 = 0,5 I_n = 0,5 · 400 A = 200 A; I_r = 0,93 I_0 = 0,93 · 200 = 180 A.

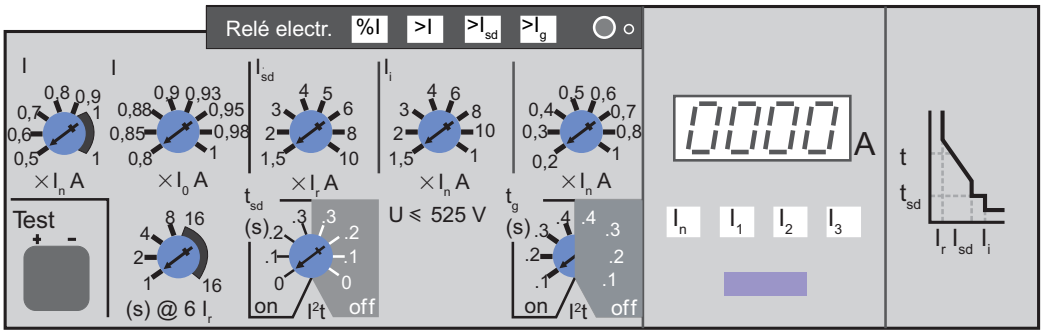
El relé del interruptor automático aguas abajo está regulado a 160 A, la relación es de 180 A/160 A = 1,125, por tanto según las instrucciones del fabricante no son selectivos. Pero los relés electrónicos permiten retardos y entre dos niveles próximos son selectivos. Si para el relé aguas abajo escogemos el nivel 1.º (8...15) y para el relé aguas arriba escojemos el nivel 2.º (34...50), los dos relés serán selectivos en la característica de tiempo largo.

■ Protección contra los cortocircuitos, relé magnético (tiempo corto).

En el relé electrónico la Im se puede regular y temporizar. Una regulación a I_m = $7 \cdot I_r = 7 \cdot 180$ A = 1.260 A con una desviación del 10% (1.130 a 1.386 A).

En la Guía técnica de la distribución eléctrica en baja tensión recomienda la regulación entre los relés electrónicos de la gama Compact, para obtener una buena selectividad una relación de 1,5, por tanto deberíamos regular a $I_m = 1{,}5 \cdot 5 \cdot 160$ = 1.200 A.

Los 1.260 A de intensidad solo es posible en el circuito cuando funcionan los tres SAI a plena carga, por tanto nos aseguramos una desconexión a tiempo corto. Si regulamos a Im = 5 · Ir = 5 · 180 A = 900 A (disponemos de Icc suficiente con 3 SAI), no será selectivo, pero la selectividad la podemos lograr con el dispositivo de selectividad lógica ZSI.



En el punto F disponen de unas intensidades máximas en cortocircuito de:

Valores corrientes de cortocircuito régimen IT						
Tramo	Impedancia		Intensidad de cortocircuito (A)			
	Tramo	Desde F	Máxima carga		Mínima carga	
	Ω	Ω	3 SAI	2 SAI	3 SAI	2 SAI
SAI			1.357	905	835	557
Punto F		0,001323	1.351	902	833	556

Las intensidades con posible circulación están comprendidas entre 1.351 A y 556 A.

■ En el momento que dispongamos de tres SAI en funcionamiento (1.351 A) el aparato desconectará a través del relé de tiempo corto:

□ Esto representa que 1.351/180 = 7,5 I_r (el tiempo de desconexión se sitúa entre 16 y 70 ms).

□ La posible energía a circular será del orden de $I^2t = 1.351^2$ A · 0,07 s = 0,127 · $10^6 \cdot A^2s$.

■ En el momento que dispongamos de dos SAI en funcionamiento (902 A) el aparato puede desconectar a través del relé de tiempo corto o largo en función de la tolerancia del relé:

□ Esto representa que: 902/180 = 5,01 I_r (el tiempo de desconexión se sitúa entre 0,018 s y 3 s).

□ La posible energía a circular será del orden de $I^2t = 902^2$ A · 3 s = 2,44 · $10^6 \cdot A^2s$.

■ En el momento que dispongamos de tres SAI en funcionamiento, pero al final de la reserva de las baterías (833 A), el aparato desconectará a través del relé de tiempo largo:
□ Esto representa que 833/180 = 4,62 I_r (el tiempo de desconexión se sitúa entre 2,9 s y 3 s).
□ La posible energía a circular será del orden de $I^2t = 833^2\,A \cdot 3\,s = 2{,}08 \cdot 10^6 \cdot A^2s$.
■ En el momento que dispongamos de dos SAI en funcionamiento, pero al final de la reserva de las baterías (556 A), el aparato desconectará a través del relé de tiempo largo:
□ Esto representa que 556/180 = 3,08 I_r (el tiempo de desconexión se sitúa entre 6,5 y 8,5 s).
□ La posible energía a circular será del orden de $I^2t = 556^2\,A \cdot 8{,}5\,s = 2{,}62 \cdot 10^6 \cdot A^2s$.
Las conexiones se han previsto con conductores XPLPE de 70 mm^2. Estos conductores son capaces de soportar energías del orden de $100{,}2 \cdot 10^6 \cdot A^2s$ suficientes para soportar las posibles energías de paso.
Las protecciones elegidas protegen perfectamente a las líneas y los SAI de alimentación al CGBT.

Selectividad lógica ZSI

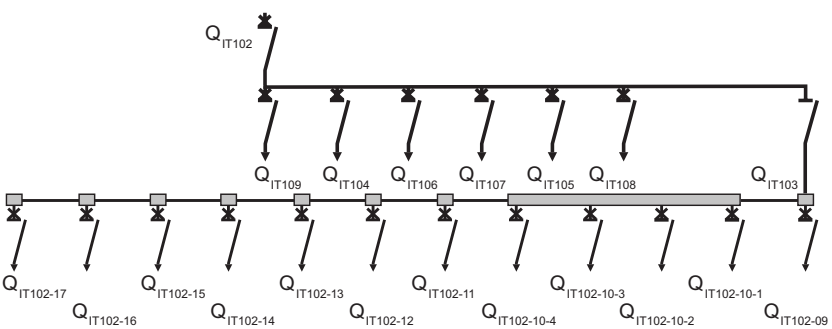
Un hilo piloto ligado a los dos interruptores automáticos en cascada y los equipos de selectividad lógica ZSI acoplados a los relés electrónicos nos permiten conseguir (con defecto a tierra o corto retardo):
■ La unidad de control electrónico, de aguas abajo, detecta el defecto e informa al interruptor automático de aguas arriba, que respeta entonces la temporización programada.
■ La unidad de control electrónico, de aguas abajo, no detecta el defecto: el interruptor automático de aguas arriba desconecta sin considerar la temporización de retardo.

Selectividad

1.º planta

Línea 1.ª

El interruptor automático Q_{IT102} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IT109}, Q_{IT104}, Q_{IT106}, Q_{IT107}, Q_{IT105}, Q_{IT108}, Q_{IT103}, $Q_{IT102\text{-}09}$, $Q_{IT102\text{-}10\text{-}1}$, $Q_{IT102\text{-}10\text{-}2}$, $Q_{IT102\text{-}10\text{-}3}$, $Q_{IT102\text{-}10\text{-}4}$, $Q_{IT102\text{-}11}$, $Q_{IT102\text{-}12}$, $Q_{IT102\text{-}13}$, $Q_{IT102\text{-}14}$, $Q_{IT102\text{-}15}$, $Q_{IT102\text{-}16}$ y $Q_{IT102\text{-}17}$.



Los interruptores Q_{IT109}, Q_{IT104}, Q_{IT106}, Q_{IT107}, Q_{IT105}, Q_{IT108},Q_{IT103}, $Q_{IT102\text{-}09}$, $Q_{IT102\text{-}10\text{-}1}$, $Q_{IT102\text{-}10\text{-}2}$, $Q_{IT102\text{-}10\text{-}3}$, $Q_{IT102\text{-}10\text{-}4}$, $Q_{IT102\text{-}11}$, $Q_{IT102\text{-}12}$, $Q_{IT102\text{-}13}$, $Q_{IT102\text{-}14}$, $Q_{IT102\text{-}15}$, $Q_{IT102\text{-}16}$ y $Q_{IT102\text{-}17}$ corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.

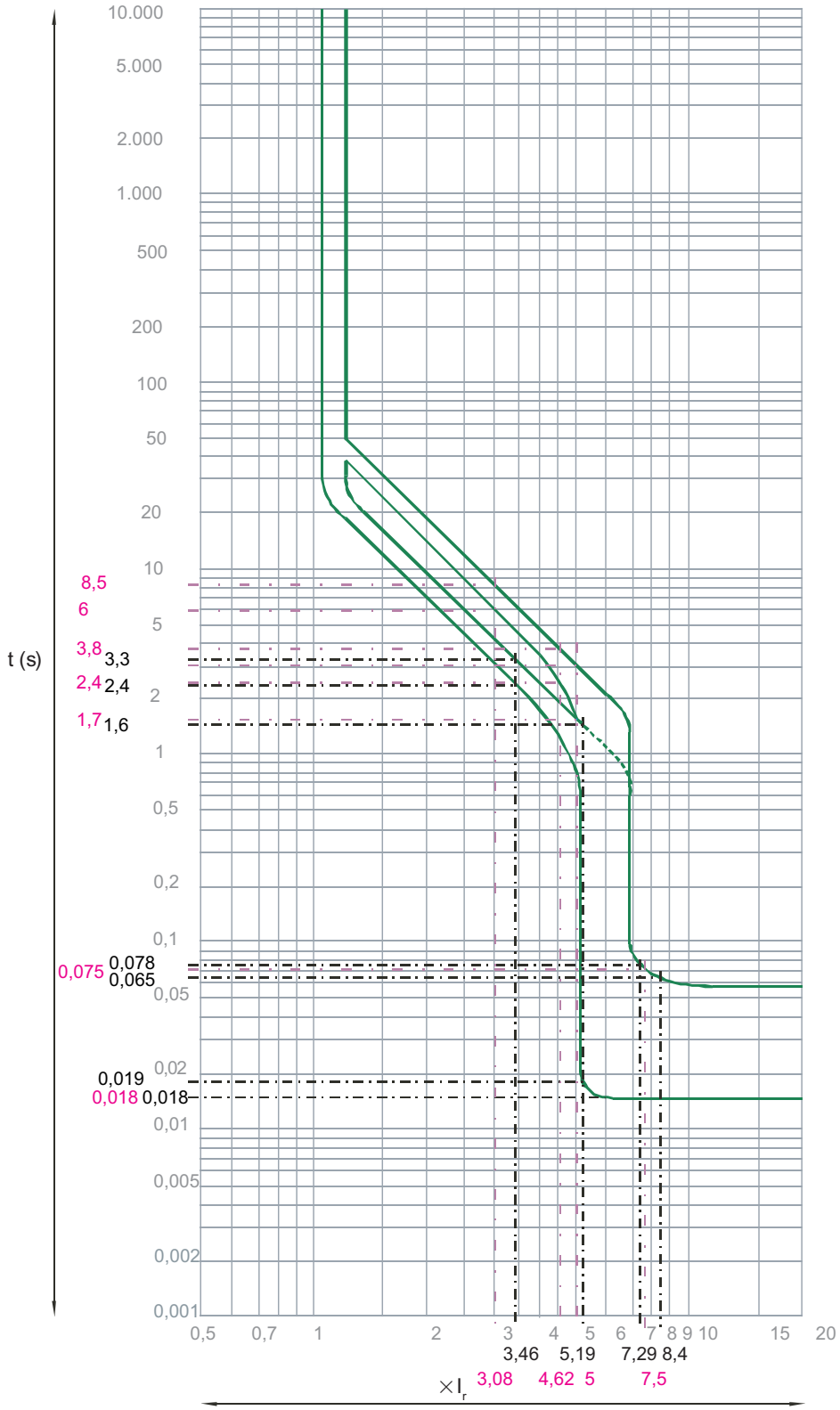


Fig. L6.4-528: *diagrama de actuación de los dos relés electrónicos.*

El interruptor Q_{IT102} corresponde a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas, con I_m regulado a 5 I_r = 1 · 100 A = 500 A:

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{IT102}/Q_{IT109} = 100 A/18,56 A = 5,38
Q_{IT102}/Q_{IT104} = 100 A/2,75 A = 36,36
Q_{IT102}/Q_{IT106} = 100 A/18,40 A = 5,43
Q_{IT102}/Q_{IT107} = 100 A/5,60 A = 17,85
Q_{IT102}/Q_{IT105} = 100 A/56,70 A = 1,76
Q_{IT102}/Q_{IT108} = 100 A/2,75 A = 36,36
$Q_{IT102}/Q_{IT102/09}$ = 100 A/18,56 A = 5,38
$Q_{IT102}/Q_{IT102/10/1}$ = 100 A/14,82 A = 6,74
$Q_{IT102}/Q_{IT102/10/2}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT102}/Q_{IT102/10/3}$ = 97,5 A/9,17 A = 10,63
$Q_{IT102}/Q_{IT103/10/4}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT102}/Q_{IT103/11}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT102}/Q_{IT103/12}$ = 100 A/29,45 A = 3,39
$Q_{IT102}/Q_{IT103/13}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT102}/Q_{IT102/14}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT102}/Q_{IT102/15}$ = 100 A/29,45 A = 3,39
$Q_{IT102}/Q_{IT102/16}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT102}/Q_{IT102/17}$ = 100 A/9,17 A = 10,90

□ Para el tiempo corto de desconexión

Q_{IT102}/Q_{IT109} = 500 A/100 A = 5
Q_{IT102}/Q_{IT104} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{IT102}/Q_{IT106} = 500 A/100 A = 5
Q_{IT102}/Q_{IT107} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{IT102}/Q_{IT105} = 500 A/189 A = 2,64
Q_{IT102}/Q_{IT108} = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT102}/Q_{IT102/09}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT102}/Q_{IT102/10/1}$ = 500 A/48 A = 10,41
$Q_{IT102}/Q_{IT102/10/2}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT102}/Q_{IT102/10/3}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT102}/Q_{IT102/10/4}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT102}/Q_{IT102/11}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT102}/Q_{IT102/12}$ = 500 A/96 A = 5,2
$Q_{IT102}/Q_{IT102/13}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT102}/Q_{IT102/14}$ = 720 A/30 A = 24
$Q_{IT102}/Q_{IT102/15}$ = 500 A/96 A = 5,2
$Q_{IT102}/Q_{IT102/16}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT102}/Q_{IT102/17}$ = 500 A/30 A = 16,66

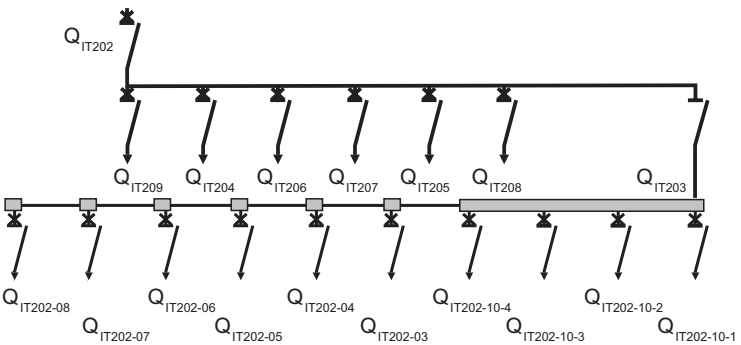
■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

Línea 2.ª

El interruptor automático Q_{IT202} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IT209}, Q_{IT204}, Q_{IT206}, Q_{IT207}, Q_{IT205}, Q_{IT208},$Q_{IT203/1}$, $Q_{IT202-08}$,$Q_{IT202-01-1}$, $Q_{IT202-01-2}$, $Q_{IT202-01-3}$, $Q_{IT202-01-4}$, $Q_{IT202-03}$, $Q_{IT202-04}$, $Q_{IT202-05}$, $Q_{IT202-06}$, $Q_{IT202-07}$ y $Q_{IT202-08}$.



Los interruptores Q_{IT209}, Q_{IT204}, Q_{IT206}, Q_{IT207}, Q_{IT205}, Q_{IT108}, Q_{IT103}, $Q_{IT202-10-1}$, $Q_{IT202-10-2}$, $Q_{IT202-10-3}$, $Q_{IT202-10-4}$, $Q_{IT202-03}$, $Q_{IT202-04}$, $Q_{IT202-05}$, $Q_{IT202-06}$, $Q_{IT202-07}$ y $Q_{IT202-08}$ corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.

El interruptor Q_{IT202} corresponde a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas, con I_m regulado a 5 I_r = 1 · 100 A = 500 A:

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{IT202}/Q_{IT209} = 100 A/18,56 A = 5,38
Q_{IT202}/Q_{IT204} = 100 A/2,75 A = 36,36
Q_{IT202}/Q_{IT206} = 100 A/18,40 A = 5,43
Q_{IT202}/Q_{IT207} = 100 A/5,60 A = 17,85
Q_{IT202}/Q_{IT205} = 100 A/56,70 A = 1,76
Q_{IT202}/Q_{IT208} = 100 A/2,75 A = 36,36
$Q_{IT202}/Q_{IT202-01-1}$ = 100 A/14,82 A = 6,74
$Q_{IT202}/Q_{IT102-01-2}$ = 100 A/18,56 A = 5,38
$Q_{IT202}/Q_{IT102-01-3}$ = 100 A/18,56 A = 5,38
$Q_{IT202}/Q_{IT102-01-4}$ = 100 A/18,56 A = 5,38
$Q_{IT202}/Q_{IT202-03}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT202}/Q_{IT202-04}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT202}/Q_{IT202-05}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT202}/Q_{IT202-06}$ = 100 A/29,45 A = 3,39
$Q_{IT202}/Q_{IT202-07}$ = 100 A/9,17 A = 10,90
$Q_{IT202}/Q_{IT202-08}$ = 100 A/9,17 A = 10,90

□ Para el tiempo corto de desconexión

Q_{IT202}/Q_{IT209} = 500 A/100 A = 5
Q_{IT202}/Q_{IT204} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{IT202}/Q_{IT206} = 500 A/100 A = 5
Q_{IT202}/Q_{IT207} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{IT202}/Q_{IT205} = 500 A/189 A = 2,64
Q_{IT202}/Q_{IT208} = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT202}/Q_{IT202-01-1}$ = 500 A/48 A = 10,41
$Q_{IT202}/Q_{IT102-01-2}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT202}/Q_{IT102-01-3}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT202}/Q_{IT102-01-4}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT202}/Q_{IT202-03}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT202}/Q_{IT202-04}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT202}/Q_{IT202-05}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT202}/Q_{IT202-06}$ = 500 A/96 A = 5,2
$Q_{IT202}/Q_{IT202-07}$ = 500 A/30 A = 16,66
$Q_{IT202}/Q_{IT202-08}$ = 500 A/30 A = 16,66

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

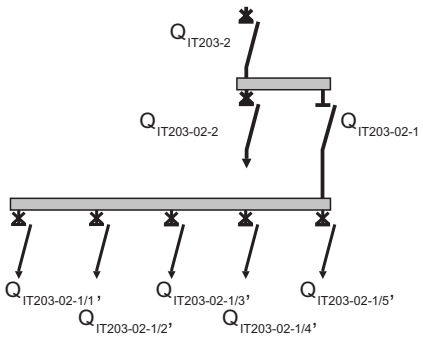
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total.

L
6.4

Línea 3.ª

El interruptor automático $Q_{IT203-2}$ está situado aguas arriba de los interruptores automáticos $Q_{IT203-02-1/1}$, $Q_{IT203-02-1/2}$, $Q_{IT203-02-1/3}$, $Q_{IT203-02-1/4}$, $Q_{IT203-02-1/5}$ y $Q_{IT203-02-2}$.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-2}$ = 100 A/5,6 A = 17,85
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/1}$ = 100 A/45,50 A = 2,19
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/2}$ = 100 A/19,40 A = 5,15

□ Para el tiempo corto de desconexión

$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/1}$ = 500 A/250 A = 2
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/2}$ = 500 A/100 A = 5

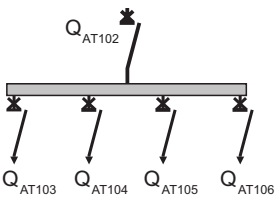
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/3}$ = 100 A/48,50 A = 2,06
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/4}$ = 100 A/2,70 A = 37,03
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/5}$ = 100 A/2,70 A = 37,03

$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/3}$ = 500 A/150 A = 3,33
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/4}$ = 500 A/15 A = 33,33
$Q_{IT203-2}/Q_{IT203-02-1/5}$ = 500 A/15 A = 33,33

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta d las tablas la selectividad del fabricante es total.

Línea AT 1.ª planta

El interruptor automático Q_{AT102} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{AT103}, Q_{AT104}, Q_{AT105} y Q_{AT106}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión
Q_{AT102}/Q_{AT103} = 9 A/5,6 A = 1,6
Q_{AT102}/Q_{AT104} = 9 A/5,6 A = 1,6
Q_{AT102}/Q_{AT105} = 9 A/5,6 A = 1,6
Q_{AT102}/Q_{AT106} = 9 A/5,6 A = 1,6

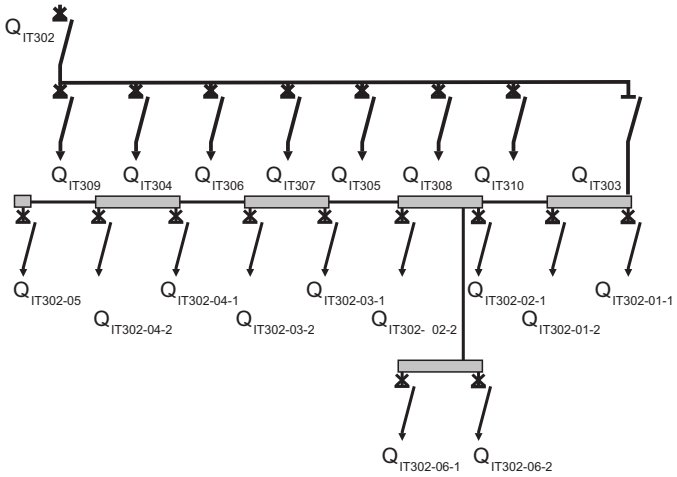
□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{AT102}/Q_{AT103} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT102}/Q_{AT104} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT102}/Q_{AT105} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT102}/Q_{AT106} = 50 A/18 A = 31,25

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. No son selectivos un C60N 10 A curva C en cabecera y un DPN de 6 A curva B aguas abajo no son selectivos, pero si disponemos de un mantenimiento efectivo, en corto tiempo restableceremos la alimentación de todas las alarmas menos la afectada, que dependerá del tiempo necesario de reparación.

2.ª planta

Línea 1.ª

El interruptor automático Q_{IT302} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IT309}, Q_{IT304}, Q_{IT306}, Q_{IT307}, Q_{IT305}, Q_{IT308}, Q_{IT108}, Q_{IT103}, $Q_{IT302-01-1}$, $Q_{IT302-01-2}$, $Q_{IT302-02-1}$, $Q_{IT302-02-2}$, $Q_{IT302-03-1}$, $Q_{IT302-03-2}$, $Q_{IT302-04-1}$, $Q_{IT302-04-2}$, $Q_{IT302-05}$, $Q_{IT302-06-1}$ y $Q_{IT302-06-2}$.



Los interruptores Q_{IT309}, Q_{IT304}, Q_{IT306}, Q_{IT307}, Q_{IT305}, Q_{IT308}, Q_{IT310}, Q_{IT303}, $Q_{IT302-01-1}$, $Q_{IT302-01-2}$, $Q_{IT302-02-1}$, $Q_{IT302-02-2}$, $Q_{IT302-03-1}$, $Q_{IT302-03-2}$, $Q_{IT302-04-1}$, $Q_{IT302-04-2}$, $Q_{IT302-05}$, $Q_{IT302-06-1}$ y $Q_{IT302-06-2}$ corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico. El interruptor Q_{IT302} corresponde a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas, con I_m regulado a 5 I_r = 1 · 100 A = 500 A:

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{IT302}/Q_{IT309} = 100 A/18,56 A = 5,38	Q_{IT302}/Q_{IT309} = 500 A/100 A = 5
Q_{IT302}/Q_{IT304} = 100 A/2,70 A = 37,03	Q_{IT302}/Q_{IT304} = 500 A/9 A = 55,55
Q_{IT302}/Q_{IT306} = 100 A/23 A = 4,34	Q_{IT302}/Q_{IT306} = 500 A/125 A = 4
Q_{IT302}/Q_{IT307} = 100 A/5,60 A = 17,85	Q_{IT302}/Q_{IT307} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{IT302}/Q_{IT305} = 100 A/96 A = 1,04	Q_{IT302}/Q_{IT305} = 500 A/300 A = 1,66
Q_{IT302}/Q_{IT308} = 100 A/2,70 A = 37,03	Q_{IT302}/Q_{IT308} = 500 A/9 A = 55,55
Q_{IT302}/Q_{IT310} = 100 A/5,60 A = 17,85	Q_{IT302}/Q_{IT310} = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT302}/Q_{IT302-01-1}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT302}/Q_{IT302-01-1}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT302}/Q_{IT302-01-2}$ = 100 A/29,80 A = 3,35	$Q_{IT302}/Q_{IT302-01-2}$ = 500 A/96 A = 5,20
$Q_{IT302}/Q_{IT302-02-1}$ = 100 A/18,56 A = 5,38	$Q_{IT302}/Q_{IT302-02-1}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT302}/Q_{IT302-02-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT302}/Q_{IT302-02-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT302}/Q_{IT302-03-1}$ = 100 A/18,56 A = 5,38	$Q_{IT302}/Q_{IT302-03-1}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT302}/Q_{IT302-03-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT302}/Q_{IT302-03-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT302}/Q_{IT302-04-1}$ = 100 A/36,80 A = 2,71	$Q_{IT302}/Q_{IT302-04-1}$ = 500 A/120 A = 4,16
$Q_{IT302}/Q_{IT302-04-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT302}/Q_{IT302-04-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT302}/Q_{IT302-05}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT302}/Q_{IT302-05}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT302}/Q_{IT302-06-1}$ = 100 A/45,50 A = 2,19	$Q_{IT302}/Q_{IT302-06-1}$ = 500 A/150 A = 3,33
$Q_{IT302}/Q_{IT302-06-2}$ = 100 A/5,65 A = 17,69	$Q_{IT302}/Q_{IT302-06-2}$ = 500 A/18 A = 27,77

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{IT305}: Q_{IT302}/Q_{IT305} = 100 A/96 A = 1,04, el interruptor corresponde al compensador activo de armónicos.

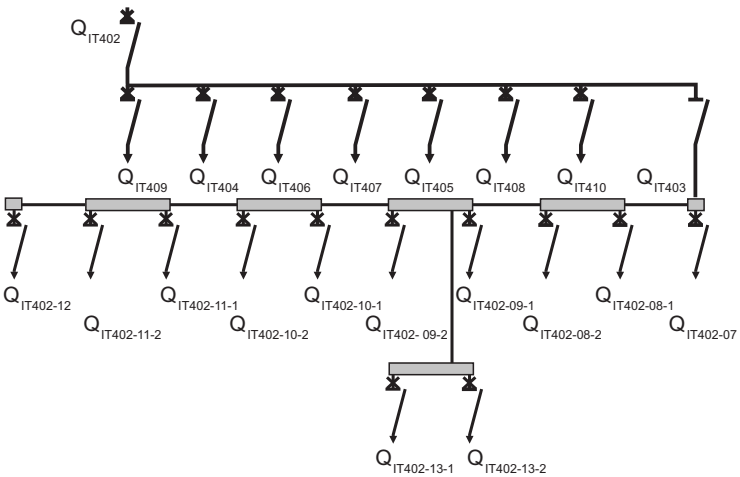
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena, excepto con el interruptor Q_{IT305}: Q_{IT302}/Q_{IT305} = 500 A/300 A = 1,66, el interruptor corresponde al compensador activo de armónicos.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01.

Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total, excepto con el interruptor Q_{IT305}.
Nos encontramos frente a una problemática de calidad de la energía, si desconecta el interruptor de protección del compensador activo, éste no funcionará y los armónicos seguirán aguas arriba contaminando el circuito. Para evitar un daño mayor tendremos que desconectar la línea para evitar esta contaminación. Deberemos realizar la misma operación que en tiempo largo y en cortocircuito se puede producir simultáneamente.

Línea 2.ª

El interruptor automático Q_{IT402} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IT409}, Q_{IT404}, Q_{IT406}, Q_{IT407}, Q_{IT405}, Q_{IT408}, Q_{IT108}, Q_{IT103}, $Q_{IT402-07}$, $Q_{IT402-08-1}$, $Q_{IT402-08-2}$, $Q_{IT402-09-1}$, $Q_{IT402-09-2}$, $Q_{IT402-10-1}$, $Q_{IT402-10-2}$, $Q_{IT402-11-1}$, $Q_{IT402-11-2}$, $Q_{IT402-12}$, $Q_{IT402-13-1}$ y $Q_{IT402-13-2}$.



Los interruptores Q_{IT409}, Q_{IT404}, Q_{IT406}, Q_{IT407}, Q_{IT405}, Q_{IT408}, Q_{IT108}, Q_{IT103}, $Q_{IT402-07}$, $Q_{IT402-08-1}$, $Q_{IT402-08-2}$, $Q_{IT402-09-1}$, $Q_{IT402-09-2}$, $Q_{IT402-10-1}$, $Q_{IT402-10-2}$, $Q_{IT402-11-1}$, $Q_{IT402-11-2}$, $Q_{IT402-12}$, $Q_{IT402-13-1}$ y $Q_{IT402-13-2}$ corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.
El interruptor Q_{IT402} corresponde a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos RST22SE, adecuados para la protección de líneas:

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{IT402}/Q_{IT409} = 100 A/18,56 A = 5,38
Q_{IT402}/Q_{IT404} = 100 A/2,70 A = 37,03
Q_{IT402}/Q_{IT406} = 100 A/23 A = 4,34
Q_{IT402}/Q_{IT407} = 100 A/5,60 A = 17,85
Q_{IT402}/Q_{IT405} = 100 A/96 A = 1,04
Q_{IT402}/Q_{IT408} = 100 A/2,70 A = 37,03
Q_{IT402}/Q_{IT410} = 100 A/5,60 A = 17,85
$Q_{IT402}/Q_{IT402-07}$ = 100 A/5,60 A = 17,85
$Q_{IT402}/Q_{IT402-08-1}$ = 100 A/45,5 A = 2,19
$Q_{IT402}/Q_{IT402-08-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85
$Q_{IT402}/Q_{IT402-09-1}$ = 100 A/18,56 A = 5,38
$Q_{IT402}/Q_{IT402-09-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85
$Q_{IT402}/Q_{IT402-10-1}$ = 100 A/18,56 A = 5,38

□ Para el tiempo corto de desconexión

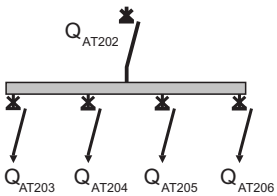
Q_{IT402}/Q_{IT409} = 500 A/100 A = 5
Q_{IT402}/Q_{IT404} = 500 A/9 A = 55,55
Q_{IT402}/Q_{IT406} = 500 A/125 A = 4
Q_{IT402}/Q_{IT407} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{IT402}/Q_{IT405} = 500 A/300 A = 1,66
Q_{IT402}/Q_{IT408} = 500 A/9 A = 55,55
Q_{IT402}/Q_{IT410} = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT402}/Q_{IT402-07}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT402}/Q_{IT402-08-1}$ = 500 A/150 A = 3,33
$Q_{IT402}/Q_{IT402-08-2}$ = 500 A/12 A = 41,66
$Q_{IT402}/Q_{IT402-09-1}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT402}/Q_{IT402-09-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT402}/Q_{IT402-10-1}$ = 500 A/60 A = 8,33

$Q_{IT402}/Q_{IT402-10-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT402}/Q_{IT402-10-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT402}/Q_{IT402-11-1}$ = 100 A/36,80 A = 2,71	$Q_{IT402}/Q_{IT402-11-1}$ = 500 A/120 A = 4,16
$Q_{IT402}/Q_{IT402-11-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT402}/Q_{IT402-11-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT402}/Q_{IT402-12}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT402}/Q_{IT402-12}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT402}/Q_{IT402-13-1}$ = 100 A/45,50 A = 2,19	$Q_{IT402}/Q_{IT402-13-1}$ = 500 A/150 A = 3,33
$Q_{IT402}/Q_{IT402-13-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT402}/Q_{IT402-13-2}$ = 500 A/18 A = 27,77

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena excepto con el interruptor Q_{IT305}: Q_{IT402}/Q_{IT405} = 100 A/96 A = 1,04, el interruptor corresponde al compensador activo de armónicos.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena excepto con el interruptor Q_{IT305}: Q_{IT402}/Q_{IT405} = 500 A/300 A = 1,66, el interruptor corresponde al compensador activo de armónicos.
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total, excepto con el interruptor Q_{IT405}.
Nos encontramos frente a una problemática de calidad de la energía, si desconecta el interruptor de protección del compensador activo, éste no funcionará y los armónicos seguirán aguas arriba contaminando el circuito. Para evitar un daño mayor tendremos que desconectar la línea para evitar esta contaminación. Deberemos realizar la misma operación que en tiempo largo y en cortocircuito se puede producir simultáneamente.

Línea AT 2.ª planta

El interruptor automático Q_{AT102} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{AT103}, Q_{AT104}, Q_{AT205} y Q_{AT206}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

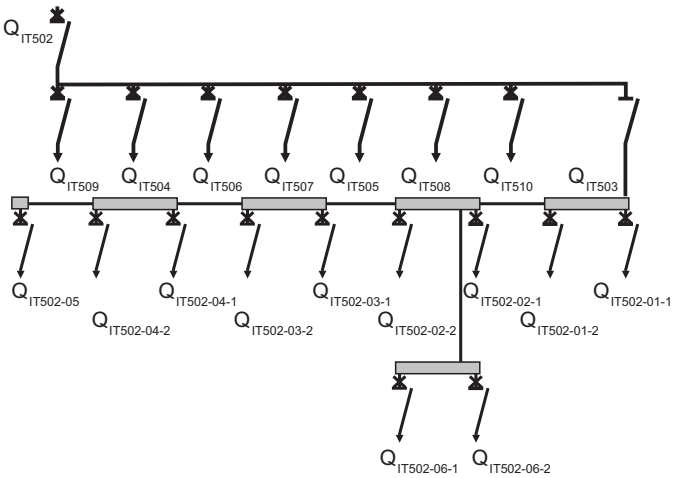
□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{AT202}/Q_{AT03} = 9 A/5,6 A = 1,6	Q_{AT202}/Q_{AT03} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT202}/Q_{AT04} = 9 A/5,6 A = 1,6	Q_{AT202}/Q_{AT04} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT202}/Q_{AT205} = 9 A/5,6 A = 1,6	Q_{AT202}/Q_{AT205} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT202}/Q_{AT206} = 9 A/5,6 A = 1,6	Q_{AT202}/Q_{AT206} = 50 A/18 A = 31,25

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.
■ Selectividad en cortocircuito. No son selectivos, un C60N 10 A curva C en cabecera y un DPN de 6 A curva B aguas abajo no son selectivos, pero si disponemos de un mantenimiento efectivo, en corto tiempo restableceremos la alimentación de todas las alarmas menos la afectada, que dependerá del tiempo necesario de reparación.

3.ª planta

Línea 1.ª

El interruptor automático Q_{IT502} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IT509}, Q_{IT504}, Q_{IT506}, Q_{IT507}, Q_{IT505}, Q_{IT508}, Q_{IT108}, Q_{IT103}, $Q_{IT502-01-1}$, $Q_{IT502-01-2}$, $Q_{IT502-02-1}$, $Q_{IT502-02-2}$, $Q_{IT502-03-1}$, $Q_{IT502-03-2}$, $Q_{IT502-04-1}$, $Q_{IT502-04-2}$, $Q_{IT502-05}$, $Q_{IT502-06-1}$ y $Q_{IT502-06-2}$.



Los interruptores Q_{IT509}, Q_{IT504}, Q_{IT506}, Q_{IT507}, Q_{IT505}, Q_{IT308}, Q_{IT310}, Q_{IT303}, $Q_{IT502-01-1}$, $Q_{IT502-01-2}$, $Q_{IT502-02-1}$, $Q_{IT502-02-2}$, $Q_{IT502-03-1}$, $Q_{IT502-03-2}$, $Q_{IT502-04-1}$, $Q_{IT502-04-2}$, $Q_{IT502-05}$, $Q_{IT502-06-1}$ y $Q_{IT502-06-2}$ corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico. El interruptor Q_{IT302} corresponde a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés magnéticos electrónicos, adecuados para la protección de líneas:

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{IT502}/Q_{IT509} = 100 A/18,56 A = 5,38	Q_{IT502}/Q_{IT509} = 500 A/100 A = 5
Q_{IT502}/Q_{IT504} = 100 A/2,70 A = 37,03	Q_{IT502}/Q_{IT504} = 500 A/9 A = 55,55
Q_{IT502}/Q_{IT506} = 100 A/23 A = 4,34	Q_{IT502}/Q_{IT506} = 500 A/125 A = 4
Q_{IT502}/Q_{IT507} = 100 A/5,60 A = 17,85	Q_{IT502}/Q_{IT507} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{IT502}/Q_{IT505} = 100 A/96 A = 1,04	Q_{IT502}/Q_{IT505} = 500 A/300 A = 1,66
Q_{IT502}/Q_{IT508} = 100 A/2,70 A = 37,03	Q_{IT502}/Q_{IT508} = 500 A/9 A = 55,55
Q_{IT502}/Q_{IT510} = 100 A/5,60 A = 17,85	Q_{IT502}/Q_{IT510} = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT502}/Q_{IT502-01-1}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT502}/Q_{IT502-01-1}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT502}/Q_{IT502-01-2}$ = 100 A/29,80 A = 3,35	$Q_{IT502}/Q_{IT502-01-2}$ = 500 A/96 A = 5,2
$Q_{IT502}/Q_{IT502-02-1}$ = 100 A/18,56 A = 5,38	$Q_{IT502}/Q_{IT502-02-1}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT502}/Q_{IT502-02-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT502}/Q_{IT502-02-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT502}/Q_{IT502-03-1}$ = 100 A/18,56 A = 5,38	$Q_{IT502}/Q_{IT502-03-1}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT502}/Q_{IT502-03-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT502}/Q_{IT502-03-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT502}/Q_{IT502-04-1}$ = 100 A/36,80 A = 2,71	$Q_{IT502}/Q_{IT502-04-1}$ = 500 A/120 A = 4,16
$Q_{IT502}/Q_{IT502-04-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT502}/Q_{IT502-04-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT502}/Q_{IT502-05}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT502}/Q_{IT502-05}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT502}/Q_{IT502-06-1}$ = 100 A/45,50 A = 2,19	$Q_{IT502}/Q_{IT502-06-1}$ = 500 A/150 A = 3,33
$Q_{IT502}/Q_{IT502-06-2}$ = 100 A/5,65 A = 17,69	$Q_{IT502}/Q_{IT502-06-2}$ = 500 A/18 A = 27,77

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena excepto con el interruptor Q_{IT505}: Q_{IT502}/Q_{IT505} = 97,5 A/96 A = 1,01, el interruptor corresponde al compensador activo de armónicos.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena excepto con el interruptor Q_{IT505}: Q_{IT502}/Q_{IT505} = 500 A/300 A = 1,66, el interruptor corresponde al compensador activo de armónicos.

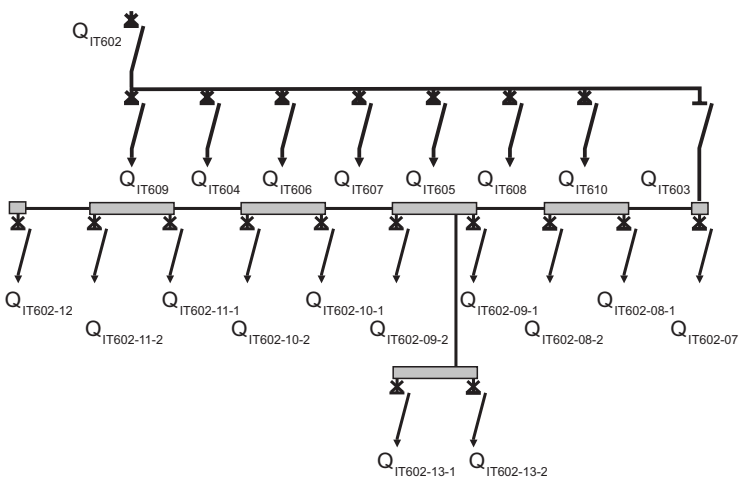
■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar "La guía técnica de la distribución eléctrica en BT". Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total, excepto con el interruptor Q_{IT505}.

Nos encontramos frente a una problemática de calidad de la energía, si desconecta el interruptor de protección del compensador activo, éste no funcionará y los armónicos seguirán aguas arriba contaminando el circuito. Para evitar un daño mayor tendremos que desconectar la línea para evitar esta contaminación. Deberemos realizar la misma operación que en tiempo largo y en cortocircuito se puede producir simultáneamente.

Línea 2.ª

El interruptor automático Q_{IT602} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IT609}, Q_{IT604}, Q_{IT606}, Q_{IT607}, Q_{IT605}, Q_{IT608}, Q_{IT108}, Q_{IT103}, $Q_{IT602-07}$, $Q_{IT602-08-1}$, $Q_{IT602-08-2}$, $Q_{IT602-09-1}$, $Q_{IT602-09-2}$, $Q_{IT602-10-1}$, $Q_{IT602-10-2}$, $Q_{IT602-11-1}$, $Q_{IT602-11-2}$, $Q_{IT602-12}$, $Q_{IT602-13-1}$ y $Q_{IT602-13-2}$.

Los interruptores Q_{IT609}, Q_{IT604}, Q_{IT606}, Q_{IT607}, Q_{IT605}, Q_{IT608}, Q_{IT108}, Q_{IT103}, $Q_{IT602-07}$, $Q_{IT602-08-1}$, $Q_{IT602-08-2}$, $Q_{IT602-09-1}$, $Q_{IT602-09-2}$, $Q_{IT602-10-1}$, $Q_{IT602-10-2}$, $Q_{IT602-11-1}$, $Q_{IT602-11-2}$, $Q_{IT602-12}$, $Q_{IT602-13-1}$ y $Q_{IT602-13-2}$ corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.



El interruptor Q_{IT602} corresponde a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas:

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{IT602}/Q_{IT609} = 100 A/18,56 A = 5,38	Q_{IT602}/Q_{IT609} = 500 A/100 A = 5
Q_{IT602}/Q_{IT604} = 100 A/2,70 A = 37,03	Q_{IT602}/Q_{IT604} = 500 A/9 A = 55,55
Q_{IT602}/Q_{IT606} = 100 A/23 A = 4,34	Q_{IT602}/Q_{IT606} = 500 A/125 A = 4
Q_{IT602}/Q_{IT607} = 100 A/5,60 A = 17,85	Q_{IT602}/Q_{IT607} = 500 A/18 A = 27,77
Q_{IT602}/Q_{IT605} = 100 A/96 A = 1,04	Q_{IT602}/Q_{IT605} = 500 A/300 A = 1,66
Q_{IT602}/Q_{IT608} = 100 A/2,70 A = 37,03	Q_{IT602}/Q_{IT608} = 500 A/9 A = 55,55
Q_{IT602}/Q_{IT610} = 100 A/5,60 A = 17,85	Q_{IT602}/Q_{IT610} = 500 A/18 A = 27,77

$Q_{IT602}/Q_{IT602-07}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT602}/Q_{IT602-07}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT602}/Q_{IT602-08-1}$ = 100 A/45,5 A = 2,19	$Q_{IT602}/Q_{IT602-08-1}$ = 500 A/150 A = 3,33
$Q_{IT602}/Q_{IT602-08-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT602}/Q_{IT602-08-2}$ = 500 A/12 A = 41,66
$Q_{IT602}/Q_{IT602-09-1}$ = 100 A/18,56 A = 5,38	$Q_{IT602}/Q_{IT602-09-1}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT602}/Q_{IT602-09-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT602}/Q_{IT602-09-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT602}/Q_{IT602-10-1}$ = 100 A/18,56 A = 5,38	$Q_{IT602}/Q_{IT602-10-1}$ = 500 A/60 A = 8,33
$Q_{IT602}/Q_{IT602-10-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT602}/Q_{IT602-10-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT602}/Q_{IT602-11-1}$ = 100 A/36,80 A = 2,71	$Q_{IT602}/Q_{IT602-11-1}$ = 500 A/120 A = 4,16
$Q_{IT602}/Q_{IT602-11-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT602}/Q_{IT602-11-2}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT602}/Q_{IT602-12}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT602}/Q_{IT602-12}$ = 500 A/18 A = 27,77
$Q_{IT602}/Q_{IT602-13-1}$ = 100 A/45,50 A = 2,19	$Q_{IT602}/Q_{IT602-13-1}$ = 500 A/150 A = 3,33
$Q_{IT602}/Q_{IT602-13-2}$ = 100 A/5,60 A = 17,85	$Q_{IT602}/Q_{IT602-13-2}$ = 500 A/18 A = 27,77

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 ºC, es superior a 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena excepto con el interruptor Q_{IT605}: Q_{IT602}/Q_{IT605} = 97,5 A/96 A = 1,01, el interruptor corresponde al compensador activo de armónicos.

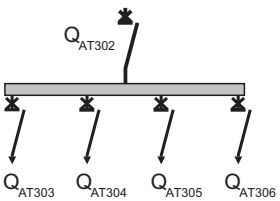
■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena excepto con el interruptor Q_{IT605}: Q_{IT602}/Q_{IT605} = 500 A/300 A = 1,66, el interruptor corresponde al compensador activo de armónicos.

■ Selectividad en cortocircuito. Para la selectividad en cortocircuito debemos consultar “La guía técnica de la distribución eléctrica en BT”. Ref. 020509 K01. Según la consulta de las tablas la selectividad del fabricante es total, excepto con el interruptor Q_{IT605}.

Nos encontramos frente a una problemática de calidad de la energía, si desconecta el interruptor de protección del compensador activo, éste no funcionará y los armónicos seguirán aguas arriba contaminando el circuito. Para evitar un daño mayor tendremos que desconectar la línea para evitar esta contaminación. Deberemos realizar la misma operación que en tiempo largo y en cortocircuito, se puede producir simultáneamente.

Línea AT 3.ª planta

El interruptor automático Q_{AT102} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{AT103}, Q_{AT104}, Q_{AT205} y Q_{AT306}.



■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
Q_{AT302}/Q_{AT303} = 9 A/5,6 A = 1,6	Q_{AT302}/Q_{AT303} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT302}/Q_{AT304} = 9 A/5,6 A = 1,6	Q_{AT302}/Q_{AT304} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT302}/Q_{AT305} = 9 A/5,6 A = 1,6	Q_{AT302}/Q_{AT305} = 50 A/18 A = 31,25
Q_{AT302}/Q_{AT306} = 9 A/5,6 A = 1,6	Q_{AT302}/Q_{AT306} = 50 A/18 A = 31,25

■ La relación en el tiempo largo de desconexión. Relacionamos las intensidades nominales de utilización a 45 °C, es de 1,6, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ La relación en el tiempo corto de desconexión. Relacionamos las intensidades mínimas de desconexión instantánea, es superior a 2, por tanto la selectividad en este rango es buena.

■ Selectividad en cortocircuito. No son selectivos, un C60N 10 A curva C en cabecera y un DPN de 6 A curva B aguas abajo no son selectivos, pero si disponemos de un mantenimiento efectivo, en corto tiempo restableceremos la alimentación de todas las alarmas menos la afectada, que dependerá del tiempo necesario de reparación.

Consideraciones

En todas las líneas de las plantas encontramos que el interruptor automático que protege la línea del compensador activo, la selectividad en el tiempo largo con el interruptor general de red no es buena y la de tiempo corto es muy justa.

Si analizamos la función de la carga podemos observar que su intensidad nominal es del orden de 2,8 veces menor que la del interruptor de línea. Elección adecuada para poder atender los armónicos, puesto que éstos se pueden acoplar en sus crestas y rebotes.

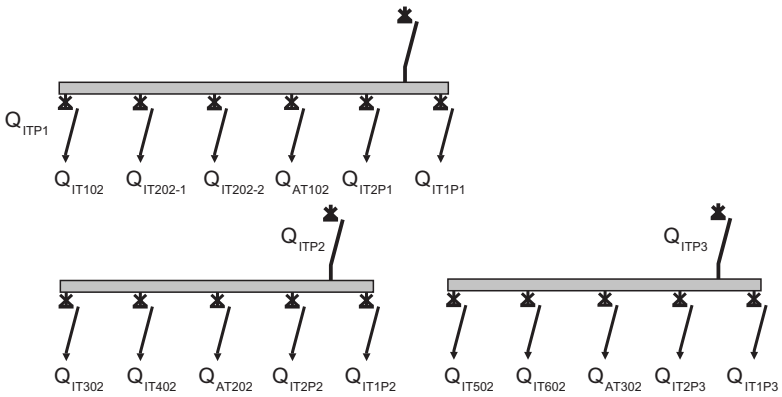
Los compensadores activos, como equipos, disponen de protecciones internas y el interruptor automático protege la red.

Es muy poco probable que desconecte la protección de red en vez de las protecciones internas del equipo.

En caso de desconectar, probabilidad muy baja, se eliminaría la compensación de los armónicos y éstos contaminarían la red y sobrepasarían el ámbito de su línea de alimentación, perturbando la red. Antes de que suceda esta situación es preferible que se elimine la alimentación de la línea.

La relación entre las protecciones de los cuadros de distribución de planta y las protecciones de las salidas, desde el cuadro general de distribución CGBT a los cuadros de distribución

Los interruptores automáticos Q_{ITP1}, Q_{ITP2} y Q_{ITP3} están situados aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IT2P1}, Q_{IT1P1}, Q_{IT102}, $Q_{IT202-1}$, $Q_{IT202-2}$, Q_{AT102}, Q_{IT2P2}, Q_{IT1P2}, Q_{IT302}, Q_{IT402}, Q_{AT202}, Q_{IT2P3},Q_{IT1P3}, Q_{IT502}, Q_{IT602} y Q_{AT302}.



Los interruptores Q_{IT2P1}, Q_{IT1P1}, Q_{AT102}, Q_{IT2P2}, Q_{IT1P2}, Q_{AT202} Q_{IT2P3}, Q_{IT1P3} y Q_{AT302} corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.

Los interruptores Q_{IT102}, $Q_{IT202-1}$, $Q_{IT202-2}$, Q_{IT302}, Q_{IT402}, Q_{IT502} y Q_{IT602} corresponden a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas.

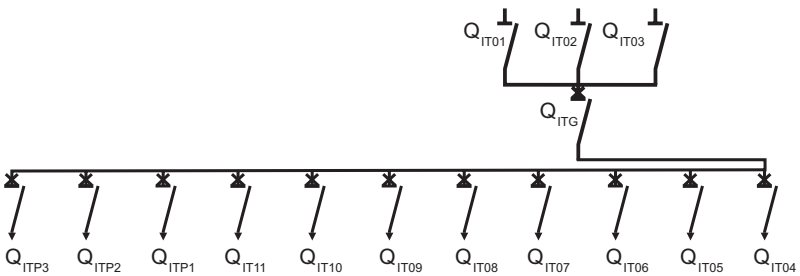
Los interruptores Q_{ITP1}, Q_{ITP2} y Q_{ITP3} corresponden a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas:

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión	□ Para el tiempo corto de desconexión
1.ª planta	
Q_{ITP1}/Q_{IT102} = 160 A/100 A = 1,6	Q_{ITP1}/Q_{IT102} = 800 A/500 A = 1,6
$Q_{ITP1}/Q_{IT202-1}$ = 160 A/100 A = 1,6	$Q_{ITP1}/Q_{IT202-1}$ = 800 A/500 A = 1,6
$Q_{ITP1}/Q_{IT202-2}$ = 160 A/100 A = 1,6	$Q_{ITP1}/Q_{IT202-2}$ = 800 A/500 A = 1,6
Q_{ITP1}/Q_{AT102} = 160 A/10 A = 16	Q_{ITP1}/Q_{AT102} = 800 A/50 A = 16
Q_{ITP1}/Q_{AIT1P1} = 160 A/2,70 A = 59,25	Q_{ITP1}/Q_{AIT1P1} = 800 A/9 A = 88,88
Q_{ITP1}/Q_{AIT2P1} = 160 A/18,4 A = 8,69	Q_{ITP1}/Q_{AIT2P1} = 800 A/100 A = 8
2.ª planta	
Q_{ITP2}/Q_{IT302} = 160 A/100 A = 1,6	Q_{ITP2}/Q_{IT302} = 800 A/500 A = 1,6
Q_{ITP2}/Q_{IT402} = 160 A/100 A = 1,6	Q_{ITP2}/Q_{IT402} = 800 A/500 A = 1,6
Q_{ITP2}/Q_{AT202} = 160 A/10 A = 16	Q_{ITP2}/Q_{AT202} = 800 A/50 A = 16
Q_{ITP2}/Q_{AIT1P2} = 160 A/2,70 A = 59,25	Q_{ITP2}/Q_{AIT1P2} = 800 A/9 A = 88,88
Q_{ITP2}/Q_{AIT2P2} = 160 A/18,4 A = 8,69	Q_{ITP2}/Q_{AIT2P2} = 800 A/100 A = 8
3.ª planta	
Q_{ITP3}/Q_{IT502} = 160 A/100 A = 1,6	Q_{ITP3}/Q_{IT502} = 800 A/500 A = 1,6
Q_{ITP3}/Q_{IT602} = 160 A/100 A = 1,6	Q_{ITP3}/Q_{IT602} = 800 A/500 A = 1,6
Q_{ITP3}/Q_{AT302} = 160 A/10 A = 16	Q_{ITP3}/Q_{AT302} = 800 A/50 A = 16
Q_{ITP3}/Q_{AIT1P3} = 160 A/2,70 A = 59,25	Q_{ITP3}/Q_{AIT1P3} = 800 A/9 A = 88,88
Q_{ITP3}/Q_{AIT2P3} = 160 A/18,4 A = 8,69	Q_{ITP3}/Q_{AIT2P3} = 800 A/100 A = 8

La relación entre las protecciones de los SAI, en el cuadro de protección de los SAI, y las protecciones de las salidas, desde el cuadro general de distribución CGBT

El interruptor automático Q_{ITG} está situado aguas arriba de los interruptores automáticos Q_{IT04}, Q_{IT05}, Q_{IT06}, Q_{IT07}, Q_{IT08}, Q_{IT09}, Q_{IT10}, Q_{IT11}, Q_{ITP1}, Q_{ITP2} y Q_{ITP3}.



Los interruptores Q_{IT04}, Q_{IT05}, Q_{IT06}, Q_{IT07}, Q_{IT08}, Q_{IT09}, Q_{IT10} y Q_{IT11} corresponden a aparatos de la norma UNE-EN 60898 de carril simétrico.

Los interruptores Q_{ITP1}, Q_{ITP2} y Q_{ITP3} corresponden a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas y con selectividad lógica.

El interruptor Q_{ITPG} corresponde a un aparato de la norma IEC 60947-2 con regulación propia. Se trata de un interruptor automático de caja moldeada del tipo Compact con bloque de relés electrónicos, adecuados para la protección de líneas y con selectividad lógica.

■ Las relaciones entre las intensidades de desconexión son:

□ Para el tiempo largo de desconexión

Q_{ITG}/Q_{IT04} = 180 A/9,17 A = 19,6
Q_{ITG}/Q_{IT05} = 180 A/2,75 A = 65,45
Q_{ITG}/Q_{IT06} = 180 A/2,75 A = 65,45
Q_{ITG}/Q_{IT07} = 180 A/2,70 A = 66,66
Q_{ITG}/Q_{IT08} = 180 A/5,60 A = 32,14
Q_{ITG}/Q_{IT09} = 180 A/18,40 A = 9,78
Q_{ITG}/Q_{IT10} = 180 A/97,50 A = 1,84
Q_{ITG}/Q_{IT11} = 180 A/2,70 A = 66,66
Q_{ITG}/Q_{ITP1} = 180 A/160 A = 1,12+t
Q_{ITG}/Q_{ITP2} = 180 A/160 A = 1,12+t
Q_{ITG}/Q_{ITP3} = 180 A/160 A = 1,12+t

□ Para el tiempo corto de desconexión

Q_{ITG}/Q_{IT04} = 1080 A/30 A = 36
Q_{ITG}/Q_{IT05} = 1080 A/9 A = 120
Q_{ITG}/Q_{IT06} = 1080 A/9 A = 120
Q_{ITG}/Q_{IT07} = 1080 A/9 A = 120
Q_{ITG}/Q_{IT08} = 1080 A/18 A = 6
Q_{ITG}/Q_{IT09} = 1080 A/100 A = 10,8
Q_{ITG}/Q_{IT10} = 1080 A/200 A = 5,4
Q_{ITG}/Q_{IT11} = 1080 A/9 A = 120
Q_{ITG}/Q_{ITP1} = 1080 A/800 A = 1,35+t
Q_{ITG}/Q_{ITP2} = 1080 A/800 A = 1,35+t
Q_{ITG}/Q_{ITP3} = 1080 A/800 A = 1,35+t

Correlación de las protecciones, las cargas y los conductores de la red de régimen IT

Estos elementos protectores y las características del punto de la instalación las hemos incluido en el cuadro adjunto, del cual describimos la ubicación de los datos en cada columna:

■ 1.ª columna: situamos una figura parcial del esquema indicando los elementos de protección de las cargas y el elemento de protección inmediato, situado aguas arriba.

■ 2.ª columna: situamos la referencia de la caja de derivación de la que depende la protección de la carga correspondiente.

■ 3.ª columna: situamos una referencia de la naturaleza de la carga o del circuito.

■ 4.ª columna: situamos las intensidades fundamentales de consumo en la red o la carga. Esta columna está subdividida en tres para determinar las intensidades de cada fase.

■ 5.ª columna: situamos la tasa (THDI) de armónicos correspondiente a la carga o a la línea.

■ 6.ª columna: situamos dos referencias en función de las cargas:

□ Cargas generadoras de armónicos. Las intensidades fundamentales + tasas de armónicos (THDI) de consumo en la red o la carga.

□ Cargas capacitativas. La intensidad del escalón más grande.

Esta columna está subdividida en tres para determinar las intensidades de cada fase.

■ 7.ª columna: indicamos el número de polos de la carga o la línea.

■ 8.ª columna: indicamos la intensidad de cortocircuito de la red (ver Tabla 6.4-438, página L/1270):

a): Definimos la nomenclatura del punto de la red.
b): Indicamos I_e valor en (A) de la intensidad de cortocircuito efectiva en el punto.
c): Indicamos I_e valor en (A) de la intensidad de cortocircuito de cresta en el punto.

■ 9.ª columna: nos referimos a las características del interruptor automático:

a): Referencia del interruptor en el esquema.
b): Referencia comercial del interruptor.
c): Intensidad asignada del interruptor.
d): Característica de desconexión del tiempo corto del aparato.
e): Intensidad mínima de desconexión tiempo corto.
f): Intensidad máxima de desconexión tiempo corto.
g): Intensidad de cortocircuito efectiva de corte del interruptor de referencia.

h): Relación entre la intensidad de cortocircuito del punto de la red y la intensidad asignada del interruptor automático.
i): Tiempo de desconexión del interruptor automático en función del número de veces que representa la intensidad de cortocircuito del punto de la red y la intensidad asignada del interruptor automático, una vez situado sobre la característica de desconexión del interruptor automático.
j): Valor del I^2t que el interruptor considerado deja pasar aguas abajo.
■ 10.ª columna: nos referimos a las características de los conductores que cuelgan (aguas abajo) del interruptor automático:
a): Referencia del método de instalación, según la Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
b): Referencia de la naturaleza de los conductores y de sus aislantes, según la Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
c): Número de conductores y sección en mm^2.
d): Intensidad asignada al conductor, en función de las características de instalación y la naturaleza del mismo, según la Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen.
e): Coeficiente térmico en función de la naturaleza del conductor y de sus aislantes.
f): Valor máximo de energía capaz de soportar los conductores aguas abajo del interruptor automático en función de su naturaleza y aislante, según la Tabla H1-3-039, página H1/106 del 2.º Volumen.
Este valor debe ser superior a la energía que deja circular el interruptor automático aguas abajo (valor de la columna 9-j).
g): Longitud máxima de conducción que protege el interruptor automático elegido.
La longitud máxima de conducción, capaz de proteger un interruptor automático y referenciado en la columna 10-g, solamente la hemos calculado para situaciones con posibilidad de una longitud considerable de la red aguas abajo. Para las conexiones en los cuadros, con presumibles distancias reducidas, no las hemos calculado.

Forma de cálculo

Para un circuito trifásico con neutro a 400 V o monofásico fase más neutro 230 V 50 Hz y para conductores de sección inferior a 120 mm^2 (1).

Circuito de fase + neutro, con los dos conductores iguales: $L_{máx} = 3.400 \frac{S_f}{I_m}$.

Circuito trifásico con neutro, con el neutro de diferente sección de la fase:

$$L_{máx} = 6.815 \frac{S_f}{I_m} \cdot \frac{1}{1 + m}.$$

Circuito trifásico sin neutro: $L_{máx} = 5.930 \frac{S_f}{I_m}$.

Donde:

S_f: sección de una fase en mm^2.
I_m: valor de la intensidad de desconexión instantánea o de regulación del tiempo corto.
$L_{máx}$: longitud máxima (en m), que el interruptor automático es capaz de proteger.
m: es la relación entre la sección de la fase y la del neutro.

(1) Para los cálculos, la resistividad del conductor se ha tomado al valor térmico de los conductores en cortocircuito, considerándose por la IEC que equivale a 1,5 veces a la resistividad del conductor a 20 °C. Para conductores de cobre superiores a 120 mm^2 la IEC recomienda utilizar los siguientes factores de corrección para tener en cuenta la reactancia:
■ Para secciones > a 150 mm^2: R + 15%.
■ Para secciones > a 185 mm^2: R + 20%.
■ Para secciones > a 240 mm^2: R + 25%.
■ Para secciones > a 300 mm^2: R + 30%.
Ver apartado “Método práctico de cálculo de la longitud máxima de conducción que protege un interruptor automático o un fusible”, página H1/101 del 2.º Volumen.

Red de control del aislamiento y la calidad de la energía

Consumos:

■ Red para el control del aislamiento Vigilhom Systema:

Controlador Vigilohm	1 ud.	30 VA	30 VA
Localizador	7 ud.	30 VA	210 VA
Localizador	1 ud.	30 VA	30 VA
Interface de comunicación	1 ud.	30 VA	30 VA
Servidor Web 28 W cc 24 V	1 ud.	29 VA	29 VA

■ Red para el control de la calidad sistema de monitorización de energía:

Analizador de red	1 ud.	50 VA	50 VA
Central de medida	35 ud.	11 VA	3.685 VA
Red informática.			
CPU 300 W			430 VA
Monitor 220 W			315 VA
Total			4.809 VA

Intensidad de alimentación

$P = S \cdot \cos \varphi = 4.809 \text{ VA} \cdot 0,7 = 3.366,3 \text{ W}.$

$$I = \frac{P\ (W)}{U\ (V) \cos\ \varphi} = \frac{3.366,3\ W}{230\ V \cdot 0,7} = 20,90\ A.$$

El interruptor Q_{IT04} puede ser un DPN 25 A curva B.

6.4.5.4. Medidas de protección contra los efectos térmicos

En el apartado 2.2. de este Volumen "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", se exponen de forma genérica una serie de advertencias y consideraciones a tener presentes en el momento de realizar un proyecto de una instalación eléctrica y en su realización.

Las conducciones

Procuraremos evitar instalar una conducción cerca de un punto caliente.
El número y la sección de los conductores, ubicados en una conducción, deberán cumplir las prescripciones de la instrucción (ITC-BT-21).

Los conductores

A efectos de dimensionado no deberán sobrepasar los valores de la Tabla 1 de la (ITC-BT-19). Esta tabla es la expresión simplificada de la UNE 20460-5-523 y en este volumen hemos expuesto el conjunto de tablas que desarrolla la UNE 20460-5-523, desde la Tabla L3-012 hasta la L3-021, páginas L/112 a L/118 del Volumen 5.1.
Para el cálculo de los conductores deberemos tener en consideración la temperatura de trabajo, que afecta al valor de la resistividad del conductor, la cual está en función de la naturaleza del conductor y de la temperatura de trabajo.
Para el cálculo de las conducciones la IEC admite la utilización de los siguientes valores de la resistividad, basados en la resistividad de los conductores a 20 °C: 0,018 $\Omega mm^2/m$ para el cobre y 0,029 $\Omega mm^2/m$ para el aluminio.

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Cuadro General CGBT													
Entrada del SAI 1.º			176,95	176,95	176,95					3+N			
Entrada del SAI 2.º			176,95	176,95	176,95					3+N			
Entrada del SAI 3.º			176,95	176,95	176,95					3+N			
		General	146,36	146,36	146,36					3+N	F	1.351	1.918
		Man.	10							1+N	F	1.351	1.918
		C. med.	0,5	0,5	0,5					1+N	F	1.351	1.918
		Vigilohm	0,3	0,3	0,3					1+n	F	1.351	1.918
		C. med.	0,5	0,5	0,5					3+N	F	1.351	1.918
		Bat. con.	15,84	15,84	15,84					3	F	1.351	1.918
			1							1+N	F	1.351	1.918
		C. activo								3+N	F	1.351	1.918
		C. med.	0,5	0,5	0,5					3+N	F	1.351	1.918
1.º Planta IT													
		PRD15								3+N	F	1.351	1.918
		C. med.	0,5	0,5	0,5					3+N	F	1.351	1.918
		General	64,70	64,70	64,70					3+N	F	1.351	1.918
2.º Planta IT													
		PRD15								3+N	F	1.351	1.918
		C. med.	0,5	0,5	0,5					3+N	F	1.351	1.918
		General	56,19	56,19	56,19					3+N	F	1.351	1.918
3.º Planta IT													
		PRD15								3+N	F	1.351	1.918
		C. med.	0,5	0,5	0,5					3+N	F	1.351	1.918
		General	56,19	56,19	56,19					3+N	F	1.351	1.918
Cuadro distribución 1.ª planta													
		General										1.336	1.897
	Línea 1.ª		22,75	22,75	22,75					3+N	G'	1.336	1.897
		PRD-8								3+N		1.336	1.897
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N		1.336	1.897
		Bat. con.	15,84	15,84	15,84		5,34	5,34	5,34	3		1.336	1.897
										1+N		1.336	1.897
		C. activo					25,39	25,39	25,39	3+N		1.336	1.897
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N		1.336	1.897
	Seccion.						48,15	48,15	48,15	3+N		1.336	1.897
	Línea 2-1.ª		19,50	19,50	19,50					3+N	G'	1.336	1.897
		PRD8								3+N		1.336	1.897
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N		1.336	1.897
		Bat. con.	10,69	10,69	10,69		5,34	5,34	5,34	3		1.336	1.897
										1+N		1.336	1.897
		C. activo					21,76	21,76	21,76	3+N		1.336	1.897
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N		1.336	1.897
	Seccion.						41,26	41,26	41,26	3+N		1.336	1.897
	Línea 2-2.ª		19,78	19,78	19,78					3+N	G'	1.336	1.897
	Línea AT												
		General	0,60	0,30	0,30					3+N	G'	1.336	1.897
		Humos 1	0,30							1+N		1.336	1.897
		Humos 2		0,30						1+N		1.336	1.897
		Presencia			0,30					1+N		1.336	1.897
		F. agua	0,30							1+N		1.336	1.897

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores						
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE						L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$	m
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	g)
	INS200	200														
	INS200	200														
	INS200	200														
$Q_{IT G}$	Compact	180		972	1.188	85.000	8	2,63		F	C11	3 · 70 + 35	244	143		
Q_{IT04}	DPN	6	B	18	30	4.500	225	0,01	0,0183	F	C11	2 · 1,5	24	143		
Q_{IT5}	DPN	6	B	18	30	6.000	225	0,01	0,0183	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{IT6}	DPN	6	B	18	30	6.000	225	0,01	0,0183	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{IT7}	C60N	3	B	9	15	6.000	450	0,01	0,0183	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{IT9}	C60N	20	C	100	200	6.000	68	0,01	0,0183	F	C11	3 · 2,5	33	143		
Q_{IT8}	DPN	6	B	18	30	4.500	225	0,01	0,0183	F	C11	2 · 1,5	24	143		
Q_{IT10}	Compact	100		180	220	25.000	14	0,01	0,0183	F	C11	3 · 25 + 16	123 + 105	143		
Q_{IT11}	C60N	3	B	9	15	6.000	450	0,01	0,0183	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{IT2P1}	C60N	20	C	100	200	6.000	68	0,01	0,0183	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143		
Q_{IT1P1}	C60N	6	B	18	30	4.500	225	0,01	0,0183	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{ITP1}	Compact	100		900	1.100	36.000	14	0,01	0,0183	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143		
Q_{IT2P2}	C60N	20	C	100	200	6.000	68	0,01	0,0183	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143		
Q_{IT1P2}	C60N	6	B	18	30	4.500	225	0,01	0,0183	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{ITP2}	Compact	100		900	1.100	36.000	14	0,01	0,0183	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143		
Q_{IT2P3}	C60N	20	C	100	200	6.000	68	0,01	0,0183	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143		
Q_{IT1P3}	C60N	6	B	18	30	4.500	225	0,01	0,0183	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{ITP3}	Compact	100		900	1.100	36.000	14	0,01	0,0183	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143		
Q_{IT101}	INS160	160														
Q_{IT102}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0178	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143		
Q_{IT109}	C60N	20	C	100	200	6.000	67	0,01	0,0178	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143		
Q_{IT104}	C60N	3	B	9	15	6.000	445	0,01	0,0178	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{IT106}	C60N	20	C	100	200	6.000	67	0,01	0,0178	F	C11	3 · 2,5	33	143		
Q_{IT107}	DPN	6	B	16	30	4.500	223	0,01	0,0178	F	C11	2 · 1,5	24	143		
Q_{IT105}	C60N	63	B	189	315	6.000	21	0,01	0,0178	F	C11	3 · 16 + 10	105 + 76	143		
Q_{IT108}	C60N	3	B	9	30	6.000	445	0,01	0,0178	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{IT103}	C120	100														
Q_{IT202}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0178	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143		
Q_{IT209}	C60N	20	C	100	200	6.000	67	0,01	0,0178	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143		
Q_{IT204}	C60N	3	B	9	15	6.000	445	0,01	0,0178	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{IT206}	C60N	20	C	100	200	6.000	67	0,01	0,0178	F	C11	3 · 2,5	33	143		
Q_{IT207}	DPN	6	B	16	30	4.500	223	0,01	0,0178	F	C11	2 · 1,5	24	143		
Q_{IT205}	C60N	63	B	189	315	6.000	21	0,01	0,0178	F	C11	3 · 16 + 10	105 + 76	143		
Q_{IT208}	C60N	3	B	9	30	6.000	445	0,01	0,0178	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{IT203}	C120	100														
Q_{IT202}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0178	A	C4	3 · 35 + 16	106 + 66	143		
Q_{AT102}	C60N	10	C	50	100	6.000	134	0,01	0,0178	F	C11	4 · 1,5	24	143		
Q_{AT103}	DPN	6	B	18	30	4.500	223	0,01	0,0178	F	C11	2 · 1,5	24	143		
Q_{AT104}	DPN	6	B	18	30	4.500	223	0,01	0,0178	F	C11	2 · 1,5	24	143		
Q_{AT105}	DPN	6	B	18	30	4.500	223	0,01	0,0178	F	C11	2 · 1,5	24	143		
Q_{AT106}	DPN	6	B	18	30	4.500	223	0,01	0,0178	F	C11	2 · 1,5	24	143		

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Cuadro distribución 2.ª planta													
		General									H'	1.274	1.809
	Línea 1.ª		33,74	33,74	33,74					3+N	H'	1.274	1.809
		PRD8								3+N	H'	1.274	1.809
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	H'	1.274	1.809
		Bat. con.	18,90	18,90	18,90		10,69	10,69	10,69	3	H'	1.274	1.809
										1+N	H'	1.274	1.809
		C. activo					37,66	37,66	37,66	3+N	H'	1.274	1.809
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	H'	1.274	1.809
		Seccion.	48,15	48,15	48,15					3+N	H'	1.274	1.809
	Línea 2.ª		34,62	34,62	34,62					3+N	H'	1.274	1.809
		PRD8								3+N	H'	1.274	1.809
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	H'	1.274	1.809
		Bat. con.	19,40	19,40	19,40		10,69	10,69	10,69	3	H'	1.274	1.809
										1+N	H'	1.274	1.809
		C. activo					38,64	38,64	38,64	3+N	H'	1.274	1.809
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	H'	1.274	1.809
		Seccion.					41,26	41,26	41,26	3+N	H'	1.274	1.809
		General	0,60	0,30	0,30					3+N	H'	1.274	1.809
		Humos 1	0,3							1+N	H'	1.274	1.809
		Humos 2		0,3						1+N	H'	1.274	1.809
		Presen.			0,3					1+N	H'	1.274	1.809
		F. agua	0,3							1+N	H'	1.274	1.809
Cuadro distribución 3.ª planta													
		General								3+N	I'	1.227	1.742
	Línea 1.ª		33,74	33,74	33,74					3+N	I'	1.227	1.742
		PRD8								3+N	I'	1.227	1.742
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	I'	1.227	1.742
		Bat. con.	18,90	18,90	18,90		10,69	10,69	10,69	3	I'	1.227	1.742
										1+N	I'	1.227	1.742
		C. activo					37,66	37,66	37,66	3+N	I'	1.227	1.742
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	I'	1.227	1.742
		Seccion.					48,15	48,15	48,15	3+N	I'	1.227	1.742
	Línea 2.ª		34,62	34,62	34,62					3+N	I'	1.227	1.742
		PRD8								3+N	I'	1.227	1.742
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	I'	1.227	1.742
		Bat. con.	19,40	19,40	19,40		10,69	10,69	10,69	3	I'	1.227	1.742
										1+N	I'	1.227	1.742
		C. activo					38,64	38,64	38,64	3+N	I'	1.227	1.742
		C. med.	0,50	0,50	0,50					3+N	I'	1.227	1.742
		Seccion.					41,26	41,26	41,26	3+N	I'	1.227	1.742
	Línea AT												
		General	0,60	0,30	0,30					3+N	I'	1.227	1.742
		Humos 1	0,30							1+N	I'	1.227	1.742
		Humos 2		0,30						1+N	I'	1.227	1.742
		Presen.			0,30					1+N	I'	1.227	1.742
		F. agua	0,30							1+N	I'	1.227	1.742

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores					
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE					L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	g) m
Q_{IT201}	INS160	160													
Q_{IT302}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0162	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050
Q_{IT309}	C60N	20	C	100	200	6.000	64	0,01	0,0162	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,1278
Q_{IT304}	C60N	3	B	9	15	6.000	425	0,01	0,0162	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT306}	C60N	20	C	100	200	6.000	64	0,01	0,0162	F	C11	3 · 2,5	33	143	0,1278
Q_{IT307}	DPN	6	B	16	30	4.500	212	0,01	0,0162	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT305}	C60N	63	B	189	315	6.000	20	0,01	0,0162	F	C11	3 · 16 + 10	105 + 76	143	5,2350
Q_{IT308}	C60N	3	B	9	30	6.000	425	0,01	0,0162	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT303}	C120	100													
Q_{IT402}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0162	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050
Q_{IT409}	C60N	20	C	100	200	6.000	64	0,01	0,0162	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,1278
Q_{IT404}	C60N	3	B	9	15	6.000	425	0,01	0,0162	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT406}	C60N	20	C	100	200	6.000	64	0,01	0,0162	F	C11	3 · 2,5	33	143	0,1278
Q_{IT407}	DPN	6	B	16	30	4.500	212	0,01	0,0162	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT405}	C60N	63	B	189	315	6.000	20	0,01	0,0162	F	C11	3 · 16 + 10	105 + 76	143	5,2350
Q_{IT408}	C60N	3	B	9	30	6.000	425	0,01	0,0162	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT403}	C120	100													
Q_{AT202}	C60N	10	C	50	100	6.000	127	0,01	0,0162	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{AT203}	DPN	6	B	18	30	4.500	212	0,01	0,0162	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{AT204}	DPN	6	B	18	30	4.500	212	0,01	0,0162	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{AT205}	DPN	6	B	18	30	4.500	212	0,01	0,0162	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{AT206}	DPN	6	B	18	30	4.500	212	0,01	0,0162	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT301}	INS160	160													
Q_{IT502}	Compact	100		540	660	25.000	12	0,01	0,0151	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050
Q_{IT509}	C60N	20	C	100	200	6.000	61	0,01	0,0151	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,1278
Q_{IT504}	C60N	3	B	9	15	6.000	409	0,01	0,0151	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT506}	C60N	20	C	100	200	6.000	61	0,01	0,0151	F	C11	3 · 2,5	33	143	0,1278
Q_{IT507}	DPN	6	B	16	30	4.500	205	0,01	0,0151	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT505}	C60N	63	B	189	315	6.000	19	0,01	0,0151	F	C11	3 · 16 + 10	105 + 76	143	5,2350
Q_{IT508}	C60N	3	B	9	30	6.000	409	0,01	0,0151	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT503}	C120	100													
Q_{IT602}	Compact	100		540	660	25.000	12	0,01	0,0151	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050
Q_{IT609}	C60N	20	C	100	200	6.000	61	0,01	0,0151	F	C11	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,1278
Q_{IT604}	C60N	3	B	9	15	6.000	409	0,01	0,0151	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT606}	C60N	20	C	100	200	6.000	61	0,01	0,0151	F	C11	3 · 2,5	33	143	0,1278
Q_{IT607}	DPN	6	B	16	30	4.500	205	0,01	0,0151	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT605}	C60N	63	B	189	315	6.000	19	0,01	0,0151	F	C11	3 · 16 + 10	105 + 76	143	5,2350
Q_{IT608}	C60N	3	B	9	30	6.000	409	0,01	0,0151	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{IT603}	C120	100													
Q_{AT302}	C60N	10	C	50	100	6.000	123	0,01	0,0151	F	C11	4 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{AT303}	DPN	6	B	18	30	4.500	205	0,01	0,0151	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{AT304}	DPN	6	B	18	30	4.500	205	0,01	0,0151	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{AT305}	DPN	6	B	18	30	4.500	205	0,01	0,0151	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460
Q_{AT306}	DPN	6	B	18	30	4.500	205	0,01	0,0151	F	C11	2 · 1,5	24	143	0,0460

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Líneas distribución plantas													
1.ª planta													
Línea 1.ª			22,75	22,75	22,75					3+N	G'	1.336	1.897
		Seccion.					48,15	48,15	48,15	3+N		1.336	1.897
	IT09		9,20				17,80			1+N	J	1.324	1.880
	IT10			6,90				13,32		1+N			
				3,80				7,33		1+N			
				3,80				7,33		1+N			
				4,64				8,96		1+N			
	IT11			3,34				6,45		1+N			
	IT12				12,22				23,58	1+N			
	IT13		3,33				6,43			1+N			
	IT14		3,33				6,43			1+N			
	IT15				12,28				23,70	1+N			
	IT16		3,32				6,41			1+N			
	IT17		3,32				6,41			1+N	S	1.236	1.755
Línea 2-1.ª			19,50	19,50	19,50					3+N	G'	1.336	1.897
		Seccion.					41,26	41,26	41,26	3+N		1.336	1.897
	IT01			6,90				13,32		1+N	K	1.324	1.880
				3,30				6,37		1+N			
				3,30				6,37		1+N			
				4,05				7,82		1+N			
	IT03				3,65				7,04	1+N			
	IT04		3,30				6,37			1+N			
	IT05				3,30				6,36	1+N			
	IT06		12,50				24,1			1+N			
	IT07				3,35				6,46	1+N			
	IT08				3,30				6,36	1+N	T	1.169	1.660
Línea 2-2.ª			22,34	20,00	20,00					3+N	G'	1.336	1.897
	IT02		2,34							1+N			
		Seccion.	20,00	20,00	20,00					3+N			
			0,50	0,50	0,50					3+N			
			10,70	10,70	10,70		5,34	5,34	5,34	3+N			
							21,20	21,20	21,20	3+N			
			0,50	0,50	0,50					3+N			
			19,00	19,00	19,00		36,67	36,67	36,67	3+N			
2.ª planta													
Línea 1.ª			33,74	33,74	33,74					3+N	H'	1.274	1.809
		Seccion.					48,15	48,15	48,15	3+N	M	1.264	1.795
	IT-2-01		2,00				3,86			1+N			
			13,00	13,00			25,09	25,09		2+N			
	IT-2-02				9,20				17,76	1+N			
			1,40				2,71			1+N			
	IT-2-03		9,20				17,76			1+N			
				1,80				3,48		1+N			
	IT-2-04			9,20	10,00			17,76	19,30	2+N			
			1,80				3,48			1+N			
	IT-2-05		2,30				4,44			1+N			
	IT-2-06			9,20	15,00			17,76	28,95	2+N			
			1,80				3,47			1+N	U	1.173	1.666

9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores						
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE						L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$	m
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	g)
Q_{IT102}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0178	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050	
Q_{IT103}	C120	100								A	C04	3 · 35 + 25	106 + 86	143	25,050	151
Q_{102-09}	DPN	20	B	60	100	4.500	66	0,01	0,0175	A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{102-10-1}$	DPN	16	B	48	80	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	64
$Q_{102-10-2}$	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
$Q_{102-10-3}$	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
$Q_{102-10-4}$	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
Q_{102-11}	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
Q_{102-12}	DPN	32	B	96	160	4.500				A	C02	2 · 4	32	143	0,3272	85
Q_{102-13}	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
Q_{102-14}	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
Q_{102-15}	DPN	32	B	96	160	4.500				A	C02	2 · 4	32	143	0,3272	85
Q_{102-16}	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
Q_{102-17}	DPN	10	B	30	50	4.500	124	0,01	0,0153	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
Q_{IT202}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0178	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050	
$Q_{IT203-1}$	C120	100								A	C04	4 · 35				181
$Q_{202-01-1}$	DPN	16	B	48	80	4.500	83	0,01	0,0175	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	64
$Q_{202-01-2}$	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,0297	102
$Q_{202-01-3}$	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,0297	102
$Q_{202-01-4}$	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,0297	102
Q_{202-03}	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,0297	102
Q_{202-04}	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,0297	102
Q_{202-05}	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C01	2 · 1,5	12,5	115	0,0297	102
Q_{202-06}	DPN	32	B	96	160	4.500				A	C02	2 · 6	32	143	0,7362	128
Q_{202-07}	DPN	10	B	30	50	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
Q_{202-08}	DPN	10	B	30	50	4.500	117	0,01	0,0137	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	102
$Q_{IT203-2}$	Compact	100		720	880	25.000	13	0,01	0,0178	A	C04	3 · 35 + 10	106 + 49	143	25,050	60
$Q_{203-02-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				F	C10	2 · 1,5		115	0,0297	
$Q_{203-02-1}$	C60N	63				6.000				F	C11	3 · 10 + 6	76 + 57	143	2,0450	
$Q_{203-02-1/4}$	C60N	3	B	9	15	6.000				F	C10	4 · 1,5	18	115	0,0297	
$Q_{203-02-1/2}$	C60L	20	C	100	200	25.000				A	C04	3 · 2,5 + 1,5	33 + 24	143	0,1278	
$Q_{203-02-1/3}$	C60N	50	B	150	250	6.000				A	C04	3 · 10 + 6	76 + 57	143	0,1278	
$Q_{203-02-1/5}$	C60N	3	B	9	15	6.000				F	C10	4 · 1,5	18	115	0,0297	
$Q_{203-02-1/1}$	C60N	50	C	250	500	6.000				A	C04	3 · 10 + 6	76 + 57	143	2,0450	
Q_{IT302}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0162	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050	
Q_{IT303}	C120	100														113
$Q_{302-01-1}$	DPN	6	B	18	30	4.500	211	0,01	0,0160	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{302-01-2}$	C60N	32	B	96	160	6.000				A	C02	3 · 4	33	143	0,3272	85
$Q_{302-02-1}$	DPN	20	B	60	100	4.500				A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{302-02-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{302-03-1}$	DPN	20	B	60	100	4.500				A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{302-03-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{302-04-1}$	C60N	40	B	120	200	6.000				A	C02	3 · 6	41	143	0,7362	102
$Q_{302-04-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
Q_{302-05}	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{302-06-1}$	C60N	50	B	150	250	6.000				A	C02	3 · 10	56	143	2,0450	136
$Q_{302-06-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500	196	0,01	0,0138	A	C02	2 · 1,5	17,5	143		170

(continúa en la página siguiente)

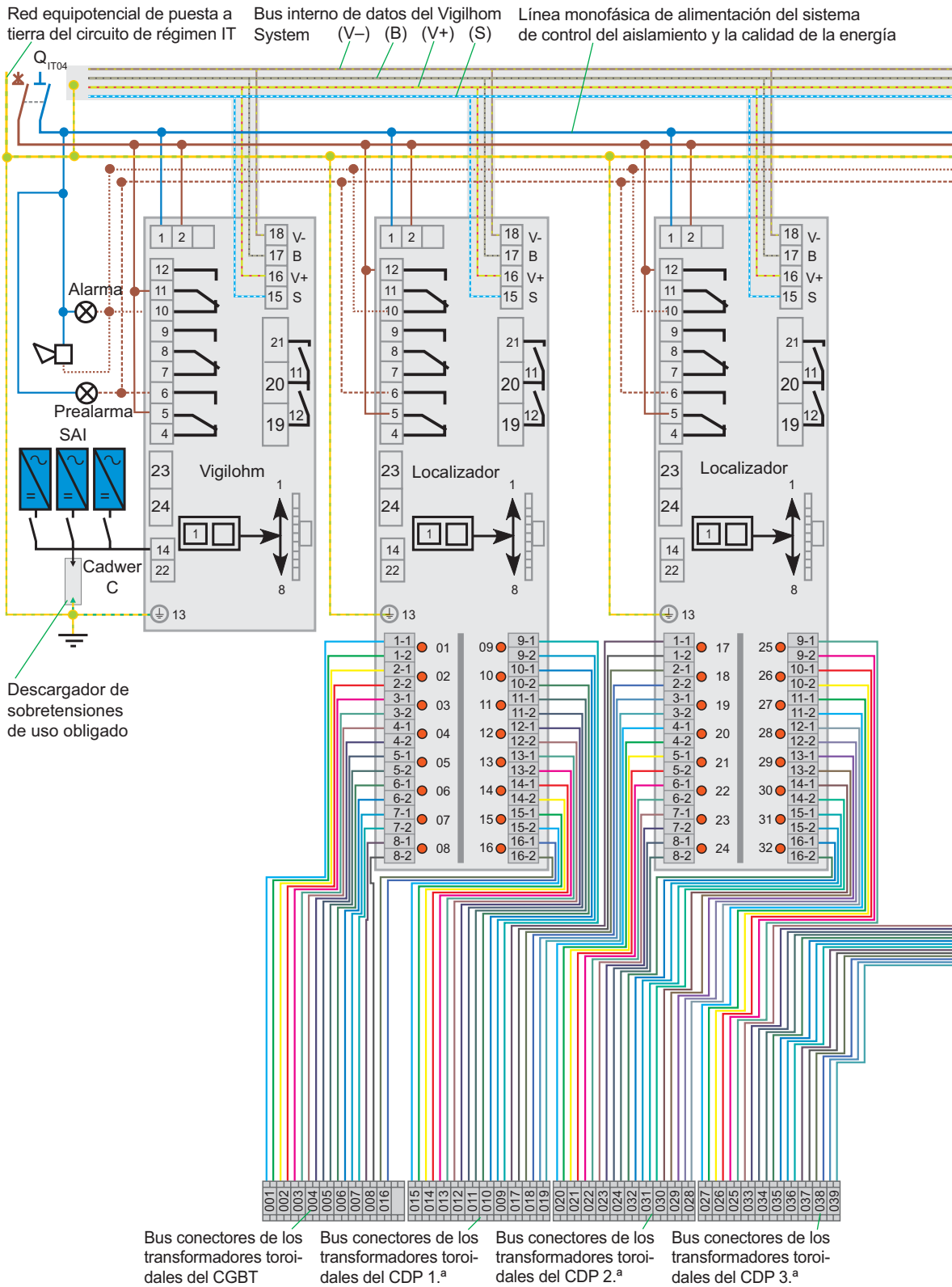
(continuación)

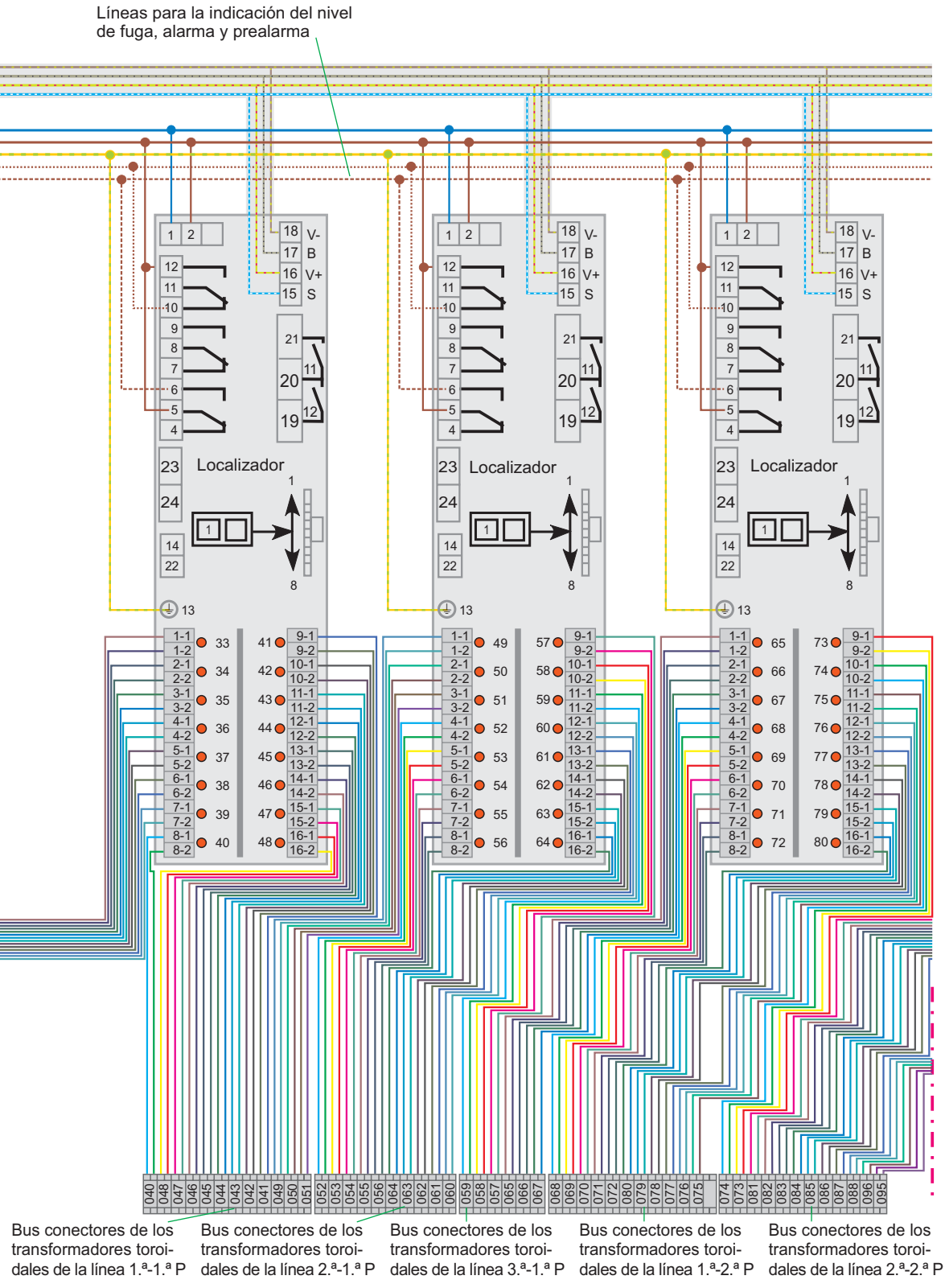
1 Red TT	2 Caja	3 Carga	4 Intensidad fundamental a) L1	b) L2	c) L3	5 THDI %	6 Intensidad fundamental+THDI a) L1	b) L2	c) L3	7 Polos	8 I_{cc} P a)	I_{cc} ef. b) A	ip c) A
Línea 2.ª			34,62	34,62	34,62					3+N	H'	1.274	1.809
		Seccion.					41,26	41,26	41,26	3+N	N	1.264	1.795
	IT-2-07			0,80				1,55					
	IT-2-08		13,00	13,00			25,09	25,09		2+N			
				2,00				3,86		1+N			
	IT-2-09				9,20				17,75	1+N			
			2,40				4,63			1+N			
	IT-2-10		9,20				17,75			1+N			
				2,40				4,63		1+N			
	IT-2-11			9,20	10,00			17,76	19,30	2+N			
				3,00				5,79		1+N			
	IT-2-12				1,40				2,70	1+N			
	IT-2-13		10,00		14,20		19,30		27,41	2+N			
			2,30				4,44			1+N	V	1.164	1.653
3.ª planta													
Línea 1.ª			33,74	33,74	33,74					3+N	H'	1.274	1.809
		Seccion.					48,15	48,15	48,15	3+N	M	1.264	1.795
	IT-3-01		2,00				3,86			1+N			
			13,00	13,00			25,09	25,09		2+N			
	IT-3-02				9,20				17,76	1+N			
			1,40				2,71			1+N			
	IT-3-03		9,20				17,76			1+N			
				1,80				3,48		1+N			
	IT-3-04			9,20	10,00			17,76	19,30	2+N			
			1,80				3,48			1+N			
	IT-3-05		2,30				4,44			1+N			
	IT-3-06			9,20	15,00			17,76	28,95	2+N			
			1,80				3,47			1+N	U	1.173	1.666
Línea 2.ª			34,62	34,62	34,62					3+N	H'	1.274	1.809
		Seccion.					41,26	41,26	41,26	3+N	N	1.264	1.795
	IT-3-07			0,80				1,55					
	IT-3-08		13,00	13,00			25,09	25,09		2+N			
				2,00				3,86		1+N			
	IT-3-09				9,20				17,75	1+N			
			2,40				4,63			1+N			
	IT-3-10		9,20				17,75			1+N			
				2,40				4,63		1+N			
	IT-3-11			9,20	10,00			17,76	19,30	2+N			
				3,00				5,79		1+N			
	IT-3-12				1,40				2,70	1+N			
	IT-3-13		10,00		14,20		19,30		27,41	2+N			
			2,30				4,44			1+N	V	1.164	1.653

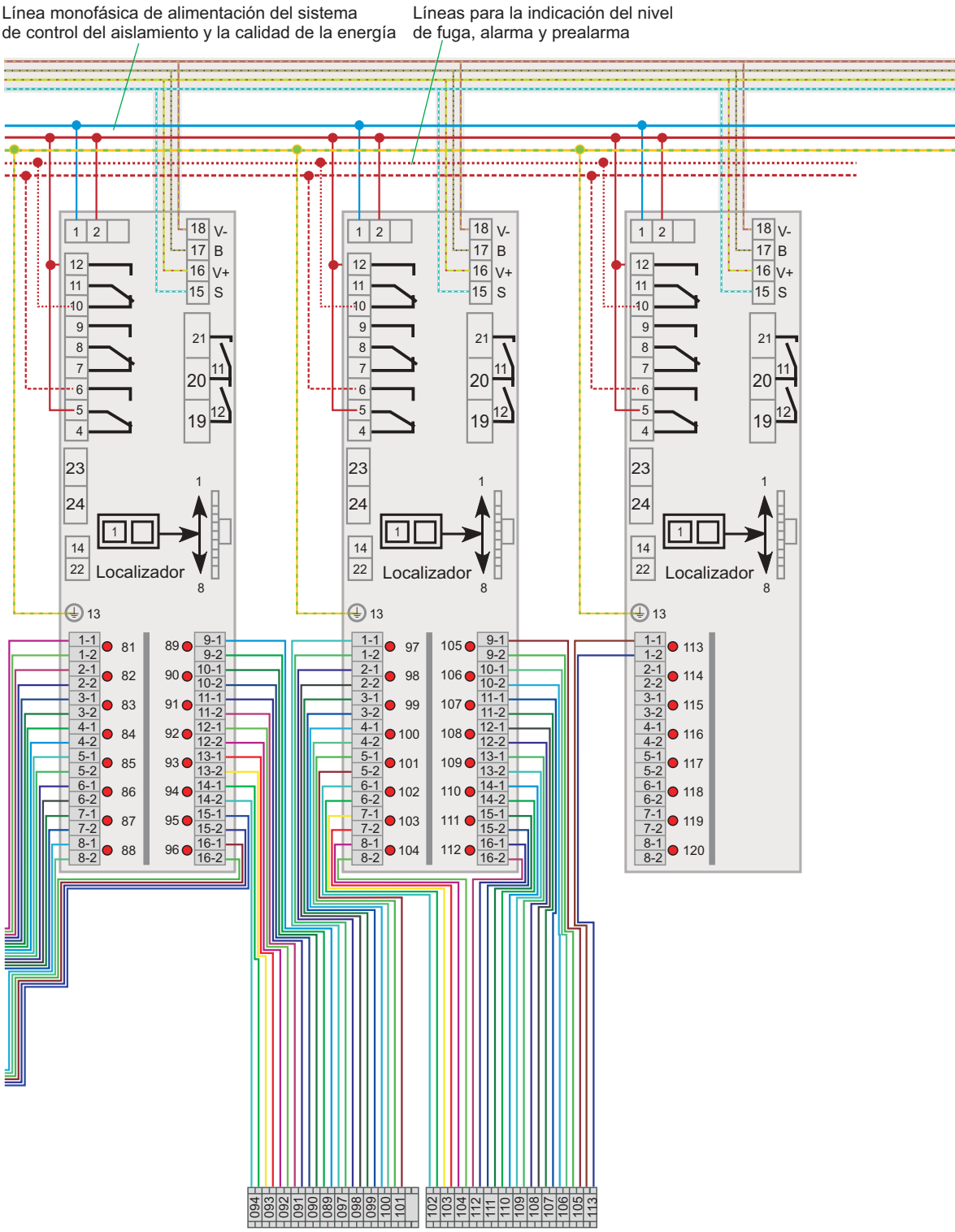
Tabla L6.4-529: *correlación de las protecciones, las cargas y los conductores de la red de régimen IT.*

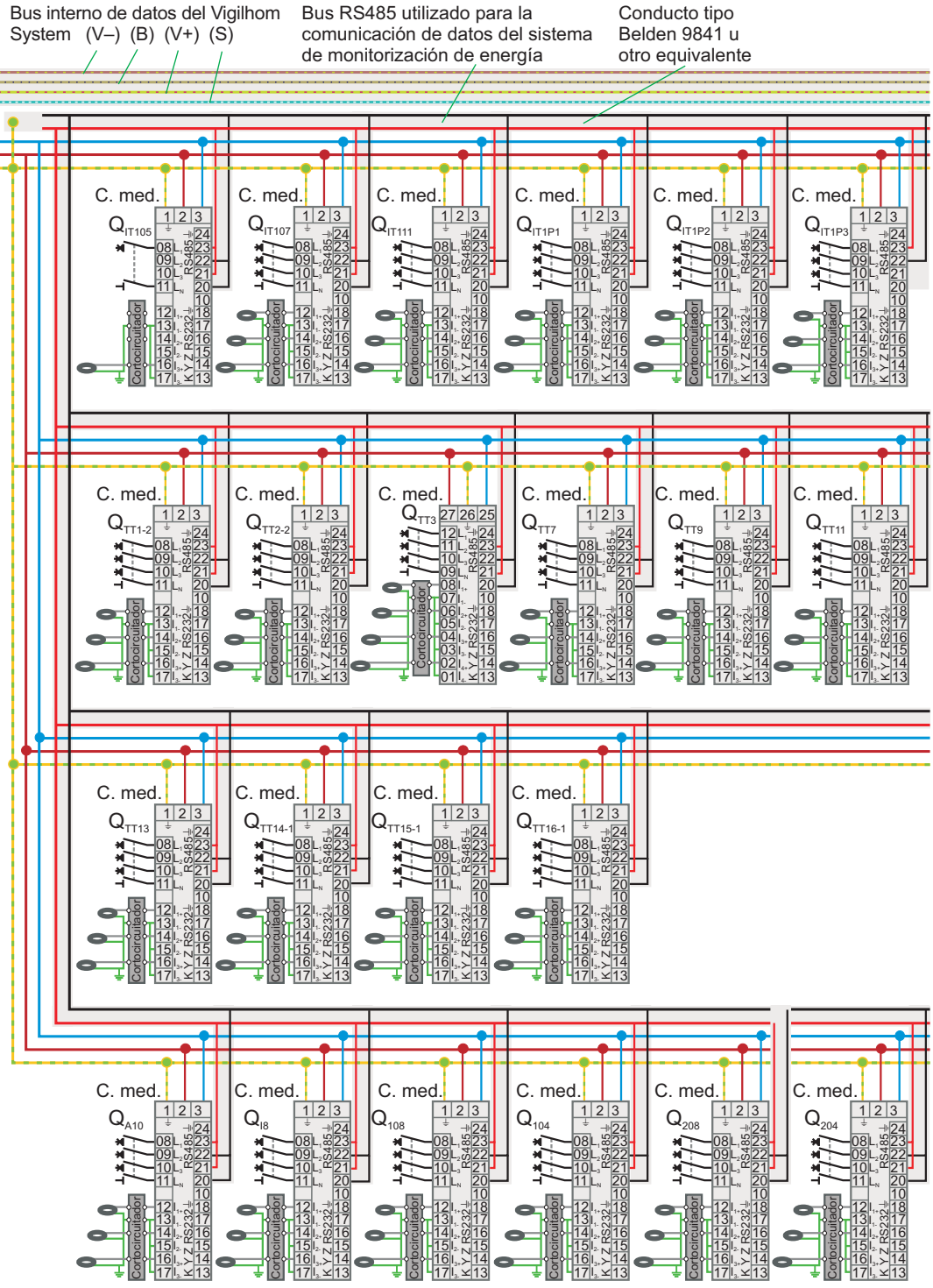
9 Interruptor automático o fusibles										10 Conductores					
Ref.	Tipo	I_n	I_m			I_{cc}	I_{cc}/I_n	t. des-con.	$I^2t \cdot 10^6$	Instalación IEC-UNE					L_m
				Inf.	Sup.					T	Nat.	Sección	Intensidad	K	$K^2 \cdot S^2 \cdot 10^6$
a)	b)	c) A	d)	e) A	f) A	g) A	h)	i) seg	j) A^2s	a)	b)	c) mm^2	d) A	e)	f)	m g)
Q_{IT402}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0162	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050	
Q_{IT403}	C120	100											113			
Q_{402-07}	DPN	6	B	18	30	4.500	211	0,01	0,0160	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{402-08-1}$	C60N	50	B	150	250	6.000				A	C02	3 · 10	56	143	2,0450	136
$Q_{402-08-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{402-09-1}$	DPN	20	B	60	100	4.500				A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{402-09-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{402-10-1}$	DPN	20	B	60	100	4.500				A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{402-10-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{402-11-1}$	C60N	40	B	120	200	6.000				A	C02	3 · 6	41	143	0,7362	102
$Q_{402-11-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
Q_{402-12}	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{402-13-1}$	C60N	50	B	150	250	6.000				A	C02	3 · 10	56	143	2,0450	136
$Q_{402-13-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500	194	0,01	0,0135	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
Q_{IT502}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0162	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143		
Q_{IT503}	C120	100														113
$Q_{502-01-1}$	DPN	6	B	18	30	4.500	211	0,01	0,0160	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{502-01-2}$	C60N	32	B	96	160	6.000				A	C02	3 · 4	33	143	0,3272	85
$Q_{502-02-1}$	DPN	20	B	60	100	4.500				A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{502-02-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{502-03-1}$	DPN	20	B	60	100	4.500				A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{502-03-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{502-04-1}$	C60N	40	B	120	200	6.000				A	C02	3 · 6	41	143	0,7362	102
$Q_{502-04-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
Q_{502-05}	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{502-06-1}$	C60N	50	B	150	250	6.000				A	C02	3 · 10	56	143	2,0450	136
$Q_{502-06-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500	196	0,01	0,0138	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
Q_{IT602}	Compact	100		540	660	25.000	13	0,01	0,0162	F	C11	3 · 35 + 16	154 + 123	143	25,050	
Q_{IT603}	C120	100														113
Q_{602-07}	DPN	6	B	18	30	4.500	211	0,01	0,0160	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{602-08-1}$	C60N	50	B	150	250	6.000				A	C02	3 · 10	56	143	2,0450	136
$Q_{602-08-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{602-09-1}$	DPN	20	B	60	100	4.500				A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{602-09-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{602-10-1}$	DPN	20	B	60	100	4.500				A	C02	2 · 2,5	24	143	0,1278	85
$Q_{602-10-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{602-11-1}$	C60N	40	B	120	200	6.000				A	C02	3 · 6	41	143	0,7362	102
$Q_{602-11-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
Q_{602-12}	DPN	6	B	18	30	4.500				A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170
$Q_{602-13-1}$	C60N	50	B	150	250	6.000				A	C02	3 · 10	56	143	2,0450	136
$Q_{602-13-2}$	DPN	6	B	18	30	4.500	194	0,01	0,0135	A	C02	2 · 1,5	17,5	143	0,0460	170

Esquema del circuito de control de aislamiento y el control de calidad




Líneas para la indicación del nivel de fuga, alarma y prealarma
Localizador
Localizador
Localizador
Bus conectores de los transformadores toroidales de la línea 1.ª-1.ª P
Bus conectores de los transformadores toroidales de la línea 2.ª-1.ª P
Bus conectores de los transformadores toroidales de la línea 3.ª-1.ª P
Bus conectores de los transformadores toroidales de la línea 1.ª-2.ª P
Bus conectores de los transformadores toroidales de la línea 2.ª-2.ª P


Línea monofásica de alimentación del sistema de control del aislamiento y la calidad de la energía
Líneas para la indicación del nivel de fuga, alarma y prealarma
Localizador
Localizador
Localizador



Controladores situados en el CDP 1.ª

L
6.4

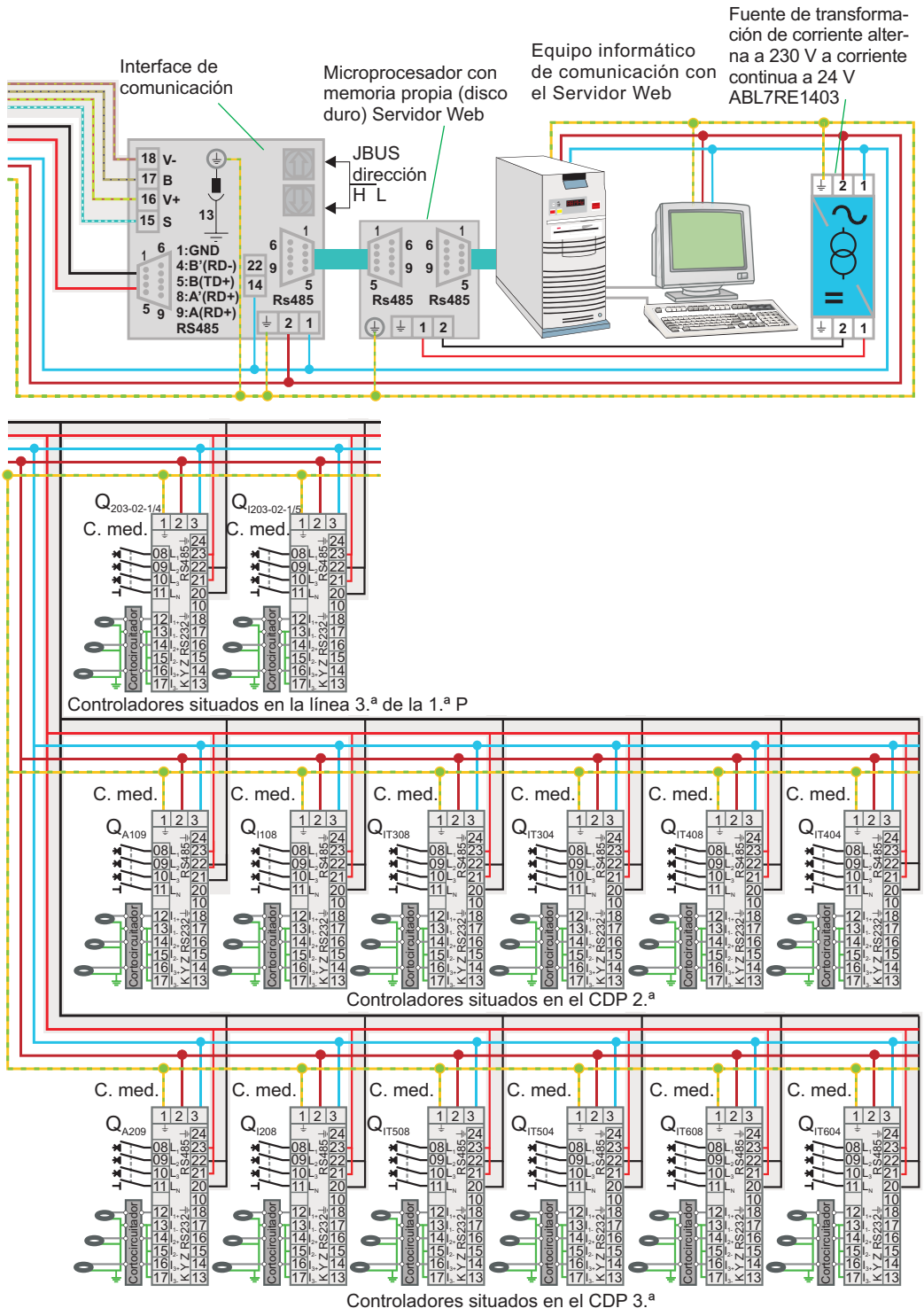


Fig. L6.4-530: *esquema del circuito de control del aislamiento y control de la calidad de la energía.*

Regla	Resistividad	Valor de la resistividad Ωmm²/m		Conductores afectados
		Cobre	Aluminio	
Corriente máxima de cortocircuito	$\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$	0,0225	0,036	L_1 - L_2 - L_3 - N
Corriente mínima de cortocircuito	$\rho = 1{,}50\ \rho_{20}$	0,027	0,043	L_1 - L_2 - L_3 - N
Corriente de defecto en los esquemas TN e IT	$\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$	0,0225	0,036	L_1 - L_2 - L_3 - N (**) PE - PEN
Caída de tensión	$\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$	0,0225	0,036	L_1 - L_2 - L_3 - N (*)
Corriente de sobreintensidad	$\rho = 1{,}50\ \rho_{20}$	0,027	0,043	L_1 - L_2 - L_3 - N - PEN - PE
Para la verificación de las solicitaciones térmicas de los conductores	$\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$	0,0225	0,036	Incorporado en un mismo cable multiconductor
				Si PE está separado

(*) Resistividad de los conductores a 20 °C: 0,018 Ωmm²/m para el cobre y 0,029 Ωmm²/m para el aluminio.
(**) N la sección del conductor neutro es inferior a la de las fases.

Tabla L6.4-531: *valores a tomar en consideración de la resistividad de los conductores en función de la posible temperatura en cada una de las situaciones descritas.*

Se debe tener en consideración la verificación de las solicitaciones térmicas de los conductores en situaciones de cortocircuito. Ver apartados "Verificación de los efectos de las corrientes de cortocircuito sobre los conductores", "Efectos térmicos" y "Efectos electrodinámicos", página H1\|105 del 2.º Volumen.

Los cuadros eléctricos

En el capítulo F, apartado 6. "Los cuadros eléctricos", página F/109 del 1.er Volumen, encontraremos el tratamiento térmico de los cuadros.
Debemos tener en consideración que en función de la temperatura ambiente los elementos de protección a las sobreintensidades se degradan. Por tanto, debemos tener en consideración las características de desconexión reales.

Para atender estas condiciones se puede consultar el apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1\|027 del 2.º Volumen; el capítulo J, apartado 20. "Aparamenta para circuitos de alumbrado", página J\|927 del 3.er Volumen, y el capítulo J, apartado 21. "Los circuitos de calefacción", página J\|971 del 3.er Volumen.

Cuadros de plantas

Cuadro planta 1.ª

Red de régimen TT

Tomas de corriente

En las tomas de corriente hemos considerado un coeficiente de utilización de Ku = 0,6 (en las potencias consideradas ya se ha aplicado el coeficiente de utilización).
No consideramos la potencia de la línea de tomas de corriente discriminada porque sólo se puede utilizar cuando la oficina no está en servicio, y para los servicios de limpieza. Por tanto no tiene coincidencia con el consumo en horas de trabajo.

Control tomas de corriente ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{c1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(16{,}2 + 17 + 16{,}7)}{3}_{(A)} = 11.510{,}266_{(VA)}.$$

$$P_{c1(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 11.510{,}266_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 9.208{,}22_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{9.208{,}22_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 16{,}634_{(A)}.$

Control tomas de corriente ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º:

$$S_{c1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(16 + 16{,}1 + 16{,}3)}{3}_{(A)} = 11.164{,}266_{(VA)}.$$

$$P_{c1(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 11.164{,}266_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 8.931{,}418_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{8.931{,}418_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 16{,}133_{(A)}.$

Control tomas de corriente ramal discriminado

Intensidad ramal discriminado: $I_{(A)} = I_{1(A)} + I_{2(A)} = 8_{(A)} + 7{,}75_{(A)} = 15{,}75_{(A)}$.

Control derivación tomas de corriente y confort de la 1.ª planta

Potencia ramal 1.º = 9.209 W.
Potencia ramal 2.º = 8.932 W.
Potencia maniobra = 11 W.
Potencia total circuito P = 9.209 W + 8.932 W + 11 W = 18.152 W.

Intensidad: $I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{18.152_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 32{,}79_{(A)}.$

Alumbrado

En el alumbrado consideramos un coeficiente de utilización Ku = 1 (en las potencias consideradas ya se ha aplicado el coeficiente de utilización).
En el alumbrado nos encontramos con una generación de armónicos que afecta a la red aguas abajo de los compensadores activos, si la compensación es total. En nuestro caso no afecta a las instalaciones generales de los cuadros de planta porque ya llegan compensadas en ellos.

Control alumbrado ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{l1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(18{,}66 + 19{,}44 + 18{,}72)}{3}_{(A)} = 13.106{,}48_{(VA)}.$$

$$P_{l1(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 13.106{,}48_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 8.126{,}02_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{l1(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{8.126{,}02_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}62} = 18{,}94_{(A)}.$

Tasa de armónicos media: THDI = 21,5%.
Intensidad del ramal + THDI = $18{,}94_{(A)} \cdot 1{,}215 = 23{,}02_{(A)}$.

Control alumbrado ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º:

$$S_{l2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(18{,}78 + 17{,}77 + 18{,}09)}{3}_{(A)} = 12.603{,}63_{(VA)}.$$

$$P_{l2(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 12.603{,}63_{(VA)} \cdot 0{,}62 = 7.814{,}25_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{I2(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{7.814,25\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,62} = 18,21\ (A)$.

Tasa de armónicos: THDI = 21,5%.
Intensidad del ramal + THDI = 18,21(A) · 1,215 = 22,13(A).

Control derivación alumbrado de la 1.ª planta

Potencia ramal 1.º = 13.106,48 VA.
Potencia ramal 2.º = 12.603,63 VA.
Potencia maniobra = 11 W.
Potencia total circuito S = 13.106,48 VA + 12.603,63 VA = 25.710,11 VA.
$P_{(W)} = (S_{(VA)} \cdot \cos \varphi) + 11_{(W)} = (25.710,11_{(VA)} \cdot 0,98) + 11_{(W)} = 25.206,90_{(W)}$.

Intensidad: $I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{25.206,90\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 37,17\ (A)$.

Acondicionamiento y ventilación

Línea de acondicionamiento

Desde el cuadro general de la planta repartiremos en tres líneas, dos siguiendo la misma estructura de las demás líneas (conectores y alumbrado), ramal izquierdo 1.ª y ramal derecho 2.º. La tercera línea servirá para alimentar el cuadro secundario de acondicionamiento de la sala 16.
En el acondicionamiento consideramos un coeficiente de utilización Ku = 1 (en las potencias consideradas ya se ha aplicado el coeficiente de utilización).

Control acondicionamiento ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º (circuito A1):

$S_{A1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\ (V) \cdot \frac{(8,9 + 9,8 + 6,7)}{3}\ (A) = 5.858,94\ (VA)$.

$P_{A1(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 5.858,94_{(VA)} \cdot 0,8 = 4.687,15_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{A1(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{4.687,15\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,8} = 8,47\ (A)$.

Control acondicionamiento ramal 2.º, 1.º

■ Potencia ramal 2.º (circuito A2):

$S_{A2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\ (V) \cdot \frac{(5,8 + 6 + 7,9)}{3}\ (A) = 4.544,14\ (VA)$.

$P_{A2(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 4.544,14_{(VA)} \cdot 0,8 = 3.635,30_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{A2(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{3.635,30\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,8} = 6,57\ (A)$.

Control acondicionamiento ramal 2.º, 2.º

■ Potencia ramal 3.º (circuito A3):

$S_{A3(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 115,2\ (A) = 79.718,4\ (VA)$.

$P_{A3(W)} = S_{c1(VA)} \cdot \cos \varphi = 79.718,4_{(VA)} \cdot 0,8 = 63.774,72_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 3.º: $I_{A3(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{63.774,72\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,8} = 115,2\ (A)$.

Línea de ventilación

Desde el cuadro general de la planta repartiremos en dos líneas, el ramal de la izquierda y el de la derecha. El conjunto de los dos ramales estará formado por una red trifásica con neutro, conductor de equipotencialidad, tres conductores

de maniobra, un neutro y tres fases discriminadas por temporizadores, una para los extractores de los servicios, otra para los extractores generales y otra para el extractor de la sala de máquinas complementarias.
La maniobra y el control de los temporizadores se realizará desde el cuadro general.
En la ventilación consideramos un coeficiente de utilización Ku = 0,8 (las potencias consideradas, ya se ha aplicado el coeficiente de utilización):
■ Intensidad ramal 1.º: fase y neutro 3 A.
■ Intensidad ramal 2.º: dos fases y neutro 3 A.

Potencia: $S_{V(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(3 + 1{,}4 + 3)}{3}{}_{(A)} = 1.706{,}94_{(VA)}$.

Potencia línea de acondicionamiento y ventilación

El consumo de ventilación comparado con el de acondicionamiento es prácticamente despreciable.
Las cargas (motores de jaula de ardilla) prácticamente no generan armónicos, pero sí que crean un desfase importante entre el 0,86 de los motores de mayor potencia hasta 0,71 para los de menor potencia. Considerar un factor medio para el cálculo del cos φ = 0,8, se considera una medida adecuada:
■ Potencia red de acondicionamiento:

$S_{A(VA)} = S_{A1(VA)} + S_{A2(VA)} + S_{A3(VA)} + S_{V(VA)} =$

$= 5.358{,}94_{(VA)} + 4.544{,}14_{(VA)} + 79.718{,}4_{(VA)} + 1.706{,}94_{(VA)} = 91.328{,}42_{(VA)}$.

$P_{A(W)} = S_{A(VA)} \cdot \cos \varphi = 91.328{,}42_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 73.062{,}74_{(W)}$.

■ Intensidad: $I_{A(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{73.062{,}74\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}8} = 131{,}98\ (A)$.

L
6.4

Red de régimen IT

Cargas informáticas no lineales

Desde el cuadro general de la planta repartiremos en tres líneas, dos siguiendo la misma estructura de las demás líneas (conectores, alumbrado y acondicionamiento), ramal izquierdo 1.ª y ramal derecho 2.º. La tercera línea servirá para alimentar el cuadro secundario de la CPU central.
Para las cargas informáticas consideramos un coeficiente de utilización Ku = 1.

Control del ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º. En el punto de control de la línea 1.ª Q_{IT103}, antes de compensar el cos φ y los armónicos tendremos:

$S_{IT103(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(22{,}44 + 22{,}45 + 24{,}5)}{3}{}_{(A)} = 16.005{,}96_{(VA)}$.

$P_{IT103(W)} = S_{IT103(VA)} \cdot \cos \varphi = 16.005{,}96_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 11.204{,}17_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{IT102(A)} = \frac{P_{IT102(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{11.204{,}17\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}7} = 23{,}13\ (A)$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%: $I_{IT102(A)} \cdot 0{,}93 = 23{,}13 \cdot 0{,}93 = 21{,}51_{(A)}$.
Intensidad fundamental del ramal + THDI = $23{,}13_{(A)} \cdot 1{,}93 = 44{,}64_{(A)}$.
□ Potencia activa después de la compensación de armónicos y factor de potencia:

$P_{IT102(W)} = S_{IT103(VA)} \cdot \cos \varphi = 16.005{,}96_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 15.685{,}84_{(W)}$.

□ Intensidad: $I_{IT102} = \frac{P_{IT102(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{15.685{,}84\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}98} = 23{,}12\ (A)$.

Protegido por el interruptor automático Q_{IT102} - Compact y relé electrónico.

■ **Control del ramal 2.º, 1.º**

■ Potencia ramal 2.º, 1.º: en el punto de control de la línea $Q_{IT202\text{-}1}$, antes de compensar el cos φ y los armónicos tendremos:

$$S_{IT203/1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(15{,}18 + 17{,}55 + 13{,}6)}{3}_{(A)} = 10.686{,}78_{(VA)}.$$

$$P_{IT203/1(W)} = S_{IT203/1(VA)} \cdot \cos \varphi = 10.686{,}78_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 7.480{,}75_{(W)}.$$

$$I_{IT203/1(A)} = \frac{P_{IT203/1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{7.480{,}75_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}7} = 15{,}44_{(A)}.$$

Tasa de armónicos: THDI = 93%: $I_{IT203/1(A)} \cdot 0{,}93 = 15{,}44 \cdot 0{,}93 = 14{,}36_{(A)}$.
Intensidad del ramal + THDI = $15{,}44_{(A)} \cdot 1{,}93 = 29{,}79_{(A)}$.

□ Potencia activa después de la compensación de armónicos y factor de potencia:

$$P_{IT202/1(W)} = S_{IT203/1(VA)} \cdot \cos \varphi = 10.686{,}78_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 10.473{,}04_{(W)}.$$

□ Intensidad: $I_{IT202/1} = \frac{P_{IT202/1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{10.473{,}04_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 15{,}44_{(A)}$.

Control del ramal 2.º, 2.º

Es una línea directa a la caja IT-02 y al cuadro secundario C-IT-02:

$$S_{IT203/2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(21{,}34 + 19 + 19)}{3}_{(A)} = 13.687{,}76_{(VA)}.$$

$$P_{IT203/2(W)} = S_{IT203/2(VA)} \cdot \cos \varphi = 13.687{,}76_{(VA)} \cdot 0{,}7 = 9.581{,}43_{(W)}.$$

$$I_{IT203/2(A)} = \frac{P_{IT203/2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{9.581{,}43_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}7} = 19{,}78_{(A)}.$$

Alimentación alarmas técnicas

La potencia de consumo de las alarmas técnicas, comparado con la potencia de las cargas informáticas es despreciable en los cálculos de los consumos totales. Consideramos las potencias de las líneas una vez compensados los armónicos y el factor de potencia hasta un valor de cos φ = 0,98.

Control del ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{IT103(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(22{,}44 + 22{,}45 + 24{,}5)}{3}_{(A)} = 16.005{,}96_{(VA)}.$$

$$P_{IT103(W)} = S_{IT103(VA)} \cdot \cos \varphi = 16.005{,}96_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 15.685{,}84_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{IT102(A)} = \frac{P_{IT102(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{15.685{,}84_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 23{,}13_{(A)}$.

Control del ramal 2.º, 1.º

■ Potencia ramal 2.º, 1.º:

$$S_{IT203/1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(15{,}18 + 17{,}55 + 13{,}6)}{3}_{(A)} = 10.686{,}78_{(VA)}.$$

$$P_{IT203/1(W)} = S_{IT203/1(VA)} \cdot \cos \varphi = 10.686{,}78_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 10.473{,}044_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º, 1.º:

$$I_{IT203/1(A)} = \frac{P_{IT203/1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{10.473{,}044_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 15{,}44_{(A)}.$$

Control del ramal 2.º, 2.º

■ Potencia ramal 2.º, 2.º:

$$S_{IT203/2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(21{,}34 + 19 + 19)}{3}_{(A)} = 13\ .687{,}76_{(VA)}.$$

$$P_{IT203/2(W)} = S_{IT203/2(VA)} \cdot \cos \varphi = 13.687{,}76_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 13.414{,}004_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º, 2.º:

$$I_{IT203/2(A)} = \frac{P_{IT203/2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{13.414{,}004\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}98} = 19{,}78\ (A).$$

Control régimen IT

■ Potencia:

$$S_{ITP1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(58{,}96 + 59 + 57{,}1)}{3}_{(A)} = 40.380{,}5_{(VA)}.$$

$$P_{ITP1(W)} = (S_{ITP1(VA)} \cdot \cos \varphi) + 11_{(W)} = (40.380{,}50_{(VA)} \cdot 0{,}98) + 11_{(W)} = 39.583{,}95_{(W)}.$$

■ Intensidad: $I_{ITP1(A)} = \frac{P_{ITP1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{39.583{,}95\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}98} = 58{,}37\ (A).$

Cuadro planta 2.ª

Red de régimen TT

Tomas de corriente

En las tomas de corriente hemos considerado un coeficiente de utilización de Ku = 0,6 (en las potencias consideradas ya se ha aplicado el coeficiente de utilización).

No consideramos la potencia de la línea de tomas de corriente discriminada, porque sólo se puede utilizar cuando la oficina no está en servicio y para los servicios de limpieza. Por tanto no tiene coincidencia con el consumo en horas de trabajo.

Control tomas de corriente ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{c103(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(12{,}2 + 12{,}2 + 12{,}4)}{3}_{(A)} = 8.488{,}54_{(VA)}.$$

$$P_{c103(W)} = S_{c103(VA)} \cdot \cos \varphi = 8.488{,}54_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 6.790{,}83_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{c103(A)} = \frac{P_{c103(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{6.790{,}83\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}8} = 12{,}11\ (A).$

Control tomas de corriente ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º:

$$S_{c104(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(25{,}7 + 26{,}7 + 25)}{3}_{(A)} = 18.085{,}8_{(VA)}.$$

$$P_{c104(W)} = S_{c104(VA)} \cdot \cos \varphi = 18.085{,}8_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 14.468{,}64_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{c104(A)} = \frac{P_{c104(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{14.468{,}64\ (W)}{1{,}73 \cdot 400\ (V) \cdot 0{,}8} = 25{,}6_{(A)}.$

Control tomas de corriente ramal discriminado

Intensidad ramal discriminado: $I_{(A)} = I_{1(A)} + I_{2(A)} = 7{,}25_{(A)} + 6{,}5_{(A)} = 13{,}75_{(A)}$.

Alimentación base control ramal 1.º del confort
Modulo ALM-D sistema domótico.
Potencia de consumo 150 mA.
Tensión de alimentación 230 V CA 50 Hz.
Temperatura de utilización de 5 a 55 °C.

Alimentación base control ramal 2.º del confort
Modulo ALM-D sistema domótico.
Potencia de consumo 150 mA.
Tensión de alimentación 230 V CA 50 Hz.
Temperatura de utilización de 5 a 55 °C.

Control circuito agua sanitaria caliente 2.ª planta
No consideraremos en el consumo total la potencia de agua sanitaria caliente por estar discriminada con respecto al consumo principal:
■ Potencia:

$S_{c110(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 5{,}2_{(A)} = 3.645{,}2_{(VA)}$.
$P_{c110(W)} = S_{c110(VA)} \cdot \cos \varphi = 3.645{,}2_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 2.916{,}16_{(W)}$.

■ Intensidad: $I_{c110(A)} = \dfrac{P_{c110(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{2.916{,}16_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 5{,}2_{(A)}$.

Control derivación tomas de corriente y confort de la 2.ª planta
Potencia ramal 1.º = 6.790,83 W.
Potencia ramal 2.º = 14.468,64 W.
Potencia maniobra = 11 W.
Potencia agua sanitaria = 2.916,16 W.
La potencia de las tomas discriminadas y el agua sanitaria al ser discriminada en horario no se suman a la potencia diurna.
Potencia total circuito P = 6.790,83 W + 14.468,64 W + 11 W = 24.157,47 W.

Intensidad: $I_{c102(A)} = \dfrac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{24.157{,}47_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 43{,}08_{(A)}$.

Alumbrado

En el alumbrado consideramos un coeficiente de utilización Ku = 1 (en las potencias consideradas ya se ha aplicado el coeficiente de utilización).
En el alumbrado nos encontramos con una generación de armónicos que afecta a la red aguas abajo de los compensadores activos, si la compensación es total. En nuestro caso no afecta a las instalaciones generales de los cuadros de planta, porque ya llegan compensadas en ellas.

Control alumbrado ramal 1.º
■ Potencia ramal 1.º:

$S_{l103(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \dfrac{(13{,}49 + 14{,}83 + 13{,}93)}{3}_{(A)} = 9.872{,}42_{(VA)}$.
$P_{l103(W)} = S_{l103(VA)} \cdot \cos \varphi = 9.872{,}42_{(VA)} \cdot 0{,}607 = 5.992{,}55_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{l103(A)} = \dfrac{P_{l103(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{5.992{,}55_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}607} = 14{,}27_{(A)}$.

Tasa media de armónicos: THDI = 25,5%.
Intensidad del ramal + THDI = $14{,}27_{(A)} \cdot 1{,}255 = 17{,}90_{(A)}$.

Control alumbrado ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º:

$$S_{I104(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(12{,}78 + 12{,}64 + 13{,}63)}{3}_{(A)} = 9.124{,}69_{(VA)}.$$

$$P_{I104(W)} = S_{I104(VA)} \cdot \cos\varphi = 9.124{,}69_{(VA)} \cdot 0{,}607 = 5.538{,}69_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{I104(A)} = \frac{P_{I104(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{5.538{,}69_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}607} = 13{,}19_{(A)}.$

Tasa media de armónicos: THDI = 25,5%.

Intensidad del ramal + THDI = $13{,}19_{(A)} \cdot 1{,}255 = 16{,}55_{(A)}$.

Control derivación alumbrado de la 2.ª planta

Potencia ramal 1.º = 5.992,55 W.

Potencia ramal 2.º = 5.538,69 W.

Potencia maniobra = 11 W.

Potencia total circuito P = 5.992,55 W + 5.538,69 W + 11 W = 11.542,24 W.

Intensidad: $I_{(A)} = \frac{P_{(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{11.542{,}24_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 17{,}02_{(A)}.$

Acondicionamiento y ventilación

Acondicionamiento

Desde el cuadro general de la planta alimentaremos el cuadro secundario de acondicionamiento.

En el cuadro secundario de accionamiento distribuiremos dos secciones de generación de agua climatizada y dos ramales de alimentación de los fancoils.

En el acondicionamiento consideramos un coeficiente de utilización Ku = 1 (en las potencias consideradas ya se ha aplicado el coeficiente de utilización).

Control acondicionamiento sección 1.ª

■ Potencia ramal 3.º (circuito A3):

$$S_{A105/1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(65{,}3 + 62{,}4 + 61{,}9)}{3}_{(A)} = 43.734{,}4_{(VA)}.$$

$$P_{A105/1(W)} = S_{A105/1(VA)} \cdot \cos\varphi = 43.734{,}4_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 34.987{,}52_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 3.º: $I_{A105/1(A)} = \frac{P_{A105/1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{34.987{,}52_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 63{,}2_{(A)}.$

Control acondicionamiento sección 2.ª

■ Potencia ramal 3.º (circuito A3):

$$S_{A105/2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(6{,}19 + 6{,}19 + 62{,}4)}{3}_{(A)} = 42.950{,}14_{(VA)}.$$

$$P_{A105/2(W)} = S_{A105/2(VA)} \cdot \cos\varphi = 42.950{,}14_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 34.360{,}11_{(W)}.$$

■ Intensidad ramal 3.º: $I_{A105/2(A)} = \frac{P_{A105/2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{34.360{,}11_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 62{,}07_{(A)}.$

Control acondicionamiento ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º (circuito A3):

$S_{A103(VA)} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1_{(A)} = 230_{(VA)}$.

$P_{A103(W)} = S_{A103(VA)} \cdot \cos\varphi = 230_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 184_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{A103(A)} = \frac{P_{A103(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{184_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1_{(A)}.$

Control acondicionamiento ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º (circuito A2):

$S_{A104(VA)} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 230_{(V)} \cdot 1_{(A)} = 230_{(VA)}$.

$P_{A104(W)} = S_{A104(VA)} \cdot \cos \varphi = 230_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 184_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{A104(A)} = \dfrac{P_{A104(W)}}{U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{184_{(W)}}{230_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1_{(A)}$.

Línea de ventilación

Desde el cuadro general de la planta distribuiremos por medio de una línea todas las cajas de conexiones correspondientes a las cargas de ventilación.

La maniobra y el control de los temporizadores se realiza desde el cuadro general de planta.

En la ventilación consideramos un coeficiente de utilización Ku = 0,8 (en las potencias consideradas ya se ha aplicado el coeficiente de utilización).

■ Potencia:

$$S_{V106(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(1{,}4 + 1{,}6 + 1{,}6)}{3}{}_{(A)} = 1.061{,}07_{(VA)}.$$

$P_{A106(W)} = S_{A106(VA)} \cdot \cos \varphi = 1.061{,}07_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 848{,}85_{(W)}$.

■ Intensidad: $I_{A106(A)} = \dfrac{P_{A106(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{848{,}85_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 1{,}54_{(A)}$.

Potencia línea de acondicionamiento y ventilación

El consumo de ventilación comparado con el de acondicionamiento es prácticamente despreciable.

Las cargas (motores de jaula de ardilla) prácticamente no generan armónicos, pero sí que crean un desfase importante entre el 0,86 de los motores de mayor potencia hasta 0,71 para los de menor potencia. Considerar un factor medio para el cálculo del 0,8 es una medida adecuada:

■ Potencia red de acondicionamiento: $S_{A105(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} =$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{[(125{,}8 + 1{,}4)\ (126{,}3 + 1{,}6)\ (125{,}3 + 1{,}6)]}{3}{}_{(A)} = 89.260{,}66_{(VA)}.$$

$P_{A105(W)} = S_{A105(VA)} \cdot \cos \varphi = 89.260{,}66_{(VA)} \cdot 0{,}8 = 71.408{,}53_{(W)}$.

■ Intensidad: $I_{A105(A)} = \dfrac{P_{A105(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{71.408{,}53_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}8} = 127{,}34_{(A)}$.

Red de régimen IT

Cargas informáticas no lineales

Desde el cuadro general de la planta repartiremos dos líneas siguiendo la misma estructura de las demás líneas (conectores, alumbrado y acondicionamiento); ramal izquierdo 1.ª y ramal derecho 2.º.

Para las cargas informáticas consideramos un coeficiente de utilización Ku = 1.

Consideramos las potencias de las líneas una vez compensados los armónicos y el factor de potencia hasta un valor de cos φ = 0,98.

Control del ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$$S_{IT302(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \frac{(32{,}5 + 33{,}2 + 34{,}2)}{3}{}_{(A)} = 23.343{,}3_{(VA)}.$$

$P_{IT302(W)} = S_{IT302(VA)} \cdot \cos \varphi = 23.343,3_{(VA)} \cdot 0,7 = 16.340,31_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{IT302(A)} = \dfrac{P_{IT302(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{16.340,31\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,7} = 33,74\ (A)$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $33,74_{(A)} \cdot 1,93 = 65,12_{(A)}$.

Control del ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º:

$S_{IT403(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\,(V) \cdot \dfrac{(38,5 + 35,2 + 35,8)}{3}\,(A) = 25.258\ (VA)$.

$P_{IT403(W)} = S_{IT403(VA)} \cdot \cos \varphi = 25.258_{(VA)} \cdot 0,7 = 17.680,6_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{IT403(A)} = \dfrac{P_{IT403(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{17.680,6\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,7} = 36,5_{(A)}$.

Tasa de armónicos: THDI = 93%.
Intensidad del ramal + THDI = $34,62_{(A)} \cdot 1,93 = 66,80_{(A)}$.

Consideramos las potencias de las líneas una vez compensados los armónicos y el factor de potencia hasta un valor de cos φ = 0,98.

Control del ramal 1.º

■ Potencia ramal 1.º:

$S_{IT302(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\,(V) \cdot \dfrac{(32,5 + 33,2 + 34,2)}{3}\,(A) = 23.343,3\ (VA)$.

$P_{IT302(W)} = S_{IT302(VA)} \cdot \cos \varphi = (23.343,3_{(VA)} \cdot 0,98) + 11_{(W)} = 22.887,44_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 1.º: $I_{IT302(A)} = \dfrac{P_{IT302(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{22.887,44\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 33,75\ (A)$.

Control del ramal 2.º

■ Potencia ramal 2.º:

$S_{IT403(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\,(V) \cdot \dfrac{(38,5 + 35,2 + 35,8)}{3}\,(A) = 25.258\ (VA)$.

$S_{IT402(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\,(V) \cdot \dfrac{(34,5 + 33,2 + 34,8)}{3}\,(A) = 23.643,34\ (VA)$.

$P_{IT402(W)} = S_{IT402(VA)} \cdot \cos \varphi = (25.258_{(VA)} \cdot 0,98) + 11_{(W)} = 24.763,84_{(W)}$.

■ Intensidad ramal 2.º: $I_{IT402(A)} = \dfrac{P_{IT402(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{24.763,84\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 36,51\ (A)$.

Alimentación alarmas técnicas

La potencia de consumo de las alarmas técnicas comparada con la potencia de las cargas informáticas es despreciable en los cálculos de los consumos totales.

Control régimen IT

■ Potencia:

$S_{ITP2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot I_{(A)} = 1,73 \cdot 400\,(V) \cdot \dfrac{(71 + 68,4 + 70)}{3}\,(A) = 48.301,6\ (VA)$.

$P_{ITP2(W)} = (S_{ITP2(VA)} \cdot \cos \varphi) + 11_{(W)} = (48.301,3_{(VA)} \cdot 0,98) + 11_{(W)} = 47.346,56_{(W)}$.

■ Intensidad: $I_{ITP2(A)} = \dfrac{P_{ITP2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \dfrac{47.346,56\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 69,82\ (A)$.

Cuadro general

Régimen IT

Cargas	Coeficiente de simultaneidad	Intensidades fases L1	L2	L3
Planta 1.ª	**0,9**	**58,96**	**59**	**57,1**
Línea 1.ª		22,44	22,45	24,5
Línea 2.ª		15,18	17,55	13,6
Línea 3.ª		21,34	19	19
Planta 2.ª	**0,9**	**71**	**68,4**	**70**
Línea 1.ª		32,5	33,2	34,2
Línea 2.ª		38,5	35,2	35,8
Planta 3.ª	**0,9**	**71**	**68,4**	**70**
Línea 1.ª		32,5	33,2	34,2
Línea 2.ª		38,5	35,2	35,8

Tabla L6.4-531/1: *factores de simultaneidad de las líneas de régimen IT.*

La potencia de las plantas proviene del consumo repartido en tres líneas, la IEC recomienda un factor de simultaneidad, para dos o tres líneas diferentes de 0,9, el cual aplicaremos para el dimensionado de las alimentaciones.

Potencia ramal 1.ª planta

$$S_{ITP1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(58{,}96 + 59 + 57{,}1)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9 \right] =$$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 58{,}35_{(A)} \cdot 0{,}9 = 36.342{,}454_{(VA)}.$$

$$P_{ITP1(W)} = S_{ITP1(VA)} \cdot \cos \varphi = 36.342{,}454_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 35.615{,}604_{(W)}.$$

$$I_{ITP1(A)} = \frac{P_{ITP1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{35.615{,}604_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 52{,}52_{(A)}.$$

Potencia ramal 2.ª planta

$$S_{ITP2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(71 + 68{,}4 + 70)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9 \right] =$$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 69{,}8_{(A)} \cdot 0{,}9 = 43.471{,}44_{(VA)}.$$

$$P_{ITP2(W)} = S_{ITP2(VA)} \cdot \cos \varphi = 43.471{,}44_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 42.602{,}011_{(W)}.$$

$$I_{ITP2(A)} = \frac{P_{ITP2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{42.602{,}011_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 62{,}82_{(A)}.$$

Potencia ramal 3.ª planta

$$S_{ITP3(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(71 + 68{,}4 + 70)}{3}_{(A)} \cdot 0{,}9 \right] =$$

$$= 1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 69{,}8_{(A)} \cdot 0{,}9 = 43.471{,}44_{(VA)}.$$

$$P_{ITP3(W)} = S_{ITP3(VA)} \cdot \cos \varphi = 43.471{,}44_{(VA)} \cdot 0{,}98 = 42.602{,}011_{(W)}.$$

$$I_{ITP3(A)} = \frac{P_{ITP3(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{42.602{,}011_{(W)}}{1{,}73 \cdot 400_{(V)} \cdot 0{,}98} = 62{,}82_{(A)}.$$

Potencia de las tres plantas

$$S_{IT(VA)} = Ks \cdot (S_{ITP1(VA)} + S_{ITP2(VA)} + S_{ITP3(VA)}) =$$

$$= 0{,}9\ (36.342{,}454 + 43.471{,}44 + 43.471{,}44) =$$

$$= 0{,}9 \cdot 123.285{,}33_{(VA)} = 110.956{,}79_{(VA)}.$$

$P_{IT(W)} = S_{IT(VA)} \cdot \cos \varphi = 110.956,79_{(VA)} \cdot 0,98 = 108.737,65_{(W)}$.

$$I_{IT(A)} = \frac{P_{IT(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{108.737,65\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 160,342\ (A).$$

Red de régimen TT

Cargas	Coeficiente de simultaneidad	Intensidades fases L1	L2	L3
Planta 1.ª		**202,54**	**202,71**	**204,61**
Tomas de corriente	0,9	32,2	33,1	33
Alumbrado	0,9	37,44	37,21	38,81
Acondicionamiento	0,9	129,9	131	129,8
Ventilación	0,9	3	1,4	3
Planta 2.ª		**196,57**	**195,87**	**194,46**
Tomas de corriente	0,9	43,1	44,1	42,6
Agua sanitaria				
Alumbrado	0,9	26,27	27,47	27,56
Acondicionamiento	0,9	127,2	124,3	124,3
Planta 3.ª		**196,57**	**195,87**	**194,46**
Tomas de corriente	0,9	43,1	44,1	42,6
Agua sanitaria				
Alumbrado	0,9	26,27	27,47	27,56
Acondicionamiento	0,9	127,2	124,3	124,3

Tabla L6.4-532: *cargas de las derivaciones del régimen IT.*

Potencia ramal 1.º

Planta 1.ª:

$$S_{TTP1(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(202,54 + 202,71 + 202,61)}{3}\ (A) \cdot 0,9 \right] =$$

$$= 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 182,36_{(A} = 126.193,12_{(VA)}.$$

$P_{TTP1(W)} = (S_{TTP1(VA)} \cdot \cos \varphi) + 11_{(W)} = (126.193,12_{(VA)} \cdot 0,96) + 11_{(W)} = 121.156,39_{(W)}$.

$$I_{TTP1(A)} = \frac{P_{TTP1(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{121.156,39\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,96} = 182,38\ (A).$$

Potencia ramal 2.º

Planta 2.ª:

$$S_{TTP2(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(196,57 + 195,87 + 194,46)}{3}\ (A) \cdot 0,9 \right] =$$

$$= 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 176,07_{(A)} = 121.840,43_{(VA)}.$$

$S_{TTP2T} = S_{TTP2} + S_{A103} + S_{A104} + S_{V105} = 121.840,43 + 230 + 230 + 1.061,07 = 123.361,5_{(VA)}$.

$P_{TTP2(W)} = (S_{TTP2T(VA)} \cdot \cos \varphi) + 11_{(W)} = (123.361,5_{(VA)} \cdot 0,96) + 11_{(W)} = 118.438,04_{(W)}$.

$$I_{TTP2(A)} = \frac{P_{TTP2(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{118.438,04\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,96} = 178,28\ (A).$$

Potencia ramal 3.º

Planta 3.ª:

$$S_{TTP3(VA)} = \sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot (I_{(A)} \cdot Ks) = 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot \left[\frac{(196,57 + 195,87 + 194,46)}{3}\ (A) \cdot 0,9 \right] =$$

$$= 1,73 \cdot 400_{(V)} \cdot 176,07_{(A)} = 121.840,43_{(VA)}.$$

$S_{TTP3T} = S_{TTP3} + S_{A203} + S_{A204} + S_{V205} = 121.840,43 + 230 + 230 + 1.061,07 = 123.361,5_{(VA)}$.

$$P_{TTP3(W)} = (S_{TTP3T(VA)} \cdot \cos\varphi) + 11_{(W)} = (123.361,5_{(VA)} \cdot 0,96) + 11_{(W)} = 118.438,04_{(W)}.$$

$$I_{TTP3(A)} = \frac{P_{TTP3(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} = \frac{118.438,04\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,96} = 178,28\ (A).$$

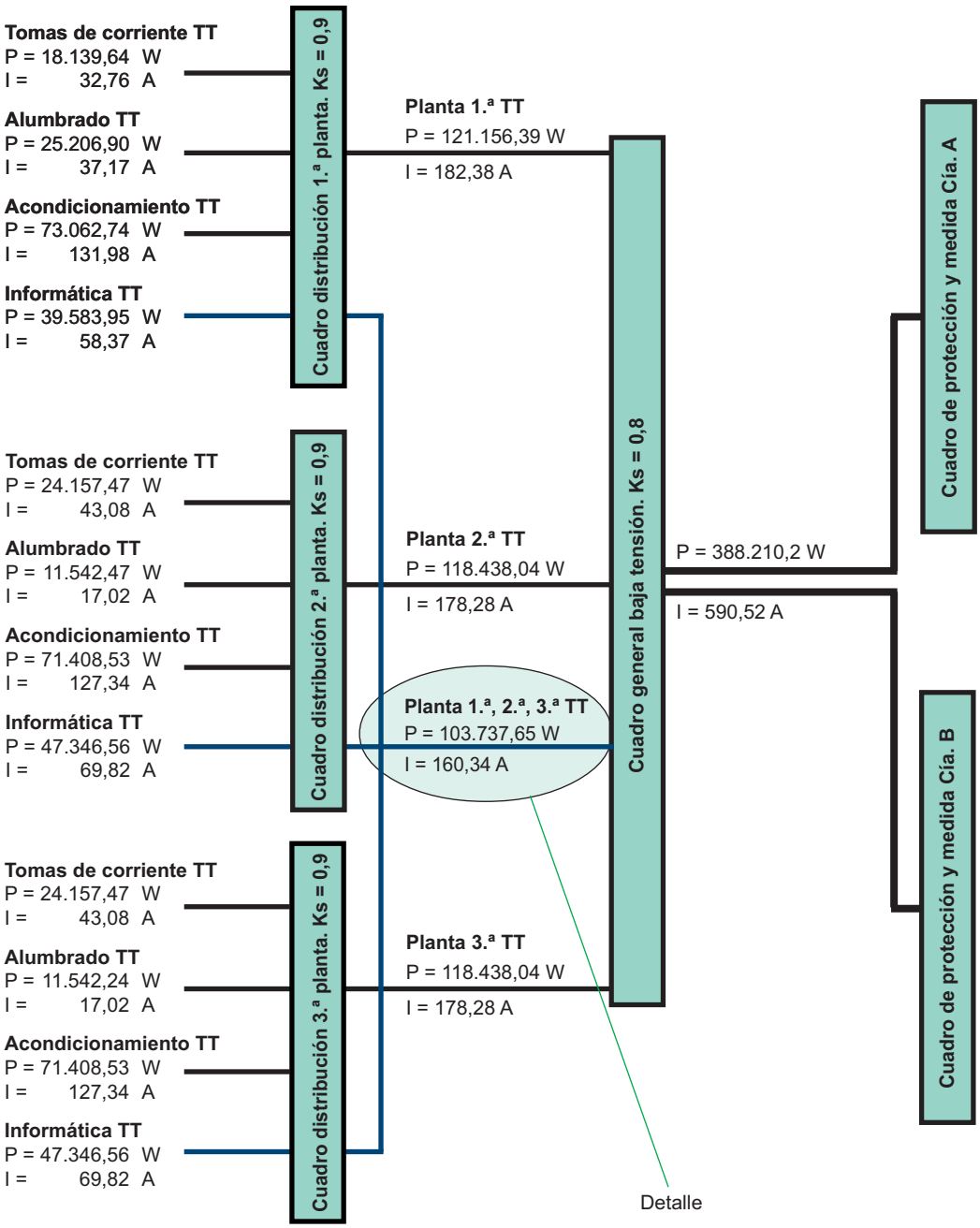


Fig. L6.4-533: *diagrama de utilización del factor de simultaneidad.*

Potencia de la alimentación del régimen IT de las tres plantas

Potencia del SAI.

Un SAI que lleva incorporado un filtro de armónicos híbrido THM y suministra una potencia de salida de 120 kVA y una potencia de entrada de 120 kVA/0,93 = 129 kVA por tanto unas pérdidas de 9 kVA.

En una redundancia 3/2 debemos prever 3 ud. de SAI, por tanto debemos aportar las pérdidas de los tres SAI.

$S_{IT-T(VA)} = (S_{IT(VA)} + 3 \cdot 9.000_{(VA)}) = 110.956,79_{(VA)} + 27.000_{(VA)} = 137.956,79_{(VA)}$.

$P_{IT(W)} = S_{IT-T(VA)} \cdot \cos \varphi = 137.956,79_{(VA)} \cdot 0,98 = 135.197,65_{(W)}$.

$$I_{IT(A)} = \frac{P_{IT(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{135.197,65\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,98} = 199,35\ (A).$$

Potencia de las tres plantas

$S_{TT(VA)} = Ks \cdot (S_{TTP1(VA)} + S_{TTP2T(VA)} + S_{TTP3T(VA)} + S_{IT(VA)}) =$

$= 0,8 \cdot (126.123,12_{(VA)} + 123.361,5_{(VA)} + 123.361,5_{(VA)} + 137.956,79_{(VA)}) =$

$= 0,8 \cdot 510.802,91_{(VA)} = 408.642,32_{(VA)}$.

$P_{TT(W)} = S_{TT(VA)} \cdot \cos \varphi = 408.642,32_{(VA)} \cdot 0,95 = 388.210,2_{(W)}$.

$$I_{ITT(A)} = \frac{P_{TT(W)}}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos \varphi} = \frac{388.210,2\ (W)}{1,73 \cdot 400\ (V) \cdot 0,95} = 590,52\ (A).$$

Los consumos y los coeficientes de simultaneidad

Hemos considerado adecuados los coeficientes de simultaneidad expresados en la Tabla B4-006, página B/83 del 1.er Volumen:

- En los cuadros de distribución de plantas Ks = 0,9.
- En el cuadro general Ks = 0,8.

El margen de seguridad general es muy alto puesto que sólo hemos considerado el factor de utilización Ku en las líneas de las tomas de corriente. En las demás líneas el factor de utilización hemos considerado Ku = 1.

Detalle

En el diagrama de la utilización del factor de simultaneidad Ks hemos simplificado el circuito de régimen IT para no complicar la claridad del mismo, en realidad esta parte se puede expresar:

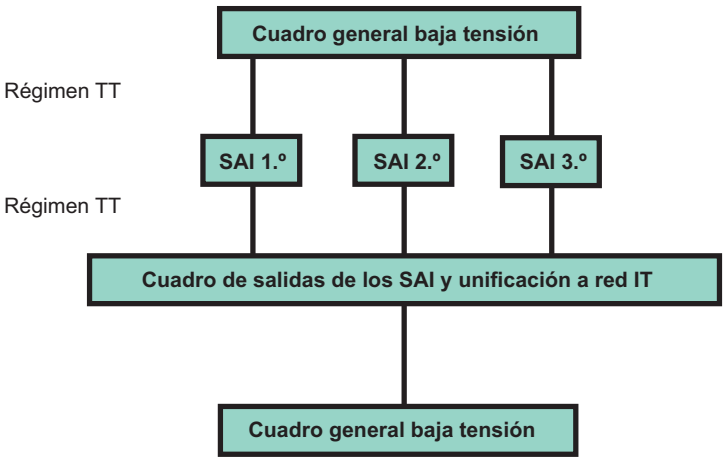


Fig. L6.4-534: *diagrama detalle del inicio del régimen IT.*

Situación de los cuadros

La situación del espacio para los cuadros se encuentra en el centro de cada planta.

En la primera planta se situarán el cuadro general de baja tensión, el cuadro de distribución de la planta y una unidad de SAI.

En la segunda planta se sitúa el cuadro de distribución de la segunda planta, el de control de los SAI y una unidad de los SAI con sus respectivas baterías.

En la tercera planta se sitúa el cuadro de distribución de la tercera planta y una unidad de SAI.

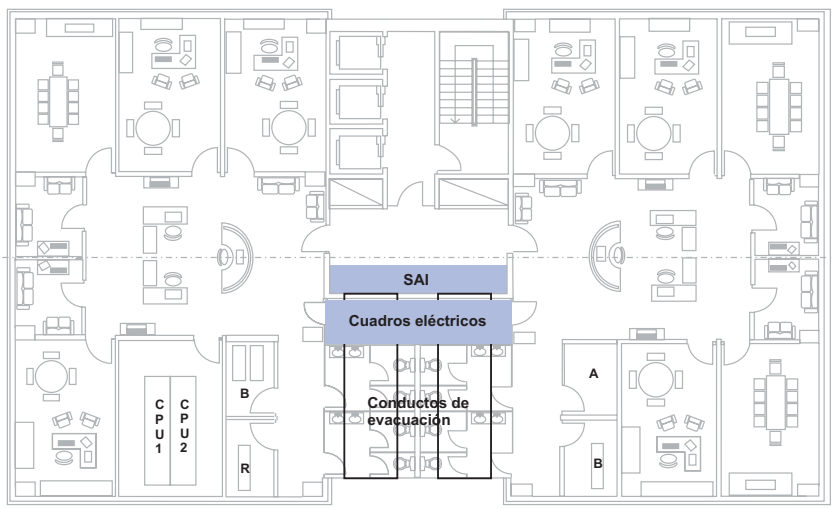


Fig. L6.4-535: *situación del espacio para los cuadros eléctricos.*

Primera planta

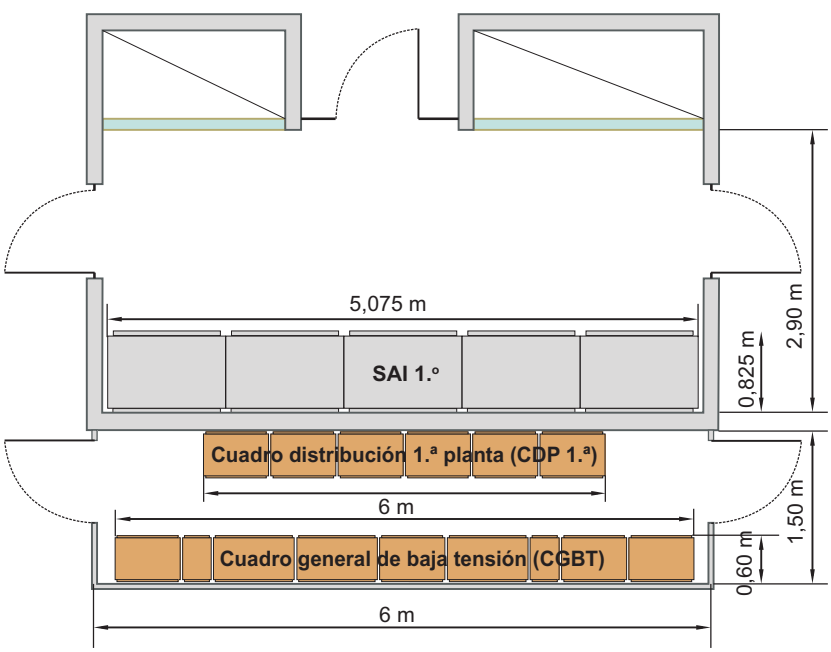


Fig. L6.4-536: *situación cuadros 1.ª planta.*

Segunda planta

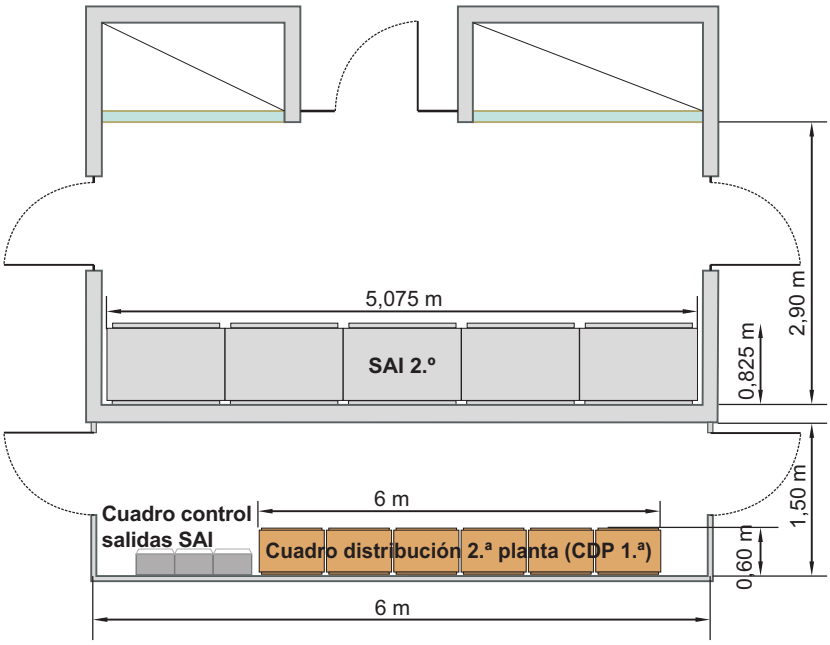


Fig. L6.4-537: *situación cuadros 2.ª planta.*

Tercera planta

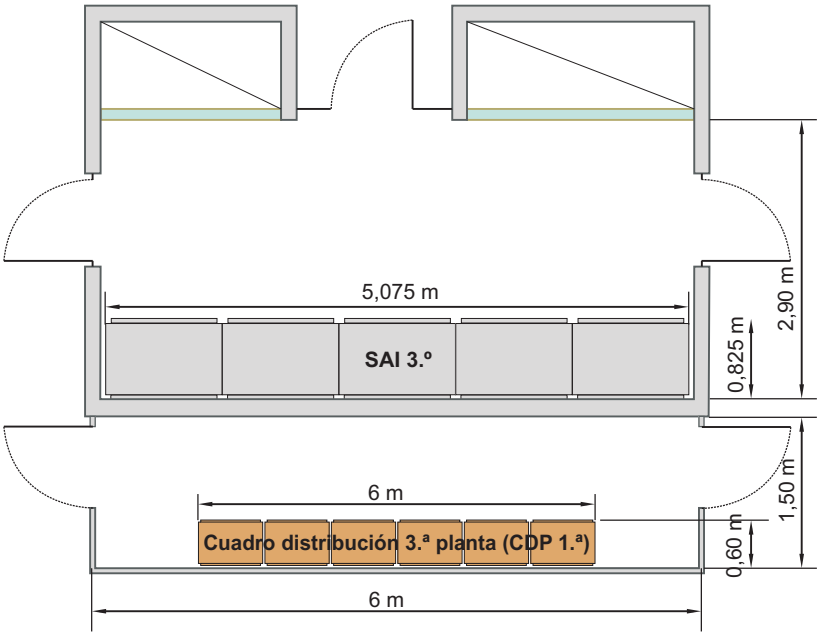


Fig. L6.4-538: *situación cuadros 3.ª planta.*

Los SAI

Constan cada uno de

■ Un armario de 1.015 mm · 825 mm · 1.900 mm para los componentes electrónicos de control, rectificación y oscilación.

■ 4 armarios de 1.015 mm · 825 mm · 1.900 mm para el almacenamiento de las baterías de reserva de carga para 1 h.

El peso de los armarios es de 860 kg (componentes electrónicos) + 5.800 kg las baterías de reserva. Total 6.660 kg.

La pérdidas por disipación del conjunto es del orden de 8.900 W.

El armario es metálico con capa de pintura. A esta solución le corresponde un coeficiente de disipación térmica K = 5,5 W/m^2 °C.

La superficie de las caras con capacidad de disipación (al estar adosada a un muro la parte posterior del cuadro, solamente podemos considerar que transmiten calor al ambiente exterior) es de:

□ La parte frontal 5,075 m · 1,9 m = 9,6425 m^2.

□ La parte lateral 2 · 0,825 m · 1.9 m = 3,135 m^2.

□ La parte superior 5,075 m · 0,825 m = 4.186875 m^2.

□ Total = 16,964375 m^2.

La temperatura del entorno del cuadro, consideramos una media de 24 °C, y la del interior del cuadro una media de 38 °C.

Nota: Hemos realizado los cálculos de degradación térmica de la aparamenta a 45 °C y en este momento consideramos una temperatura media de 38 °C, es correcto puesto que la situación de la aparamenta en forma contigua sobre carril de sujeción genera una temperatura más elevada que la media de la envolvente en su propio entorno, con diferencias de 5 a 10 °C. Es correcto considerar una temperatura media 7 °C inferior a la de cálculo del comportamiento de la aparamenta.

El gradiente de temperatura será de 38 °C – 24 °C = 14 °C.

La capacidad de disipación de cuadro del SAI será de:

P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 16,964375 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = = 1.306,25 W.

La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 8.900 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.

La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario.

El caudal del ventilador o ventiladores a instalar será:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{8.900\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 16{,}964375\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (635,71428 – 93,304062) = 1.681,47 m^3/h.

Ventiladores para la evacuación

Columna	Ventilador				P_p	P_d	P_{dv}
	Ref.	Filtro	m^3/h	W	W	W	W
1.ª	07990	Sí	300	012			
	07990	Sí	300	012			
2.ª	07990	Sí	300	012			
3.ª	07990	Sí	300	012			
4.ª	07990	Sí	300	012			
5.ª	07990	Sí	300	012			
Totales			1.800		8.900	1.306,25	7.595,75

El CGBT

Está formado por nueve columnas del modelo Prisma de Schneider Electric.

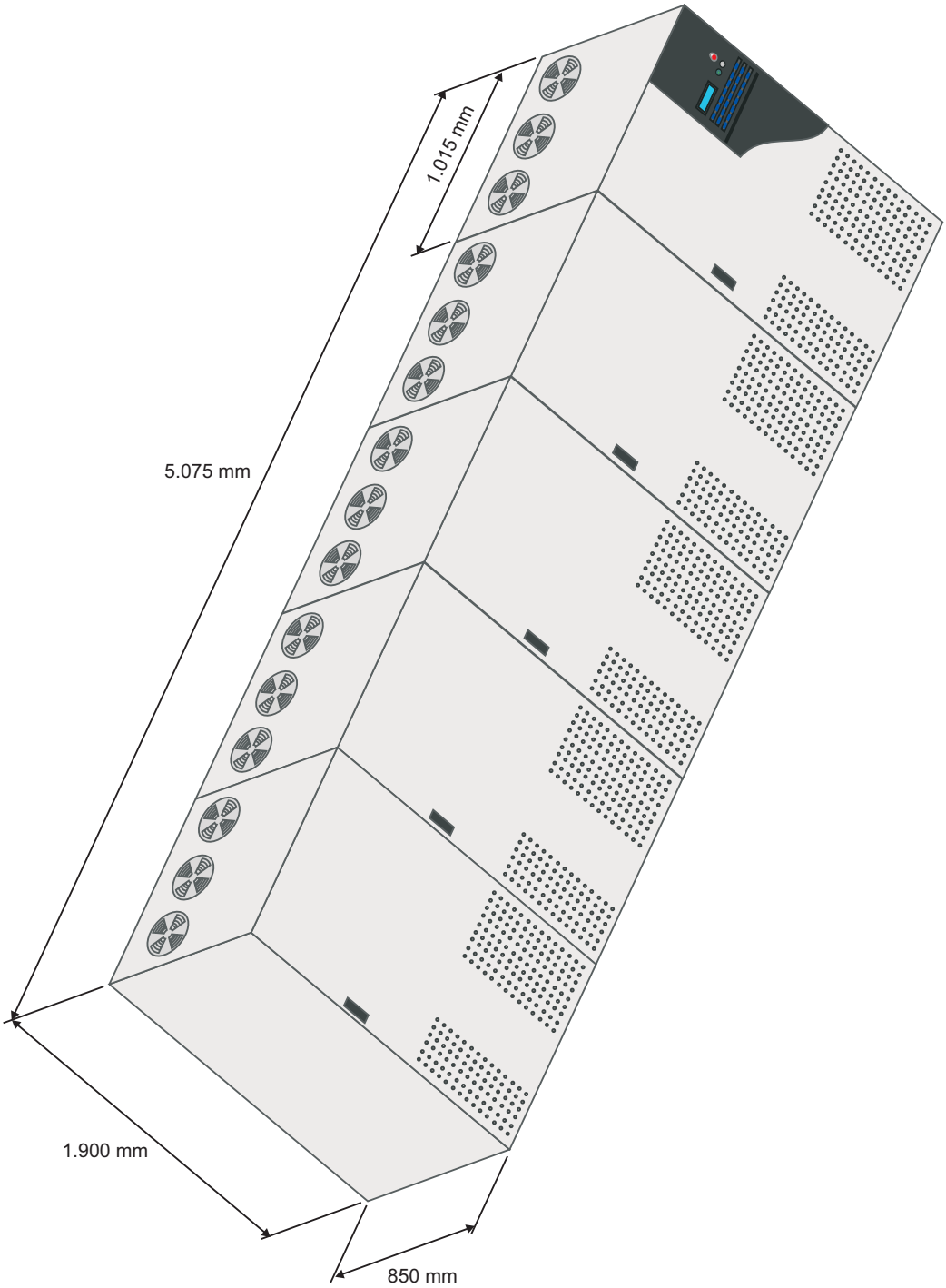


Fig. L6.4-539: *SAI y 1 hora de reserva.*

Columna 1.ª
Comprende pletinas de condensadores del sistema Varplus para la compensación del factor de potencia y un compensador activo para la compensación de armónicos.

Los vatios evacuados por la aparamenta son 1.580 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) + (450 mm · 1.950 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 + 0,8325 m^2 = = 2,3925 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 2,3925 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 184,2225 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 1.580 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{1.580\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 2{,}3925\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (112,85714 – 13,15875) = 309,096 m^3/h.

Columna 2.ª
Es un espacio para la situación de los conductores, es evidente que existirá una disipación térmica, pero de la forma que hemos dimensionado los conductores de las conexiones para temperaturas de trabajo de 30 °C, no necesitan tratamientos térmicos.

Columna 3.ª
Comprende aparamenta de medida y de protección, en un lateral se sitúa un embarrado para las conexiones, aparamenta de protección y mando.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 627,5 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (800 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 800 mm) = 1,56 m^2 + 0,36 m^2 = 1,92 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,92 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 ºC = 147,84 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 627,5 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

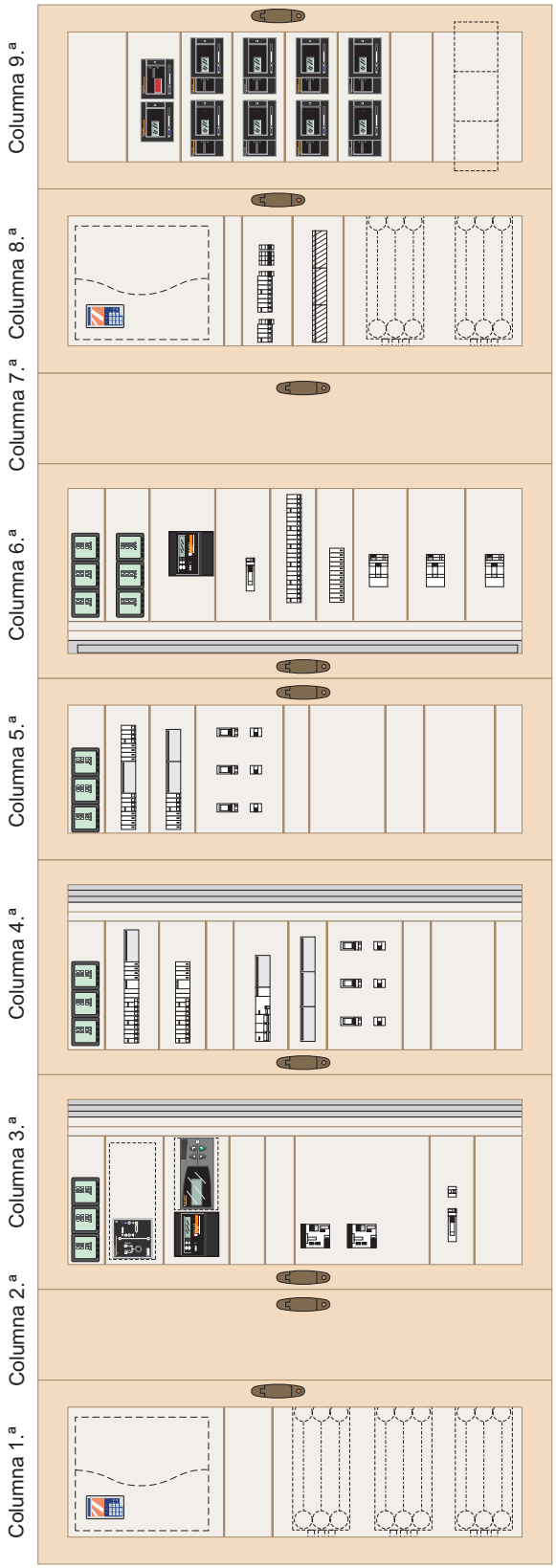
$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{627{,}5\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}92\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (44,821428 – 10,56) = 106,21 m^3/h.

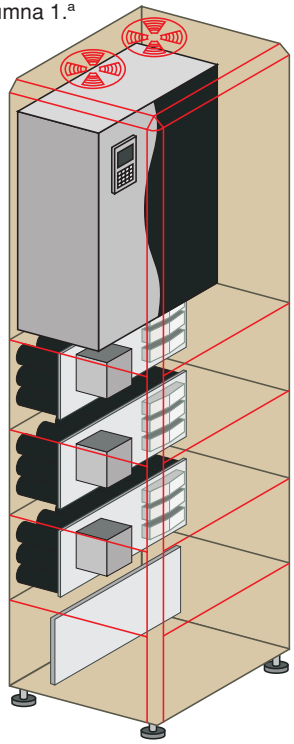
Columna 4.ª
Comprende aparamenta de medida y de protección, en un lateral y en el fondo se sitúa un embarrado para las conexiones, aparamenta de protección y mando.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 495,6 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (800 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 800 mm) = 1,56 m^2 + 0,36 m^2 = 1,92 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,92 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 ºC = 147,84 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 495,6 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{495{,}6\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}92\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (35,4 – 10,56) = 77,00 m^3/h.



Detalle columna 1.ª



Detalle columna 8.ª

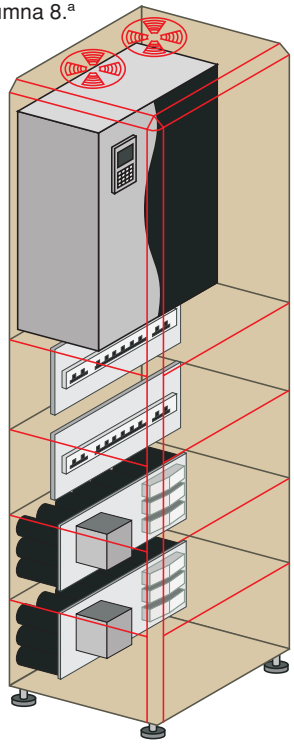


Fig. L6.4-540: *cuadro general de baja tensión CGBT.*

Columna 5.ª

Comprende aparamenta de medida y de protección, en un lateral y en el fondo se sitúa un embarrado para las conexiones, aparamenta de protección y mando.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 337 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 337 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{337\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}56\ m^2)\right) =$$

$$= 3{,}1\ (24{,}071428 - 8{,}58) = 48{,}02\ m^3/h.$$

Columna 6.ª

Comprende aparamenta de medida y de protección, en un lateral se sitúa un embarrado para las conexiones, aparamenta de protección y mando.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 421 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (800 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 800 mm) = 1,56 m^2 + 0,36 m^2 = 1,92 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,92 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 147,84 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 421 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{421\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}92\ m^2)\right) =$$

$$= 3{,}1\ (30{,}071428 - 10{,}56) = 60{,}48\ m^3/h.$$

Columna 7.ª

Es un espacio para la situación de los conductores, es evidente que existirá una disipación térmica, pero de la forma que hemos dimensionado los conductores de las conexiones para temperaturas de trabajo de 30 °C, no necesitan tratamientos térmicos.

Columna 8.ª

Comprende aparamenta de medida y de protección y mando.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 1.149 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,27 m^2 = 1,545 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,545 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 118,965 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 1.149 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{1.141\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}545\ m^2)\right) =$$

$$= 3{,}1\ (81{,}5 - 8{,}4975) = 226{,}30775\ m^3/h.$$

Columna 9.ª

Comprende aparamenta de medida y de protección.

Los vatios evacuados por la aparamenta son 221 W.

La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) + (450 mm · 1.950) = 1,2675 m^2 + 0,2925 + 0,8775 m^2 = 2,4375 m^2.

La potencia disipada será:

P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 2,4375 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 187,6875 W.

La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 221 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.

La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{421\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 2{,}4375\ m^2)\right) =$$

$$= 3{,}1\ (30{,}071428 - 13{,}40625) = 51{,}66\ m^3/h.$$

Total volumen de aire a renovar en el CGBT

V_a = 309,09 m^3/h + 106,21 m^3/h + 77,00 m^3/h + 77,00 m^3/h + 48,02 m^3/h + + 60,48 m^3/h + 226,30 m^3/h + 51,66 m^3/h = 878,76 m^3/h.

Total potencia disipada por el CGBT

La aparamenta y las conducciones del CGBT aportan por disipación la potencia de pérdidas internas:

P_d = 1.580 W + 627,5 W + 495,6 W + 337 W + 421 W + 1.149 W + 231 W = = 4.841,1 W.

De esta potencia una parte se disipa a través de las caras metálicas del cuadro, con libre contacto con el aire y otra parte por ventilación forzada.

Potencia disipada por las caras del cuadro en contacto con el aire:

P_d = 184,22 W + 147,84 W + 147,84 W + 120,12 W + 147,84 W + 118,96 W + + 187,68 W = 1.054,5 W.

Potencia disipada por ventilación forzada:

P_{dv} = 1.395,78 W + 479,66 W + 347,16 W + 116,88 W + 273,16 W + 1,030,04 W + + 43,32 W = 3.785,4 W.

Ventiladores para la evacuación

Columna	Caudal	Ventilador				P_p	P_d	P_{dv}
	m^3/h	Ref.	Filtro	m^3/h	W	W	W	W
1.ª	309,09	07990	Sí	300	12	1.580,00	184,22	1.395,78
2.ª	-					-	-	-
3.ª	106,21	07889	Fino	90	38	627,50	147,84	479,66
4.ª	77	07889	Fino	90	38	495,60	147,84	347,16
5.ª	48,02	07988	Fino	63	18	337	120,12	116,88
6.ª	60,48	07988	Fino	63	18	421	147,84	273,16
7.ª	-					-	-	-
8.ª	226,30	07990	Sí	300	12	1.149	118,96	1.030,04
9.ª	51,66	07889	Fino	63	18	231	187,68	43,32
Totales	878,76			969		4.841,10	1.054,50	3.785,40

El CDP 1.ª

Está formado por seis columnas, tres para el régimen TT y tres para el régimen IT.

Régimen TT

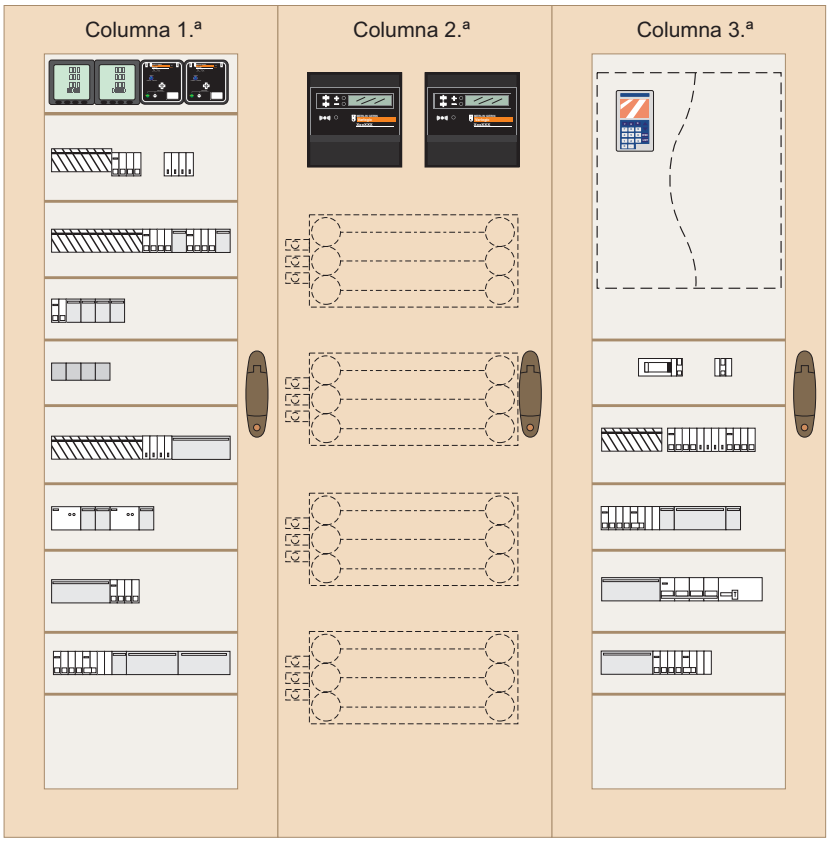


Fig. L6.4-546: *cuadro de distribución 1.ª planta régimen TT.*

Columna 1.ª

Comprende aparamenta de protección y control.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 314,02 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) +(450 mm · 1.950 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 + 0,8775 m^2 = = 2,4375 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 2,4375 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 187,6875 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 314,02 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{314{,}05\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 2{,}3925\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (22,432142 – 13,15875) = 38,75 m^3/h.

Columna 2.ª

Comprende aparamenta de protección, control y compensación del factor de potencia.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 307,60 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.

Equilibrio térmico cuadro general

Columnas unidades										Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo W/kVAr
N.º	1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	7.ª	8.ª	9.ª						
1				1						Conector					
2				1						Int. aut.	$Q_{TT1/1}$	C60N	20	4	
3				1						Descargador		PRD40		4	
4				1						Int. aut.	$Q_{TT1/2}$	C60N	3	4	
5				1							$ID_{TT1/2}$	Vigi C60	25	4	
6				3						Transfo. inten.	$TI_{TT1/2}$		600/5	3	
7			1							Cen. medida		Central med.			
8				1						Int. aut.	$Q_{TT1/3}$	DPN Vigi	6	2	
9			1							Int. aut.	Q_{TT1}	Compact		4	
10			1							Relé		Relé electr.	586	3	
11			1							Contacto aux.		OF			
12			1							Contacto aux.		OF			
13				1						Conector					
14				1						Int. aut.	$Q_{TT2/1}$	C60N	20	4	
15				1						Descargador		PRD40		4	
16				1						Int. aut.	$Q_{TT2/2}$	C60N	3	4	
17				1							$ID_{TT2/2}$	Vigi C60	25	4	
18				3						Transfo. inten.	$TI_{TT2/2}$		600/5	3	
19			1							Cen. medida		Central med.			
20				1						Int. aut.	$Q_{TT2/3}$	DPN Vigi	6	2	
21			1							Int. aut.	Q_{TT2}	Compact		4	
22			1							Relé		Relé electr.	586	3	
23			1							Contacto aux.		OF			
24			1							Contacto aux.		OF			
25			1							Pletina simple		Compact			
26			1							Caja IVE		Compact			
27			1							Pletina ACP		220/240			
28			1							Automatismo		UA inversor			
29			1							Embarrado					
30				1						Int. aut.	Q_{TT3}	C60N	3	4	
31				1							ID_{TT3}	Vigi C60	25	4	
32			1							Analizador red					
33				1						Int. aut.	Q_{TT4}	C120L	125	3	
34				1							ID_{TT4}	Vigi C120	120	3	
35	3									Batería cond.	7,5+15+20+30 = 72,5 kVAr				8
36			1							Int. aut. DDR	Q_{TT5}	DPN Vigi	6	1+N	
37			1							Contr. autom.					
38			1							Int. aut.	Q_{TT6}	Compact	100	4	
39			1							Relé		Relé electr.			
40			1								ID_{TT6}	Vigi Com. ME	100	4	
41			3							Transfo. inten.			600/5	3	
42	1									Comp. activo		Comp. activo	20	4	
43				1						Int. aut.	Q_{TT7}	C60N	3	4	
44				1							ID_{TT7}	Vigi C60	25	4	
45				3						Transfo. inten.	TI_{TT7}		600/5	3	
46			1							Cen. medida		Central med.			
47				1						Int. aut.	Q_{TT8}	Compact	250	4	

	Total columnas								
W/polo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7				7					
2,90				11,6					
2,40				9,6					
0,02				0,08					
0,01				0,03					
7,7			7,7						
0,184				0,368					
39,69			158,8						
0,02			0,02						
0,02			0,02						
7									
2,9				11,6					
2,4				9,6					
0,030				0,12					
0,01				0,03					
7,7			7,7						
0,184				0,368					
39,69			158,8						
0,02			0,02						
0,02			0,02						
7			7						
3,3			3,3						
6			6						
210			210						
20			20						
2,4				9,6					
0,03				0,12					
35			35						
7				21					
3				9					
	580								
0,184			0,368						
3,6			3,6						
4,68			18,72						
0,7			2,8						
0,01			0,03						
1.000	1.000								
2,4				9,6					
0,02				0,08					
0,01				0,03					
7,7			7,7						
17,56				70,24					

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Columnas unidades										Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo W/kVAr
N.º	1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	7.ª	8.ª	9.ª						
48				1						Relé		Relé electr.	190	3	
49				1							ID_{TT8}	Vigi Compact	250	4	
50				1						Int. aut.	Q_{TT9}	C60N	3	4	
51				1							ID_{TT9}	Vigi C60	25	4	
52				3						Transfo. inten.	TI_{TT9}		200/5	3	
53				1						Cen. medida		Central med.			
54				1						Int. aut.	Q_{TT10}	Compact	250	4	
55				1						Relé		Relé electr.	186	3	
56				1							ID_{TT10}	Vigi Compact	250	4	
57				1						Int. aut.	Q_{TT11}	C60N	3	4	
58				1							ID_{TT11}	Vigi C60	25	4	
59				3						Transfo. inten.	TI_{TT11}		200/5	3	
60				1						Cen. medida		Central med.			
61				1						Int. aut.	Q_{TT12}	Compact	250	4	
62				1						Relé		Relé electr.	186	3	
63				1							ID_{TT12}	Vigi Compact	250	4	
64				1						Int. aut.	Q_{TT13}	C60N	3	4	
65				1							ID_{TT13}	Vigi C60	25	4	
66				3						Transfo. inten.	TI_{TT13}		200/5	3	
67				1						Cen. medida		Central med.			
68				1						Embarrado					
69					1					Embarrado					
70					1					Conector					
71					1					Int. aut.	$Q_{TT14/1}$	C60N	20	4	
72					1					Descargador		PRD8	4		
73					1					Int. aut.	$Q_{TT14/2}$	C60N	3	4	
74					1						$ID_{TT14/2}$	Vigi C60	25	4	
75					3					Transfo. inten.	$TI_{TT14/2}$		200/5	3	
76					1					Cen. medida		Central med.			
77					1					Int. aut.	Q_{TT14}	Compact	250	4	
78					1					Relé		Relé electr.	198	3	
79					1						ID_{TT14}	Vigi Compact	250	4	
80					1					Conector					
81					1					Int. aut.	$Q_{TT15/1}$	C60N	20	4	
82					1					Descargador		PRD8	4		
83					1					Int. aut.	$Q_{TT15/2}$	C60N	3	4	
84					1						$ID_{TT15/2}$	Vigi C60	25	4	
85					3					Transfo. inten.	$TI_{TT15/2}$		200/5	3	
86					1					Cen. medida		Central med.			
87					1					Int. aut.	Q_{TT15}	Compact	250	4	
88					1					Relé		Relé electr.	198	3	
89					1						ID_{TT15}	Vigi Compact	250	4	
90					1					Conector					
91					1					Int. aut.	$Q_{TT16/1}$	C60N	20	4	
92					1					Descargador		PRD8	4		
93					1					Int. aut.	$Q_{TT16/2}$	C60N	3	4	
94					1						$ID_{TT16/2}$	Vigi C60	25	4	
95					3					Transfo. inten.	$TI_{TT16/2}$		200/5	3	

	Total columnas								
W/polo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,4				17,6					
2,4				9,6					
0,02				0,08					
0,008				0,024					
7,7				7,7					
17,56				70,24					
4,4				17,6					
2,4				9,6					
0,02				0,08					
0,008				0,024					
7,7				7,7					
17,56				70,24					
4,4				17,6					
2,4				9,6					
0,02				0,08					
0,008				0,024					
7,7				7,7					
53				53					
25					25				
7									
2,9					11,6				
2,4					9,6				
0,02					0,08				
0,008					0,02				
7,7					7,7				
2,73					10,9				
4,4					17,6				
7					7				
2,9					11,6				
2,4					9,6				
0,02					0,08				
0,008					0,02				
7,7					7,7				
17,56					70,2				
4,4					17,6				
7					7				
2,9					11,6				
2,4					9,6				
0,02					0,08				
0,008					0,02				

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Columnas unidades										Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo W/kVAr
N.º	1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	7.ª	8.ª	9.ª						
96					1					Cen. medida		Central med.			
97					1					Int. aut.	Q_{IT16}	Compact	250	4	
98					1					Relé		Relé electr.	198	3	
99					1						ID_{IT16}	Vigi Compact	250	4	
100															
101						1				Embarrado					
102						1				Conector					
103						1				Int. aut.	Q_{IT07}	C60N	3	4	
104						3				Transfo. inten.	TI_{IT7}		200/5	3	
105						1				Cen. medida		Central med.			
106						1				Toroidal	TA-05	IA80			
107						1				Int. aut.	Q_{IT9}	C60N	20	3	
108						1				Transfo. inten.	TI_{IT9}		200/5	3	
109								2		Batería cond.	3,7+3,7'+3,7+7,5 = 18,6 kVAr				8
110						1				Int. aut.	Q_{IT8}	DPN	3	1+N	
111						1				Contr. autom.					
112										Toroidal	TA-06	IA80			
113						1				Int. aut.	Q_{IT10}	Compact	100	4	
114						1				Relé		Relé electr.			
115						3				Transfo. inten.	TI_{IT10}		200/5	3	
116								1		Comp. activo		Comp. act.			
117						1				Conector					
118						1				Int. aut.	Q_{IT2P1}	C60N	20	4	
119						1				Descargador		PRD15			
120						1				Int. aut.	Q_{IT1P1}	C60N	3	4	
121						3				Transfo. inten.	TI_{IT1P1}		100/5	3	
122						1				Int. aut.	Q_{ITP1}	Compact	400	4	
123						1				Relé		Relé electr.	160	3	
124						1				Toroidal	TA-07	IA80			
125						1				Conector					
126						1				Int. aut.	Q_{IT2P2}	C60N	20	4	
127						1				Descargador		PRD15			
128						1				Int. aut.	Q_{IT1P2}	C60N	3	4	
129						3				Transfo. inten.	TI_{IT1P2}		100/5	3	
130						1				Int. aut.	Q_{ITP2}	Compact	400	4	
131						1				Relé		Relé electr.	160	3	
132						1				Toroidal	TA-08	IA80			
133						1				Conector					
134						1				Int. aut.	Q_{IT2P3}	C60N	20	4	
135						1				Descargador		PRD15			
136						1				Int. aut.	Q_{IT1P3}	C60N	3	4	
137						3				Transfo. inten.	TI_{IT1P3}		100/5	3	
138						1				Int. aut.	Q_{ITP3}	Compact	400	4	
139						1				Relé		Relé electr.	160	3	
140						1				Toroidal	TA-09	IA80			
141						1				Int. aut.	Q_{IT04}	DPN	20	1+N	
142						1				Int. aut.	Q_{IT04}	DPN N	10	1+N	
143						1				Toroidal	TA-04	TA30			

	Total columnas								
W/polo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7,7					7,7				
17,56					70,2				
4,4					17,6				
20						20			
7						7			
2,4						9,6			
0,008						0,02			
7,7						7,7			
0,03						0,03			
2,9						8,7			
0,008						0,02			
								148,8	
2,2						4,4			
4,2						4,2			
0,03						0,03			
4,68						18,7			
0,008						0,02			
1.000								1.000	
7						7			
2,9						11,6			
2,4						9,6			
0,008						0,02			
19,2						76,8			
0,03						0,03			
7						7			
2,9						11,6			
2,4						9,6			
0,008						0,02			
19,2						76,8			
0,03						0,03			
7						7			
2,9						11,6			
2,4						9,6			
0,008						0,02			
19,2						76,8			
0,03						0,03			
3,5						7			
2						4			
0,02						0,02			

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Columnas unidades N.º	1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	7.ª	8.ª	9.ª	Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo W/kVAr
144						1				Int. aut.	Q_{IT05}	DPN	3	1+N	
145						1				Transfo. inten.	TI_{IT05}		40/5		
146						1				Int. aut.	Q_{IT06}	C60N	3	4	
147									1	Controlador		Vigilohm			
148									1	Limitador		Cardew C			
149									7	C. localizador					
150									1	C. localizador					
151									1	Interface					
152									1	Servidor Web					
153									12	Conec. pares		20 pares			
154										Bornes					
Totales															

Tabla L6.4-541: *potencia disipada en el CGBT.*

Cuadro distribución régimen TT 1.ª planta													
Columnas ud. N.º	1.ª	2.ª	3.ª	Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo W/kVAr	W/polo	Total columnas 1.ª	2.ª	3.ª
1	1			Interruptor	Q_1	INS	250	4		6	6		
2	1			Embarrado						20	20		
3	1			Int. aut.	Q_{c2}	NG125	63	4		5,5	22		
4	1				ID_{c2}	Vigi 125	100	4		4,5	18		
5	1			Conector						7	7		
6	1			Int. aut.	Q_{c9}	C60N	20	4		2,9	11,6		
7	1			Descargador		PRD8	4						
8	1			Int. aut.	Q_{c3}	C60N	20	4		2,9	11,6		
9	1			Toroidal	T_{c3}	TA-30				0,02	0,02		
10	1			Contactor	CT_{c3}		25	4		1,6	1,6		
11	1			Relé	R_{c3}	RH21				3	3		
12	1			Int. aut.	Q_{c4}	C60N	20	4		2,9	11,6		
13	1			Toroidal	T_{c4}	TA-30				0,02	0,02		
14	1			Contactor	CT_{c4}		25	4		1,6	1,6		
15	1			Relé	R_{c4}	RH21				3	3		
16	1			Int. aut.	Q_{c8}	C60N	20	1		2,9	2,9		
17	1			Contactor	CT_{c8}		25	1		1,6	1,6		
18	1			Int. horario	IHP_{c8}	IHP 2c				6	6		
19	1			Int. aut. DDR	Q_{c7}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		
20	1			Int. aut. DDR	Q^{c6}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		
21	1			Int. aut. DDR	Q_{c5}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		
22	1			Int. aut.	Q_{I2}	NG125	100	4		7	28		
23	1				ID_{I2}	Vigi 125	100	4		2,5	10		
24	1			Conector						7	7		
25	1			Int. aut.	Q_{I9}	C60N	20	4		2,9	11,6		
26	1			Descargador		PRD8	4						
27	1			Int. aut.	Q_{I8}	C60N	3	4		2,4	9,6		
28	1				ID_{I8}	Vigi 60N	25	4		0,029	0,116		
29	3			Trans. inten.	TI_{I8}		40/5	3		0,008	0,024		
30	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		

(continúa en la página siguiente)

W/polo	Total columnas 1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,2						4,4			
0,008						0,01			
2,4						9,6			
21									21
21									147
21									21
21									21
21									21
1.580			627,5	495,6	337	421		1.149	231

(continuación)

Columnas ud. N.º	1.ª	2.ª	3.ª	Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo W/kVAr	W/polo	Total columnas 1.ª	2.ª	3.ª
31	1				ID_{I6}	Vigi C60	40	4		2,88	11,52		
32	1			Trans. inten.	TI_{I6}		40/5			0,008	0,008		
33		1		Batería cond.	3,7+7,5+7,5 = 18,7 kVAr				8			149,6	
34	1			Int. aut. DDR	Q_{I7}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		
35		1		Contr. autom.						4,2		4,2	
36	1			Int. aut.	Q_{I5}	C60N	25	4		3	12		
37	1				ID_{I5}	Vigi C60	25	4		1,992	7,968		
38	3			Trans. inten.	TI_{I5}		40/5	3		0,008	0,0024		
39			1	Comp. activo		Comp. activo	20	4		1.000			1.000
40	1			Conector						7	7		
41	1			Int. aut.	Q_{I4}	C60N	32	4		3,5	14		
42	1				ID_{I4}	Vigi C60	40	4		2,88	11,52		
43	1			Int. aut.	Q_{I3}	C60N	32	4		3,5	14		
44	1				ID_{I4}	Vigi C60	40	4		2,88	11,52		
45	1			Int. aut. DDR	Q_{IE1}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		
46	1					TBS50				2,5	2,5		
47	1			Int. aut. DDR	Q_{IE2}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		
47	1					TBS50				2,5	2,5		
48			1	Int. aut.	Q_{A2}	Compact	128	4		9,16			36,64
49			1	Vigi Compact	ID_{A2}	MH160	160	4		1,8			7,2
50			1	Conector						7			7
51			1	Int. aut.	Q_{11}	C60N	20	4		2,9			11,6
52			1	Descargador		PRD8		4					
53			1	Int. aut.	Q_{A10}	C60N	3	4		2,4			9,6
54			1		ID_{A10}	Vigi C60	25	4		0,029			0,116
55			3	Transfo. inten.	TI_{A10}		150/5	3		0,008			0,024
56	1			Cen. medida	Central med.					7,7	7,7		
57			1	Int. aut.	Q_{A8}	C120N	80	3		4,5			13,5
58			1		ID_{A8}	Vigi C120	100	4		2			8
59			1	Transfo. inten.	TI_{A8}		75/5			0,008			0,008

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Columnas ud.				Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo		Total columnas		
N.º	1.ª	2.ª	3.ª						W/kVAr	W/polo	1.ª	2.ª	3.ª
60		3		Batería cond.	3,7+7,5+7,5 = 18,7 kVAr				8		149,6		
61			1	Int. aut. DDR	Q_{I9}	DPN Vigi	6	1+N		0,184			0,368
62		1		Contr. autom.						4,2		4,2	
63			1	Conector						7			7
64			1	Int. aut.	Q_{A7}	C60N	6	4		3			12
65			1		ID_{A7}	Vigi C60	25	4		0,115			0,46
66			1	Int. aut. DDR	Q_{A6}	DPN Vigi	6	1+N		0,184			0,368
67			1	Int. aut.	Q_{A4}	C60N	32	4		3,5			14
68			1		ID_{A4}	Vigi C60	40	4		3,264			13,056
69			1	Int. aut.	Q_{A3}	C60N	32	4		3,5			14
70			1		ID_{A3}	Vigi C60	40	4		3,264			13,056
71			1	Interruptor	Q_{A5}	INS	100	4		2			8
72			1	Conector						7			7
73			1	Int. aut.	$Q_{A5/1}$	C120N	80	4		4,5			18
74			1		ID A5/1	Vigi 120	80	4		1,3			5,2
75			1	Int. aut.	$Q_{A5/2}$	C120N	80	4		4,5			18
76			1		$ID_{A5/2}$	Vigi 120	80	4		1,3			5,2
Totales											314,02	307,60	1.229,39

Tabla L6.4-542: *potencia disipada en el CDP 1.ª - régimen TT.*

Cuadro distribución régimen IT 1.ª planta													
Columnas ud.				Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo		Total columnas		
N.º	1.ª	2.ª	3.ª						W/kVAr	W/polo	1.ª	2.ª	3.ª
1	1			Interruptor	Q_{IT101}	INS160	160	4		5,1	20,4		
2	1			Embarrado						20	20		
3	1			Int. aut.	Q_{IT102}	Compact		4			4,68	18,72	
4						Relé electr.		4					
5	1			Conector						7	7		
6	1			Int. aut.	Q_{IT109}	C60N	20	4		2,9	5,8		
7	1			Descargador		PRD8	20	4					
8	1			Int. aut.	Q_{IT104}	C60N	3	4		2,4	4,8		
9	3			Transfo. inten.	TI_{IT104}		100/5	3		0,008	0,016		
10	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
11	1			Toroidal	TA09	PA50				0,02	0,02		
12	1			Int. aut.	Q_{IT106}	C60L	20	3		2,9	5,8		
13	1			Transfo. inten.	TI_{IT106}		40/5			0,008	0,008		
14		2		Batería cond.	3,7+3,7+3,7 = 11,1 kVAr				8			88,8	
15	1			Int. aut.	Q_{IT107}	DPN	6	1+N		3,2	6,4		
16		1		Contr. autom.						4,2		4,2	
17	1			Toroidal	TA10	IA80				0,03	0,03		
18	1			Int. aut.	Q_{IT105}	C60H	63	4		6,6	13,2		
19	3			Transfo. inten.	TI_{IT105}		50/5	3		0,008	0,024		
20			1	Comp. activo		Comp. activo		4		1.300			1.300
21	1			Int. aut.	Q_{IT108}	C60N	3	4		2,4	4,8		
22	3			Transfo. inten.	TI_{IT108}		100/5	3		0,008	0,016		
23	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
24	1			Toroidal	TA11					0,02	0,02		
25	1			Interruptor	Q_{IT103}	INS100	100	4		2	8		
26	1			Int. aut.	$Q_{IT202/1}$	Compact		4		9,16	36,64		

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Columnas ud.				Material	Ref.	Ref.	I_n	Polos	Consumo		Total columnas		
N.º	1.ª	2.ª	3.ª		producto	comercial			W/kVAr	W/polo	1.ª	2.ª	3.ª
27						Relé electr.	3						
28	1			Conector						7	7		
29	1			Int. aut.	Q_{IT209}	C60N	20	4		2,9	5,8		
30	1			Descargador		PRD8	20	4					
31	1			Int. aut.	Q_{IT204}	C60N	3	4		2,4	4,8		
32	3			Transfo. inten.	TI_{IT204}		100/5	3		0,008	0,016		
33	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
34	1			Toroidal	TA12	PA50				0,02	0,02		
35	1			Int. aut.	Q_{IT206}	C60L	20	3		2,9	5,8		
36	1			Transfo. inten.	TI_{IT206}		40/5			0,008	0,008		
37		2		Batería conden.	3,7+3,7+3,7 = 11,1 kVAr				8			88,8	
38	1			Int. aut.	Q_{IT207}	DPN	6	1+N		3,2	6,4		
39		1		Contr. autom.						4,2	4,2		
40	1			Toroidal	TA13	IA80				0,03	0,03		
41	1			Int. aut.	Q_{IT205}	C60H	63	4		6,6	13,2		
42	3			Transfo. inten.	TI_{IT205}		50/5			0,008	0,016		
43			1	Comp. activo		Comp. activo	30	4		1.300			1.300
44	1			Int. aut.	Q_{IT208}	C60N	3	3+N		2,4	4,8		
45	3			Transfo. inten.	TI_{IT208}		100/5	3		0,008	0,024		
46	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
47	1			Toroidal	TA19	IA80				0,03	0,03		
48	1			Interruptor	$Q_{IT203/1}$	INS100	100	4		2	8		
49	1			Conec. pares		20 pares							
50	1			Int. aut.	$Q_{IT202/2}$	Compact		4		4,68	18,72		
51						Relé electr.	3						
52	1			Interruptor	Q_{AT102}	C60N	6	4		3	12		
53	1			Conector						7	7		
54	1			Int. aut.	Q_{AT103}	C60N	1+N	2		2,1	4,2		
55	1			Toroidal	TA19	TA30				0,02	0,02		
56	1			Int. aut.	Q_{AT104}	DPN	1+N	2		2,1	4,2		
57	1			Toroidal	TA18	TA30				0,02	0,02		
58	1			Int. aut.	Q_{AT105}	DPN	1+N	2		2,1	4,2		
59	1			Toroidal	TA17	TA30				0,02	0,02		
60	1			Int. aut.	Q_{AT106}	DPN	1+N	2		2,1	4,2		
61	1			Toroidal	TA16	TA30				0,02	0,02		
62	1			Conec. pares		20 pares							
Totales											287,03	186	2.600

Tabla L6.4-543: *potencia disipada en el CDP 1.ª - régimen IT.*

Cuadro distribución régimen TT 2.ª planta													
Columnas ud.				Material	Ref.	Ref.	I_n	Polos	Consumo		Total columnas		
N.º	1.ª	2.ª	3.ª		producto	comercial			W/kVAr	W/polo	1.ª	2.ª	3.ª
1	1			Interruptor	Q_{101}	INS	250	4		6	24		
2	1			Embarrado						20	20		
3	1			Int. aut.	Q_{c102}	NG125	100	4		7	28		
4	1				ID_{c102}	Vigi 125	100	4		2,5	10		
5	1			Conector						7	7		

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Columnas ud.				Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo		Total columnas		
N.º	1.ª	2.ª	3.ª						W/kVAr	W/polo	1.ª	2.ª	3.ª
6	1			Int. aut.	Q_{c109}	C60N	20	4		2,9	11,6		
7	1			Descargador		PRD8		4					
8	1			Int. aut.	Q_{c110}	C60N	10	4		2	8		
9	1				ID_{c110}	Vigi 25	25	4		0,19	0,76		
10	1			Int. aut.	Q_{c103}	C60N	16	4		2,6	10,4		
11	1			Toroidal	T_{c103}	TA30				0,02	0,02		
12	1			Contactor	CT_{c103}		16	4		1,6	6,4		
13	1			Relé	R_{c103}	RH21				3	3		
14	1			Int. aut.	Q_{c104}	C60N	32	4		3,5	14		
15	1			Toroidal	T_{c104}	TA30				0,02	0,02		
16	1			Contactor	CT_{c104}		40	4		1,6	6,4		
17	1			Relé	R_{c104}	RH21				3	3		
18	1			Int. aut.	Q_{c108}	C60N	16	1		3	3		
19	1			Contactor	CT_{c108}		16	1		1,6	1,6		
20	1			Int. horario	IHP_{c108}	IHP 2C				6	6		
21	1			Int. aut. DDR	Q_{c107}	DPN Vigi	1	1+N		0,005	0,01		
22	1			Int. aut. DDR	Q_{c106}	DPN Vigi	1	1+N		0,005	0,01		
23	2			Mod. alimen.		8605							
24	1			Int. aut.	Q_{c105}	DPN Vigi				0,005	0,01		
25	2			Mod. alimen.		8605							
26	1			Int. aut.	Q_{I102}	NG125	100	4		7	28		
27	1				ID_{I102}	Vigi 125	100	4		2,5	10		
28	1			Conector						7	7		
29	1			Int. aut.	Q_{I109}	C60N	20	4		2,9	11,6		
30	1			Descargador		PRD8		4					
31	1			Int. aut.	Q_{I108}	C60N	3	4		2,4	9,6		
32	1				ID_{I108}	Vigi 125	25	4		0,02	0,02		
33	3			Trans. inten.	TI_{I108}		40/5	3		0,008	0,024		
34	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
35	1			Int. aut.	Q_{I106}	C60N	25	4		3	12		
36	1				IDI_{106}	Vigi C60	25	4		1,2	4,8		
37	1			Trans. inten.	TI_{I106}		40/5			0,008	0,008		
38		1		Batería cond.	3,7+3,7+7,5 = 14,9 kVAr				8			119,2	
39	1			Int. aut. DDR	Q_{I107}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		
40		1		Contr. autom.						4,2	4,2		
41	1			Conector						7	7		
42	1			Int. aut.	Q_{I105}	C60N	25	4		3	12		
43	1				ID_{105}	Vigi C60	25	4		1,2	4,8		
44	3			Transfo. inten.			40/5	3		0,008	0,024		
45			1	Comp. activo		Comp. activo	20	4		1.000			1.000
46	1			Int. aut.	Q_{I104}	C60N	20	4		2,9	11,6		
47	1				ID_{I104}	Vigi C60	25	4		0,77	3,08		
48	1			Int. aut. DDR	Q_{IE111}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		
49	1					TBS50				2,5	2,5		
50	1			Int. aut.	Q_{I103}	C60N	20	4		2,9	11,6		
51	1				ID_{I103}	Vigi C60	25	4		0,77	3,08		
52	1			Int. aut. DDR	Q_{IE110}	DPN Vigi	6	1+N		0,184	0,368		

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Columnas ud.				Material	Ref.	Ref.	I_n	Polos	Consumo		Total columnas		
N.º	1.ª	2.ª	3.ª		producto	comercial			W/kVAr	W/polo	1.ª	2.ª	3.ª
53	1					TBS 50				2,5	2,5		
54			1	Int. aut.	Q_{A102}	Compact	160	4		17,56			70,24
55			1	Vigi Compact	ID_{A102}	MH250	160	4		4,4			17,6
56			1	Conector						7			7
57			1	Int. aut.	Q_{A110}	C60N	20	4		2,9			11,6
58			1	Descargador		PRD8		4					
59			1	Int. aut.	Q_{A110}	C60N	3	4		2,4			9,6
60			1		ID_{A109}	Vigi C60	25	4		0,02			0,08
61			3	Trans. inten.	TI_{A109}		150/5	3		0,008			0,024
62	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
63			1	Int. aut.	Q_{A107}	C60N	25	4		3			12
64			1		ID_{A107}	Vigi C60	25	4		1,2			4,8
65			1	Trans. inten.	TI_{A107}		75/5			0,008			0,008
66		4		Batería conden.	3,7+3,7+7,5 = 14,9 kVAr				8			119,2	
67			1	Int. aut. DDR	Q_{A108}	DPN Vigi	6	1+N		0,184			0,184
68	1			Contr. autom.						4,2	4,2		
69			1	Conector						7			7
70			1	Int. aut.	Q_{V106}	C60N	6	4		3			12
71			1		ID_{V106}	DPN Vigi	25	4		0,184			0,736
72			1	Relé		RTL	16			4			4
73			1	Int. aut. DDR	Q_{A104}	DPN Vigi	3	1+N		0,046			0,092
74			1	Int. aut. DDR	Q_{A103}	DPN Vigi	3	1+N		0,046			0,092
75			1	Int.	Q_{A105}	INS160	160	4		5,1			20,4
76			1	Conector						7			7
77			1	Int. aut.	$Q_{A105/1}$	C120N	80	4		4,5			18
78			1		$ID_{A105/1}$	Vigi C120	100	4		1,3			5,2
79			1	Int. aut.	$Q_{A105/2}$	C120N	80	4		4,5			18
80			1		$ID_{A105/2}$	Vigi C120	100	4		1,3			5,2
Totales											320,97	246,8	1.230,78

Tabla L6.4-544: *potencia disipada en el CDP 2.ª o CDP 3.ª - régimen TT.*

Cuadro distribución régimen IT 2.ª planta													
Columnas ud.				Material	Ref.	Ref.	I_n	Polos	Consumo		Total columnas		
N.º	1.ª	2.ª	3.ª		producto	comercial			W/kVAr	W/polo	1.ª	2.ª	3.ª
1	1			Int. aut.	Q_{IT201}	Compact	160	4		9,16	36,64		
2	1			Embarrado						20	20		
3	1			Int. aut.	Q_{IT302}	Compact	80	4		4,6	18,4		
4	1			Conector						7	7		
5	1			Int. aut.	Q_{IT309}	C60N	20	4		2,9	11,6		
6	1			Descargador		PRD8		4					
7	1			Int. aut.	Q_{IT304}	C60N	3	4		2,4	9,6		
8	3			Transfo. inten.	TI_{IT304}		100/5	3		0,008	0,024		
9	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
10	1			Toroidal	TA19	PA50				0,02	0,02		
11	1			Int. aut.	Q_{IT306}	C60N	25	3		3	9		
12	1			Transfo. inten.	TI_{IT306}		40/5			0,008	0,008		
13		2		Batería conden.	3,7+3,7+7,5+7,5 = 22,4 kVAr				8			179,2	
14	1			Int. aut.	Q_{IT307}	DPN	6	1+N		3,2	6,4		
15		1		Contr. autom.						4,2		4,2	
16	1			Toroidal	TA21	PA50				0,02	0,02		

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Columnas ud.				Material	Ref. producto	Ref. comercial	I_n	Polos	Consumo		Total columnas		
N.º	1.ª	2.ª	3.ª						W/kVAr	W/polo	1.ª	2.ª	3.ª
17	1			Int. aut.	Q_{IT305}	C120N	100	4		5,6	22,4		
18	3			Trans. inten.	TI_{IT305}		40/5	3		0,008	0,024		
19			1	Comp. activo		Comp. activo	35	4		1.300			1.300
20	1			Int. aut.	Q_{IT308}	C60N	3	4		2,4	9,6		
21	3			Trans. inten.	TI_{IT308}		100/5	3		0,008	0,024		
22	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
23	1			Int. aut.	Q_{IT310}	C60N		1+N		2,3	4,6		
24	1			Contactor	CT_{IT310}	CT	16	1		1,6	1,6		
25	1			Toroidal	TA22	PA50				0,02	0,02		
26	1			Interruptor	Q_{IT303}	INS80	80	4		1,9	7,6		
27	1			Conec. pares		20 pares							
28	1			Int. aut.	Q_{IT402}	Compact	100	4		4,68	18,72		
29	1			Conector						7	7		
30	1			Int. aut.	Q_{IT409}	C60N	20	4		2,9	11,6		
31	1			Descargador		PRD8		4					
32	1			Int. aut.	Q_{IT404}	C60N	3	4		2,4	9,6		
33	3			Trans. inten.	TI_{IT404}		100/5	3		0,008	0,024		
34	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
35	1			Toroidal	TA23	PA50				0,02	0,02		
36	1			Int. aut.	Q_{IT406}	C60N	25	3		3	9		
37	1			Transfo. inten.	TI_{IT406}		40/5			0,008	0,008		
38		2		Batería cond.	3,7+3,7+7,5+7,5 = 22,4 kVAr				8			179,2	
39	1			Int. aut.	Q_{IT407}	DPN	6	1+N		3,2			
40		1		Contr. autom.						4,2		4,2	
41	1			Toroidal	TA24	PA50				0,02	0,02		
42	1			Int. aut.	Q_{IT405}	C120N	100	4		5,6	22,4		
43	3			Trans. inten.	TI_{IT405}		40/5	3		0,008	0,024		
44			1	Comp. activo		Comp. activo	35	4		1.300			1.300
45	1			Int. aut.	Q_{IT408}	C60N	3	4		2,4	9,6		
46	3			Trans. inten.	TI_{IT408}		100/5	3		0,008	0,024		
47	1			Cen. medida		Central med.				7,7	7,7		
48	1			Int. aut.	Q_{IT410}	C60N	1	1+N		2,3	4,6		
49	1			Contactor	CT_{IT410}	CT	16	1		1,6	1,6		
50	1			Toroidal	TA-25	PA50				0,02	0,02		
51	1			Interruptor	Q_{IT403}	INS100	100	4		2	8		
52	1			Int. aut.	Q_{AT202}	C60N	6	4		3	12		
53	1			Conector						7	7		
54	1			Int. aut.	Q_{AT203}	DPN	1	1+N		2,3	4,6		
55	1			Toroidal	TA26	TA30				0,002	0,002		
56	1			Int. aut.	Q_{AT204}	DPN	1	1+N		2,3	4,6		
57	1			Toroidal	TA27	TA30				0,002	0,002		
58	1			Int. aut.	Q_{AT205}	DPN	1	1+N		2,3	4,6		
59	1			Toroidal	TA28	TA30				0,002	0,002		
60	1			Int. aut.	Q_{AT206}	DPN	1	1+N		2,3	4,6		
61	1			Toroidal	TA29	TA30				0,002	0,002		
62	1			Conec. pares		20 pares							
Totales											335,04	366,8	2.600

Tabla L6.4-545: *potencia disipada en el CDP 2.ª o CDP 3.ª - régimen IT.*

La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 307,14 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{307{,}60\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}56\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (21,971428 – 8,58) = 41,52 m^3/h.

Columna 3.ª
Comprende aparamenta de protección, control y compensador activo para el tratamiento de los armónicos.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 1.229,39 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 1.229,39 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario.

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{1.229{,}39\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}56\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (87,813571 – 8,58) = 245,62 m^3/h.

Régimen IT

Columna 4.ª
Comprende aparamenta de protección y control.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 2.887,03 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 287,03 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{287{,}03\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}56\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (20,502141 – 8,58) = 36,96 m^3/h.

Columna 5.ª
Comprende aparamenta de protección, control y compensación del factor de potencia.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 186 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.

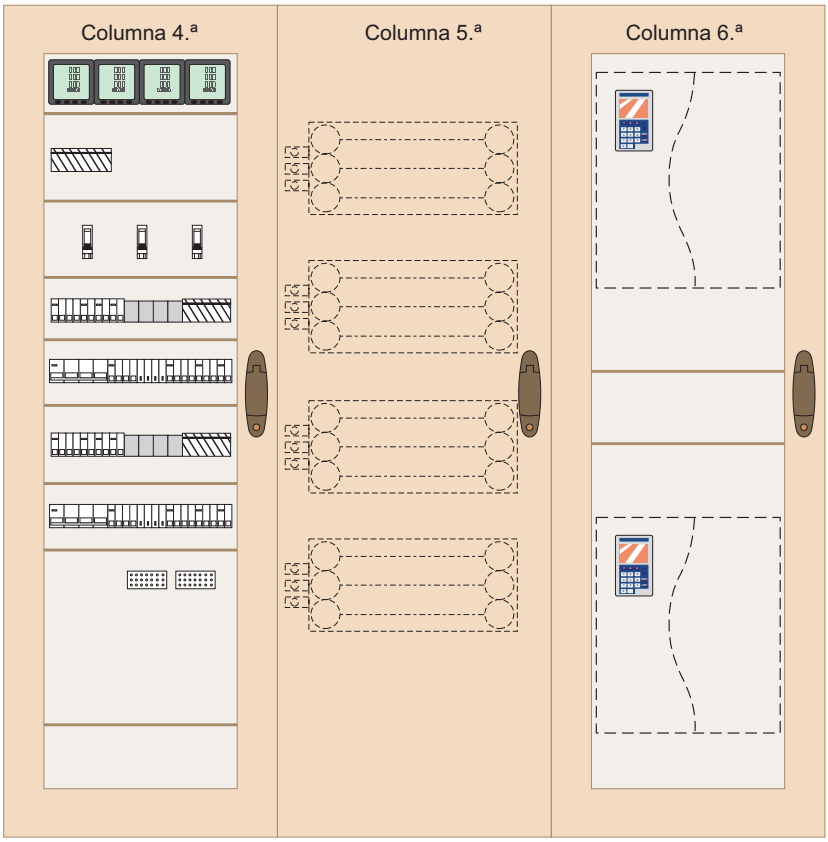


Fig. L6.4-547: *cuadro de distribución 1.ª planta régimen IT.*

La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 186 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

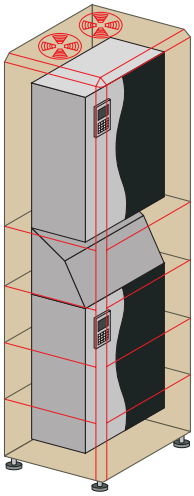
$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{186\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C - 1{,}56\ m^2)\right) =$$

$$= 3{,}1\ (13{,}285714 - 8{,}58) = 14{,}84\ m^3/h.$$

Columna 6.ª
Comprende aparamenta de protección, control y compensador activo para el tratamiento de los armónicos.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 2.600 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) + (450 mm · 1.950 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 + 0,8775 m^2 = = 2,4375 m^2.
La potencia disipada será:
$P_d\ (W) = S\ (m^2) \cdot K\ (W/m^2\ °C) \cdot \Delta T = 2{,}4375\ m^2 \cdot 5{,}5\ (W/m^2\ °C) \cdot 14\ °C = 187{,}6875\ W.$
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 2.600 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{2.600\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C \cdot 2{,}4375\ m^2)\right) =$$

$$= 3{,}1\ (185{,}71428 - 13{,}40625) = 534{,}15489\ m^3/h.$$



Detalle columna 6.ª

Total volumen de aire a renovar en el CDP 1.ª

V_a = 38,75 m³/h + 41,52 m³/h + 245,62 m³/h + 36,96 m³/h + 14,84 m³/h + + 534,15489 m³/h = 911,85 m³/h.

Total potencia disipada por el CDP 1.ª

La aparamenta y las conducciones del CDP 1.ª aportan por disipación la potencia de pérdidas internas:

P_p = 314,02 W + 307,60 W + 1.229,39 W + 287,038 W + 186 W + 2.600 W = = 4.924,048 W.

De esta potencia una parte se disipa a través de las caras metálicas del cuadro, con libre contacto con el aire, y otra parte por ventilación forzada.

Potencia disipada por las caras del cuadro en contacto con el aire:

P_d = 187,6875 W + 120,12 W + 120,12 W + 120,12 W + 120,12 W + 187,6875 W = = 855,855 W.

Potencia disipada por ventilación forzada:

P_{pv} = 126,3125 W + 187,48 W + 1.109,27 W + 166,919 W + 65,88 W + + 2.412,3125 W = 4.068,17 W.

Ventiladores para la evacuación

Columna	Caudal	Ventilador				P_p	P_d	P_{dv}
	m³/h	Ref.	Filtro	m³/h	W	W	W	W
1.ª	38,75	07990	Sí	300	12	314,02	187,68	126,31
2.ª	41,52	07988	Fino	63	18	307,60	120,12	187,48
3.ª	245,62	07889	Fino	90	38	1.229,39	120,12	1.109,27
4.ª	36,96	07988	Fino	63	18	287,03	120,12	166,92
5.ª	14,84	07988	Fino	63	18	186	120,12	65,88
6.ª	534,15	07990	Sí	300	12	2.600	187,68	2.412,31
		07990	Sí	300	12			
Totales	911,85					4.924,04	855,85	4.068,17

El CDP 2.ª y el CDP 3.ª

La distribución de la segunda y tercera plantas son iguales. Los cuadros están formados por seis columnas, tres para el régimen TT y tres para el régimen IT.

Régimen TT

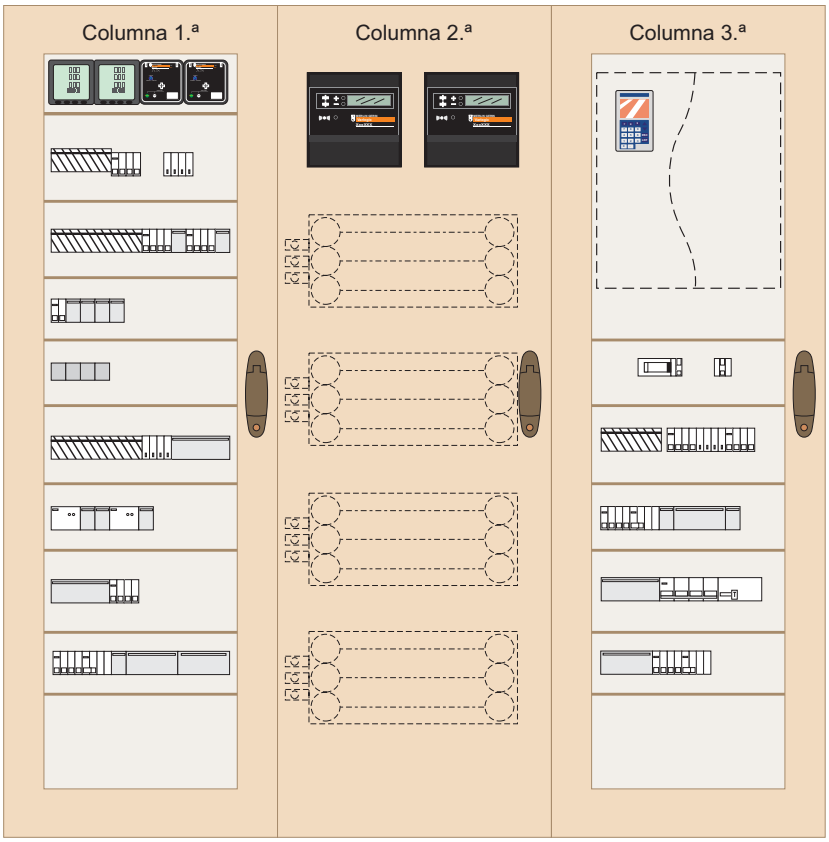


Fig. L6.4-548: *cuadro de distribución 2.ª planta régimen TT.*

Columna 1.ª

Comprende aparamenta de protección y control.

Los vatios evacuados por la aparamenta son 320,97 W.

La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) + (450 mm · 1.950 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 + 0,8775 m^2 = = 2,4375 m^2.

La potencia disipada será:

P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 2,4375 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 187,6875 W.

La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 320,97 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.

La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{320{,}97\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C \cdot 2{,}4375\ m^2)\right) =$$

= 3,1 (22,926428 – 13,15875) = 30,27980 m^3/h.

Columna 2.ª

Comprende aparamenta de protección, control y compensación del factor de potencia.

Los vatios evacuados por la aparamenta son 246,8 W.

La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.

La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 246,8 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{246{,}8\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C \cdot 1{,}56\ m^2)\right) =$$

$= 3{,}1\ (17{,}628571 - 8{,}58) = 28{,}05\ m^3/h.$

Columna 3.ª
Comprende aparamenta de protección, control y compensador activo para el tratamiento de los armónicos.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 1.230,78 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 1.230,78 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{1.230{,}78\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C \cdot 1{,}56\ m^2)\right) =$$

$= 3{,}1\ (87{,}912857 - 8{,}58) = 245{,}93\ m^3/h.$

Régimen IT

Columna 4.ª
Comprende aparamenta de protección y control.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 335,04 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 335,04 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{335{,}04\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C \cdot 1{,}56\ m^2)\right) =$$

$= 3{,}1\ (23{,}931428 - 8{,}58) = 47{,}59\ m^3/h.$

Columna 5.ª
Comprende aparamenta de protección, control y compensación del factor de potencia.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 366,8 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 = 1,56 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,56 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 120,12 W.

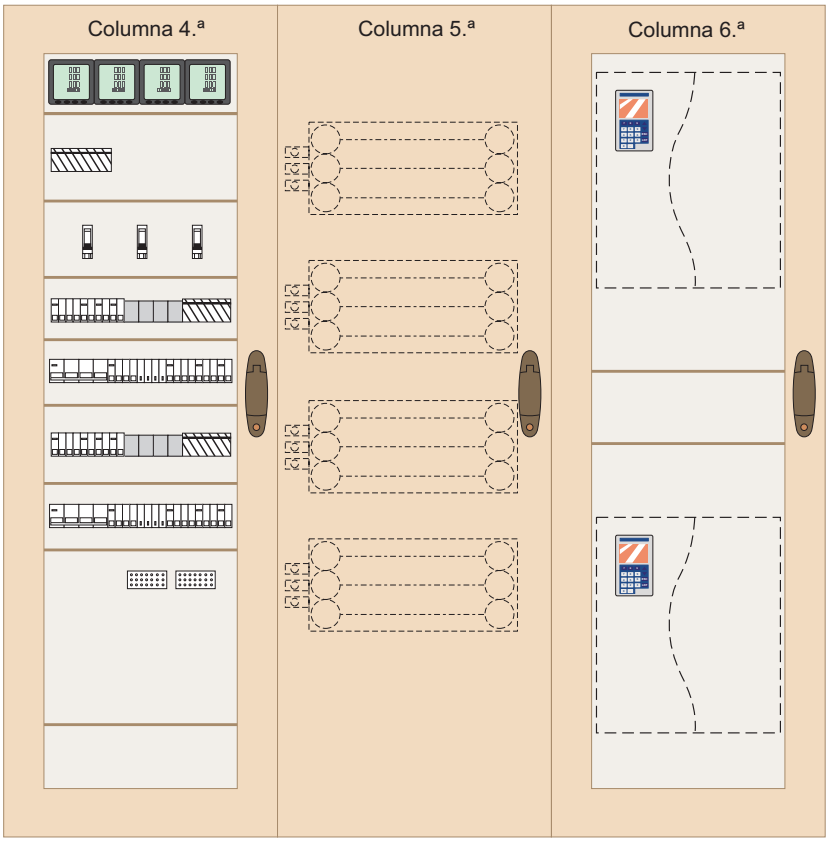


Fig. L6.4-549: *cuadro de distribución 2.ª planta régimen IT.*

La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 366,8 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{366{,}8\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C \cdot 1{,}56\ m^2)\right) =$$

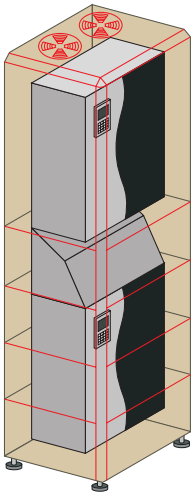
$$= 3{,}1\ (26{,}2 - 8{,}58) = 54{,}622\ m^3/h.$$

Columna 6.ª

Comprende aparamenta de protección, control y compensador activo para el tratamiento de los armónicos.
Los vatios evacuados por la aparamenta son 2.600 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (650 mm · 1.950 mm) + (450 mm · 650 mm) + (450 mm · 1.950 mm) = 1,2675 m^2 + 0,2925 m^2 + 0,8775 m^2 = = 2,4375 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 2,4375 m^2 · 5,5 (W/m^2 °C) · 14 °C = 187,6875 W.
La disipación de la superficie del cuadro es inferior a las pérdidas interiores de 2.600 W, por tanto debemos considerar la ventilación interna del mismo.
La solución puede ser la evacuación de los vatios por ventilación a la sala donde se sitúa el armario:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P_d}{\Delta T} - (k \cdot S)\right) = 3{,}1 \left(\frac{2.600\ W}{14\ °C} - (5{,}5\ W/m^2\ °C \cdot 2{,}4375\ m^2)\right) =$$

$$= 3{,}1\ (185{,}71428 - 13{,}40625) = 534{,}15489\ m^3/h.$$



Detalle columna 6.ª

Total volumen de aire a renovar en el CDP 2.ª o CDP 3.ª

V_a = 30,28 m³/h + 28,05 m³/h + 245,93 m³/h + 47,59 m³/h + 54,62 m³/h + + 534,15 m³/h = 940,62.

Total potencia disipada por el CDP 2.ª o CDP 3.ª

La aparamenta y las conducciones del CDP 1.ª aportan por disipación la potencia de pérdidas internas.

P_p = 320,97 W + 246,8 W + 1.230,78 W + 335,04 W + 366 W + 2.600 W = = 5.100,39 W.

De esta potencia una parte se disipa a través de las caras metálicas del cuadro, con libre contacto con el aire y otra parte por ventilación forzada.

Potencia disipada por las caras del cuadro en contacto con el aire:

P_d = 187,6875 W + 120,12 W + 120,12 W + 120,12 W + 120,12 W + + 187,6875 W = 855,855 W.

Potencia disipada por ventilación forzada:

P_{dv} = 133,28 W + 126,68 W + 1.109,88 W + 214,88 W + 246,68 W + + 2.412,3 W = 4.243,7 W.

Ventiladores para la evacuación

Columna	Caudal	Ventilador				P_p	P_d	P_{dv}
	m³/h	Ref.	Filtro	m³/h	W	W	W	W
1.ª	30,28	07990	Sí	300	12	320,97	187,68	133,28
2.ª	28,05	07988	Fino	63	18	246,8	120,12	126,68
3.ª	245,93	07990	Sí	300	12	1.230,78	120,12	1.109,88
4.ª	47,59	07988	Fino	63	18	335,04	120,12	214,88
5.ª	54,62	07988	Fino	63	18	366,8	120,12	246,68
6.ª	534,15	07990	Sí	300	12	2.600	187,68	2.412,31
		07990	Sí	300	12			
Totales	940,62					5.100,39	855,85	4.243,70

Cuadro de control salidas de los SAI

El cuadro controla las salidas de los SAI en régimen IT. Los SAI disponen de protección interna, de conformidad a su construcción.

El cuadro permite seccionar la salida de cada SAI a través de un interruptor en carga que los acopla a un embarrado.
Del embarrado sale un interruptor automático INS400 con relé electrónico y protección lógica.
El cuadro está construido con módulos de doble aislamiento.

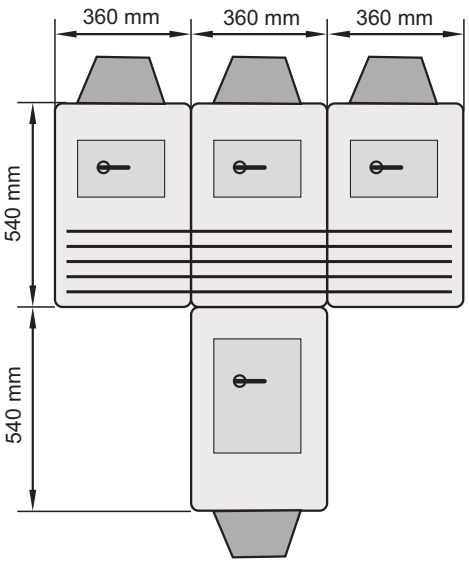


Fig. L6.4-550: *cuadro para el control de las salidas de los SAI.*

Consumos en el cuadro de control de las salidas de los SAI								
N.º	**Ud.**	**Material**	**Ref.**	**Ref.**	**I_n**	**Polos**	**Consumo**	
					A	**n.º**	**W**	**W**
1	1	Int.	Q_{IT01}	INS250	200	4	4	16
2	1	Int.	Q_{IT02}	INS250	200	4	4	16
3	1	Int.	Q_{IT03}	INS250	200	4	4	16
4		Embarrado			250	4	5,5	22
5	1	Int. aut.	Q_{ITG}	Compact	400	4	14,1	56,4
				RST53UE	180			
Total								126,4

Los vatios evacuados por la aparamenta son 126,4 W.
La superficie en contacto con el exterior es de (1080 mm · 540 mm) + (360 mm · 540 mm) + (3.600 mm · 250 mm) = 0,5832 m^2 + 0,1944 m^2 + 0,9 m^2 = 1,6776 m^2.
La potencia disipada será:
P_d (W) = S (m^2) · K (W/m^2 °C) · ΔT = 1,6776 m^2 · 4 (W/m^2 °C) · 20 °C = 134,2 W.
La evacuación por conducción de la superficie del cuadro es suficiente para evacuar los vatios generados por las pérdidas de la aparamenta con temperaturas inferiores a los 45 °C.
El gradiente de temperatura ΔT será:

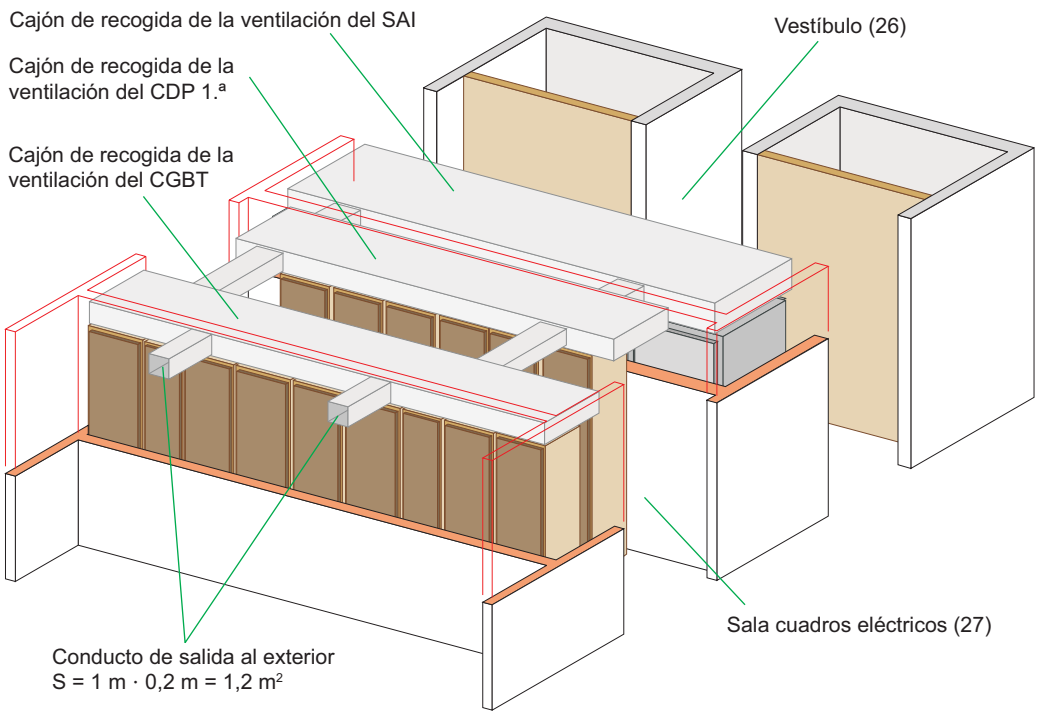
$$\Delta T = \frac{P_d(W)}{S(m^2) \cdot K\ (W/m^2\ ºC)} = \frac{126{,}4\ (W)}{1{,}6776\,(m^2) \cdot 4\ (W/m^2\ ºC)} = 18{,}84\ ºC.$$

La temperatura del cuadro será: T = 22 °C + 18,84 °C = 40,84 °C, suficiente para cumplir la normativa de temperaturas con materiales no conductores.

Hasta el momento hemos considerado la situación térmica de los cuadros y hemos considerado que la evacuación se realiza en el volumen de la sala en que se encuentran. Ahora debemos considerar en qué situación se encuentra el volumen de aire de la sala en que se encuentran los cuadros.
Los SAI están ubicados en la sala de recepción de cada planta y no necesitan manipulación por personas no cualificadas. Las baterías son del tipo herméticas y no necesitan ventilación, pero debemos prever la necesidad de ventilación en caso de avería.
Los vatios disipados son aprovechables como ayuda a la calefacción durante el período de tiempo que necesitemos calorías para el confort. En el período que necesitemos frigorías para el confort las calorías disipadas son contraproducentes a la función, por tanto las debemos evacuar al exterior del edificio.

1.ª planta

En el apartado "Ventilación de las salas de cuadros", página H1/58 del 2.º Volumen, encontrará la información sobre el tema.



Vestíbulo (26)

Volumen del vestíbulo = 3 m · 6 m · 2,4 m = 43,2 m^3.
Durante el período de calefacción, los 8.900 W de disipación del SAI representan un gradiente de temperatura suplementaria a los dos fancoils que el termostato de la sala regulará.
Durante el período de refrigeración deberemos evacuar los 1.800 m^3/h de aire de los ventiladores (0,5 m^3/s).
Si pretendemos que el aire circule a 0,5 m/s = Vs.

La sección del conducto deberá ser: $S_V = \frac{Va\ (m^3/s)}{Vs\ (m/s)} = \frac{0{,}5\ (m^3/s)}{0{,}5\ (m/s)} = 1\ (m^2)$.

Si situamos una rejilla que ocupa el 20% del espacio, la sección del conducto deberá ser: 1,2 · Sv = 1,2 · 1 m^2 = 1,2 m^2.
La sección del conducto será: Sv = 1 m · 0,2 m = 1,2 m^2.

Sala cuadros eléctricos (27)

Volumen de la sala de cuadros eléctricos = 1,5 m · 6 m · 2,4 m = 21,6 m^3.
Durante el período de calefacción, los 4.841,10 W + 4.924,04 W de disipación del CGBT y CDP 1.ª representan un gradiente de temperatura suplementaria a los dos fancoils que el termostato de la sala regulará.
Durante el período de refrigeración evacuaremos los 878,76 m^3/h + 911,85 m^3/h de aire de los ventiladores de los dos cuadros (0,4974 m^3/s).
Si pretendemos que el aire circule a 0,5 m/s = Vs.
La sección del conducto deberá ser:

$$S_V = \frac{Va\ (m^3/s)}{Vs\ (m/s)} = \frac{0{,}4974\ (m^3/s)}{0{,}5\ (m/s)} = 0{,}9948\ (m^2).$$

Podemos considerar las mismas dimensiones que el conducto para la sala vestíbulo (26).
Si situamos una rejilla que ocupa el 20% del espacio la sección del conducto deberá ser: 1,2 · Sv = 1,2 · 1 m^2 = 1,2 m^2.
La sección del conducto será: Sv = 1 m · 0,2 m = 1,2 m^2.
La comunicación de los cajones de recogida del aire de evacuación, situados encima de los cuadros, dispondrán de unas rejas de comunicación con las salas con reja de persiana, para que puedan cerrarse durante el período de utilización de frigorías para el confort.

2.ª planta

En el apartado "Ventilación de las salas de cuadros", página H1/58 del 2.º Volumen, encontrará la información sobre el tema.

Vestíbulo (26)

Volumen del vestíbulo = 3 m · 6 m · 2,4 m = 43,2 m^3.
Durante el período de calefacción, los 8.900 W de disipación del SAI representan un gradiente de temperatura suplementaria a los dos fancoils que el termostato de la sala regulará.
Durante el período de refrigeración deberemos evacuar los 1.800 m^3/h de aire de los ventiladores (0,5 m^3/s).
Si pretendemos que el aire circule a 0,5 m/s = Vs.

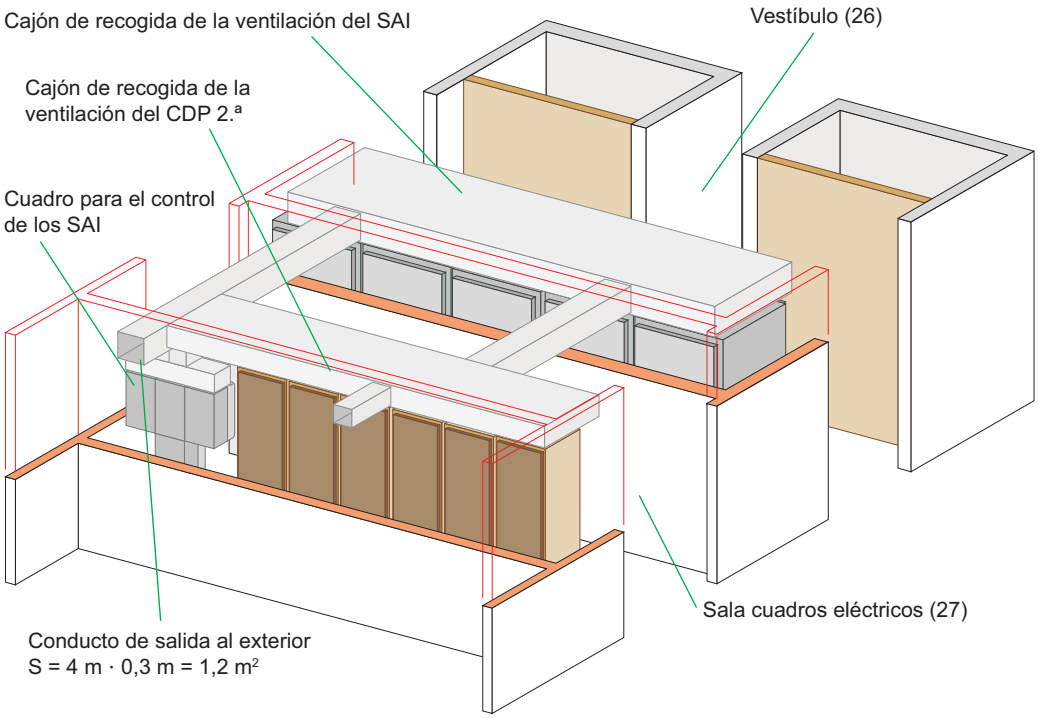
La sección del conducto deberá ser: $S_V = \frac{Va\ (m^3/s)}{Vs\ (m/s)} = \frac{0{,}5\ (m^3/s)}{0{,}5\ (m/s)} = 1\ (m^2).$

Si situamos una rejilla que ocupa el 20% del espacio, la sección del conducto deberá ser: 1,2 · Sv = 1,2 · 1 m^2 = 1,2 m^2.
La sección del conducto será: Sv = 4 m · 0,3 m = 1,2 m^2.

Sala cuadros eléctricos (27)

Volumen de la sala de cuadros eléctricos = 1,5 m · 6 m · 2,4 m = 21,6 m^3.
Durante el período de calefacción, los 5.100,39 W de disipación del CDP 2.ª representan un gradiente de temperatura suplementaria a los dos fancoils que el termostato de la sala regulará.
Durante el período de refrigeración deberemos evacuar los 940,2 m^3/h de aire de los ventiladores del cuadro (0,2611 m^3/s).
Si pretendemos que el aire circule a 0,5 m/s = Vs.
La sección del conducto deberá ser:

$$S_V = \frac{Va\ (m^3/s)}{Vs\ (m/s)} = \frac{0{,}261\ (m^3/s)}{0{,}5\ (m/s)} = 0{,}5223\ (m^2).$$



Si situamos una rejilla que ocupa el 20% del espacio la sección del conducto deberá ser: 1,2 · Sv = 1,2 · 0,5223 m^2 = 0,6268 m^2.
La sección del conducto será: Sv = 2,09 m · 0,3 m = 0,62 m^2.
La comunicación de los cajones de recogida del aire de evacuación, situados encima de los cuadros, dispondrán de unas rejas de comunicación con las salas, con reja de persiana para que puedan cerrarse durante el período de utilización de frigorías para el confort.

L
6.4

3.ª planta

En el apartado "Ventilación de las salas de cuadros", página H1/58 del 2.º Volumen, encontrará la información sobre el tema.

Vestíbulo (26)

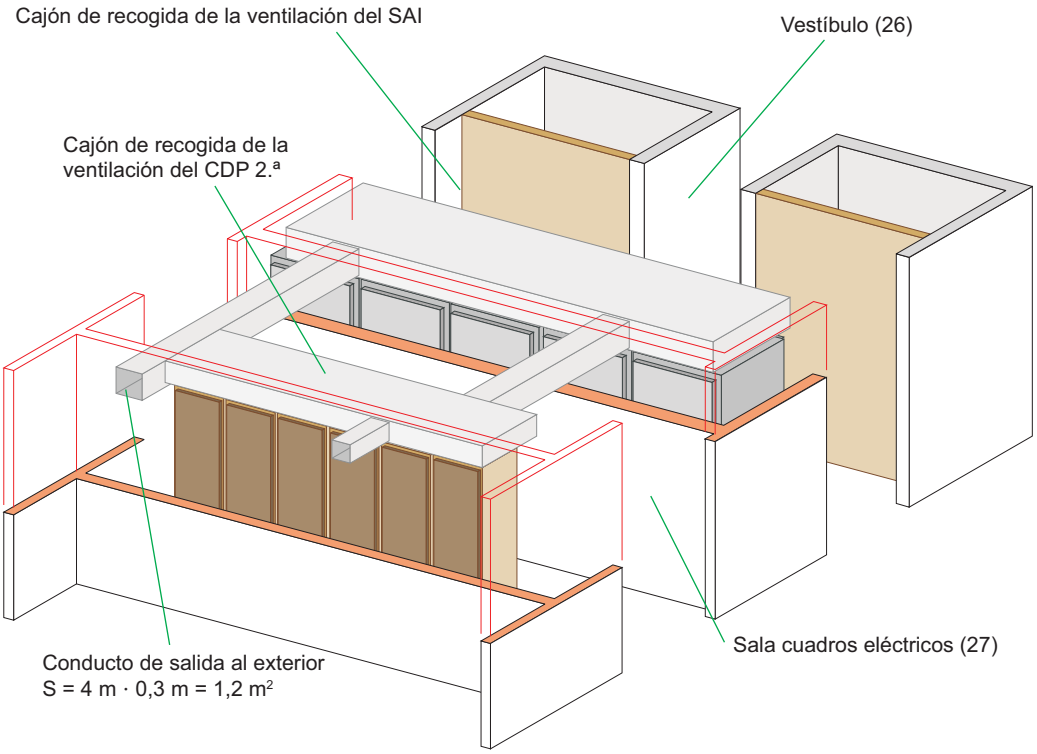
Volumen del vestíbulo = 3 m · 6 m · 2,4 m = 43,2 m^3.
Durante el período de calefacción, los 8.900 W de disipación del SAI representan un gradiente de temperatura suplementaria a los dos fancoils que el termostato de la sala regulará.
Durante el período de refrigeración deberemos evacuar los 1.800 m^3/h de aire de los ventiladores (0,5 m^3/s).
Si pretendemos que el aire circule a 0,5 m/s = Vs.

La sección del conducto deberá ser: $S_V = \frac{Va\ (m^3/s)}{Vs\ (m/s)} = \frac{0{,}5\ (m^3/s)}{0{,}5\ (m/s)} = 1\ (m^2)$.

Si situamos una rejilla que ocupa el 20% del espacio la sección del conducto deberá ser: 1,2 · Sv = 1,2 · 1 m^2 = 1,2 m^2.
La sección del conducto será: Sv = 4 m · 0,3 m = 1,2 m^2.

Sala cuadros eléctricos (27)

Volumen de la sala de cuadros eléctricos = 1,5 m · 6 m · 2,4 m = 21,6 m^3.
Durante el período de calefacción, los 5.100,39 W de disipación del CDP 3.ª representan un gradiente de temperatura suplementaria a los dos fancoils que el termostato de la sala regulará.



Durante el período de refrigeración deberemos evacuar los 940,2 m^3/h de aire de los ventiladores del cuadro (0,2611 m^3/s).
Si pretendemos que el aire circule a 0,5 m/s = Vs.
La sección del conducto deberá ser:

$$S_V = \frac{Va\ (m^3/s)}{Vs\ (m/s)} = \frac{0{,}2611\ (m^3/s)}{0{,}5\ (m/s)} = 0{,}5223\ (m^2).$$

Si situamos una rejilla que ocupa el 20% del espacio la sección del conducto deberá ser: 1,2 · Sv = 1,2 · 0,5223 m^2 = 0,6268 m^2.
La sección del conducto será: Sv = 2,09 m · 0,3 m = 0,62 m^2.
La comunicación de los cajones de recogida del aire de evacuación, situados encima de los cuadros, dispondrán de unas rejas de comunicación con las salas, con reja de persiana para que puedan cerrarse durante el período de utilización de frigorías para el confort.

Se debe tener en consideración el peso de los SAI que obliga a considerar el reforzamiento de la estructura en su emplazamiento. Los SAI con baterías incorporados tienen la dificultad del peso de las baterías y obliga a una consideración de las posibilidades de su emplazamiento.

Las conducciones

Las conducciones las hemos dimensionado de conformidad a las Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT-19, ITC-BT-21 y el capítulo F, apartado 7. "Las conducciones", página F/159 del 1.er Volumen.

En las instalaciones se considerará la carga incendiaria de las conducciones, utilizando aislantes ignífugos o como mínimo no propagadores de las llamas. Ver Tabla F7-091, página F\218 del

1.er Volumen para los conductores y Tabla F7-103, página F/236 del 1.er Volumen.

Hemos tenido en consideración la energía capaz I^2t de soportar los conductores en caso de cortocircuito. Ver Tablas L6.4-517 y L6.4-529, páginas L/1440 y L/1478.

6.4.5.5. Las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

Las bajadas de tensión sólo pueden afectar al alumbrado y a los motores del acondicionamiento. Las alimentaciones a las cargas informáticas y al alumbrado de reemplazamiento y señalización dependen de los SAI, en una redundancia 3/2 y régimen on-line.
Las posibles bajadas de tensión internas, producidas por el arranque de los motores de las bombas de calor, se han considerado para que no afecte a los mismos en el dimensionado de los circuitos.
Las posibles bajadas de tensión de los suministros externos las podemos minimizar colocando los interruptores automáticos tipo Compact, que forman el equipo de conmutación de las dos alimentaciones de las Cías. A y B.

Bobina de mínima tensión instantánea (MN)

Esta bobina provoca la apertura instantánea del interruptor automático cuando su tensión de alimentación desciende a un valor comprendido entre el 35 y el 70% de su tensión nominal.
Si el bloque de relés no está alimentado, el cierre (manual o eléctrico) del interruptor automático es imposible.
Cualquier tentativa de cierre no provoca ningún movimiento de los contactos principales. El cierre está autorizado cuando la tensión de alimentación del bloque de relés alcanza el 85% de su tensión nominal.
A efectos de la alimentación del abonado tendremos que en el momento que esté conectado a la Cía. A y se produzca un bajón de tensión que provoque la desconexión del interruptor automático, automáticamente y en el tiempo de conmutación se conectará la Cía. B manteniendo el suministro.
Si por casualidad coincidieran las dos Cías. suministradoras de fuentes diferentes de sendos bajones de tensión apreciables, las alimentaciones de los circuitos críticos se mantendrían por los SAI.

6.4.5.6. Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas CEM

Hemos procurado, durante la definición de la instalación, cumplir las siguientes consideraciones:
■ Los materiales propuestos para la instalación cumplen las prescripciones de CEM propias de su normativa de construcción.
■ Los materiales de corrientes débiles utilizados en la instalación se han instalado alejados de las conducciones de corrientes fuertes.
■ Los conductores de las corrientes débiles son del tipo apantallados, con las pantallas conectadas a masa, tanto en el origen como en el final.
■ Las conducciones de corrientes fuerte se han realizado con canalizaciones prefabricadas en las que las carcasas se han conectado a los circuitos de equipotencialidad conectados a tierra. Se ha procurado alejarlas el máximo de la previsión de situación de cargas con corrientes débiles (equipos electrónicos, ordenadores, telefonía, para la comunicación...).
■ Se han conectado descargadores de sobretensiones al origen de los circuitos principales y al inicio de los circuitos que alimentan cargas influenciables.
■ Los descargadores de sobretensiones se han conectado a una red equipotencial propia que se une a la toma de tierra en borne principal (junto a las piquetas de puesta a tierra).

■ Se han reducido al máximo los posibles bucles de inducción eligiendo caminos paralelos próximos.
■ Se usó el esquema IT para la alimentación de las cargas con corrientes débiles.
■ Se han seguido las recomendaciones del capítulo H1, apartado 5. "Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)", página H1/197 del 2.º Volumen, y las del apartado 2.5. "Protección contra las interferencias electromagnéticas (CEM) en los edificios", página L/68 del Volumen 5.1.

6.4.5.7. Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando:

■ Todos los dispositivos de corte de una red, línea o derivación se han previsto que cumplan las prescripciones de construcción propias a los seccionadores, es decir, que aseguren el corte a la tensión de ensayo, tensión de choque propia de un seccionador.
■ Los interruptores de corte de una red línea o derivación permiten el bloqueo del mando a través de candados, con la finalidad de evitar una posible reconexión, en momentos de mantenimiento o control.
■ Los cuadros eléctricos que disponen de más de una alimentación están provistos de carteles que avisan del peligro de las líneas en tensión. No se ha previsto una desconexión general a la accesibilidad del cuadro.
■ Los interruptores de protección, tanto en régimen TT como en IT, cortan todos los conductores activos, en ningún caso el conductor de protección PE.
■ La instalación no dispone de elementos en movimiento impulsados por energía eléctrica que puedan crear un peligro por desplazamiento incorrecto. Los elementos en movimiento son ventiladores, bombas impulsoras o bombas de calor, en posición estática y protegidas sus accesibilidades.

En este ejemplo se ha pretendido evidenciar y solucionar aquellas dificultades que presentan las instalaciones eléctricas y las particulares de los edificios de pública concurrencia, que la normativa y la reglamentación no especifican de una forma directa. La reglamentación para instalaciones interiores, expuesta en el apartado 6.3., página L/651 del Volumen 5.1, sirve para las instalaciones en edificios de pública concurrencia bajo las prescripciones propias de este tipo de instalaciones. Por tanto, solamente recopilaremos en este apartado las correspondientes a edificios de pública concurrencia.

6.4.6. Instalaciones eléctricas en locales destinados al uso de la medicina

ITC-BT-38. Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención.

Lo tratado en este apartado queda reducido al ámbito de la aplicación de la energía eléctrica para la práctica de la medicina, bajo el punto de vista de las instalaciones, sin tener ninguna pretensión de introducirse en las aplicaciones y sus causas que son propios del campo de la medicina.

Conceptos

Locales de uso médico

Entenderemos por locales de uso médico aquellos que están preparados para acoger los pacientes con el propósito de efectuar diagnósticos, tratamientos o cuidados.

Grupo 0
Locales de uso médico en los que no es susceptible de ser utilizada ninguna parte aplicada de los equipos de electromedicina, unidos a la alimentación general.

Grupo 1
Locales de uso médico que son susceptibles de ser utilizadas partes aplicadas de los equipos de electromedicina, unidos a la alimentación general:
- Partes aplicadas exteriores, o
- Partes aplicadas a los fluidos corporales pero no al corazón.

Grupo 2
Locales de uso médico en los que son susceptibles de ser utilizadas partes aplicadas de los equipos de electromedicina, unidos a la alimentación general, aplicadas al o en el corazón por procedimientos intracardíacos.

Nota: Un procedimiento intracardíaco es un procedimiento por el cual un conductor eléctrico se sitúa en el interior del corazón de un paciente o es susceptible de entrar en contacto con el corazón, siendo ese conductor accesible desde el exterior del cuerpo del paciente. A este respeto, se entiende por conductor eléctrico tanto a los cables aislados, como por ejemplo los electrodos de los estimuladores o los electrodos intracardíacos para los ECG (electrocardiogramas), como a los tubos aislados rellenos de fluidos conductores.

Locales de uso médico	Grupo		
	0	1	2
01. Sala de masajes		■	
02. Sala de lavado	■		
03. Vigilancia general (habitaciones)			■
04. Sala de partos			■
05. Sala ECG, EEG, EHG			■
06. Sala de endoscopias			■
07. Sala de reconocimientos o tratamientos			■
08. Sala de preparación al parto	■		
09. Sala de esterilización	■		
10. Sala de urología (no siendo un quirófano)		■	
11. Sala de diagnóstico radiológico y de terapia, diferente a la mencionada en el n.º 20		■	
12. Sala de hidroterapia		■	
13. Sala de fisioterapia		■	
14. Sala de anestesia		■	
15. Quirófano			■
16. Antequirófano			■
17. Sala de enyesados	■	■	
18. Sala de recuperación		■	
19. Sala de catéteres cardíacos		■	■
20. Sala de cuidados intensivos			■
21. Sala de exámenes angiográficos	■	■	
22. Sala de hemodiálisis		■	
23. Sala de monitorización central	■		
24. Resonancia magnética (MRI)		■	
25. Medicina nuclear		■	
26. Sala de prematuros		■	

Tabla L6.4-551: *grupos de locales para el uso de la medicina.*

Características generales

La clasificación de los locales de uso médico está ligada al tipo de contacto entre una parte aplicada y el paciente. Esta clasificación debe ser hecha de acuerdo con el cuerpo médico o la organización encargada de la sanidad.
Los locales están catalogados como “Locales de pública concurrencia”, por tanto están regidos (de forma particular) por la ITC-BT-28 Instalaciones en locales de pública concurrencia y la ITC-BT-38 Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención.

Ejemplos de locales donde se utilizan equipos de electromedicina

■ 01. Sala de masajes.
■ 02. Sala de lavado.
Sala en la que el personal médico que interviene en una operación o tratamiento se puede lavar para desinfectarse.

Nota: Esta sala pertenece al grupo de quirófanos y por tanto está unida físicamente a ellos.

■ 03. Vigilancia general (habitaciones).
Médicamente son salas o grupos de salas para acomodar a los pacientes durante su estancia en un hospital o en cualquier otro establecimiento médico.
■ 04. Sala de partos.
Sala donde tiene lugar el nacimiento.
■ 05. Sala de electrocardiografías (ECG).
Sala de electroencefalografías (EEG), sala de histerografías (EHG).
■ 06. Sala de endoscopias.
Sala provista para la utilización de métodos endoscópicos, es decir, para el examen de órganos a través de orificios naturales o artificiales.
Métodos endoscópicos son por ejemplo: broncoscopias, laringoscopias, citoscopias, gastroscopias y métodos similares si se realizan bajo anestesia.
■ 07. Sala de reconocimientos o tratamientos.
■ 08. Sala de preparación al parto.
Sala donde la paciente espera y es preparada para el parto.
■ 09. Sala de esterilización.
Sala en la que se esterilizan los instrumentos necesarios en una operación o intervención.

Nota: Esta sala pertenece al grupo de quirófanos y por tanto está unida físicamente a ellos.

■ 10. Sala de urología (no siendo un quirófano).
Sala en la que el diagnóstico o procedimiento terapéutico se realiza en el aparato urogenital, utilizando equipos de electromedicina, tales como rayos X, endoscopias o aparatos de cirugía de alta frecuencia.
■ 11. Sala de diagnóstico radiológico y de terapia:
□ Sala de diagnóstico radiológico.
Sala prevista para el uso de radiación iónica con el fin de visualizar las estructuras internas del cuerpo humano por medio de radiografías, fluoroscopias, isótopos radioactivos u otros procedimientos de diagnóstico.
□ Sala de terapia.
Sala prevista para el uso de radiación iónica para conseguir efectos terapéuticos.
■ 12. Sala de hidroterapia.
Sala en la que los pacientes son tratados con métodos hidroterapéuticos. Ejemplos de tales métodos son los tratamientos terapéuticos con agua, agua salada, cieno, arcilla, vapor, arena, agua con gases, agua salada con gases, terapia de inhalación, electroterapia en el agua (con o sin aditivos), termoterapia en agua (con o sin aditivos).

Las piscinas de uso general y los cuartos de baño normales no están considerados como salas de hidroterapia.

■ 13. Sala de fisioterapia.

Sala en la que los pacientes son tratados con métodos fisioterapéuticos.

■ 14. Sala de anestesia.

Sala de uso médico en la que se administra anestesia general por inhalación.

Nota: Se consideran salas de anestesia el propio quirófano, el antequirófano, sala de ensayos y las salas de cuidados intensivos.

■ 15. Quirófano.

Sala donde se lleva acabo las operaciones quirúrgicas.

■ 16. Antequirófano.

Sala donde los pacientes son preparados para una operación, por ejemplo, para administrar anestésicos.

Nota: Esta sala pertenece al grupo de quirófanos y por tanto está unida físicamente a ellos.

■ 17. Sala de enyesados.

Sala donde se aplica el "yeso de París" u otros vendajes similares mientras el paciente está bajo anestesia.

Nota: Esta sala pertenece al grupo de quirófanos y por tanto está unida físicamente a ellos.

■ 18. Sala de recuperación.

Sala en la cual el paciente, bajo observación, se recobra de la influencia de la anestesia.

Nota: Esta sala está habitualmente muy próxima al grupo de quirófanos, pero no forma necesariamente parte de ellos.

■ 19. Sala de catéteres cardíacos.

Sala prevista para el examen o tratamiento del corazón utilizando catéteres. Ejemplos de procedimientos aplicados son la medicina de la acción hemodinámica del corazón, gráficos de muestras de sangre, inyección de productos de contraste o implantación de estimuladores.

■ 20. Sala de cuidados intensivos.

Sala en la cual los pacientes acostados son vigilados, independientemente de una intervención quirúrgica, mediante equipos de electromedicina. Si es necesario pueden estimularse las funciones del cuerpo humano.

■ 21. Sala de exámenes angiográficos.

Sala prevista para visualizar las arterias o venas, etc, con medios de contraste.

■ 22. Sala de hemodiálisis.

Sala de un establecimiento médico prevista para conectar los pacientes a un equipo de electromedicina a fin de desintoxicar la sangre.

■ 23. Sala de monitorización central.

Sala en la que las señales procedentes de los monitores de varios pacientes se pueden observar, almacenar o tratar.

Nota: Se considera una sala de monitorización central cuando forma parte de un grupo de salas y existe una conexión (por ejemplo una línea de transmisión de señales) entre las salas de tal grupo.

■ 24. Resonancia magnética (MRI).

■ 25. Medicina nuclear.

■ 26. Sala de prematuros.

La calidad del suministro

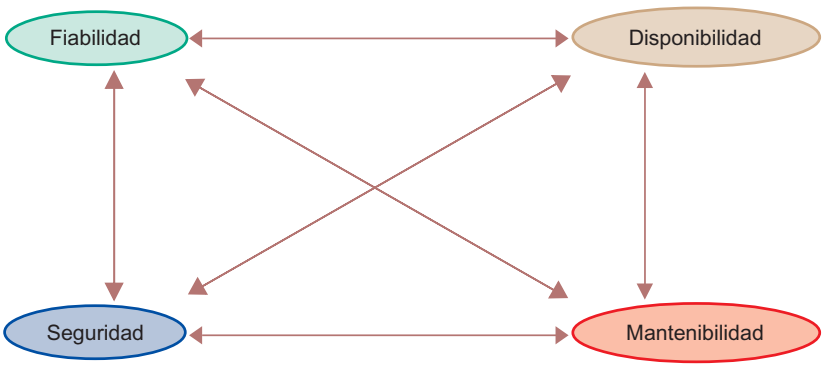
Nos referimos a la continuidad del servicio y la calidad de la onda senoidal.
En realidad necesitamos concretar la problemática en el equilibrio entre las cuatro magnitudes básicas:

■ Fiabilidad. Es la probabilidad de que una entidad puede cumplir una función requerida, en las condiciones determinadas, durante un tiempo predeterminado $[t_1, t_2]$; que se expresa R (t_1, t_2).
En nuestro caso se trata de mantener la alimentación de energía eléctrica durante el tiempo de intervención de las prácticas del uso de la medicina previstas.

■ Disponibilidad. Es la probabilidad de que una entidad pueda cumplir una función requerida, en las condiciones determinadas, en un instante dado t, suponiendo que el suministro de los medios externos necesarios están asegurados; que se expresa D(t).
En nuestro caso se trata de que la sala escogida esté en disposición de poder ser utilizada para la práctica del uso de la medicina previsto en ella.

■ Mantenibilidad. La posibilidad de mantenimiento es la probabilidad de que una operación dada de mantenimiento pueda ser realizada en un intervalo de tiempo dado $[t_1, t_2]$; que se expresa por M(t_1, t_2).
En nuestro caso se trata de que se hayan previsto y realizado los trabajos de mantenimiento preventivo y rectificativo, para mantener los servicios en disponibilidad y en condiciones para garantizar la fiabilidad.

■ Seguridad. Es la probabilidad de evitar un acontecimiento peligroso.
La noción de seguridad está estrechamente ligada al riesgo que de ella misma deriva, no solamente de la probabilidad de que ocurra, sino de la gravedad del hecho.



ITC-BT-28-2
ITC-BT-38-2
ITC-BT-38-2-4

La continuidad de suministro

En este apartado trazaremos las bases para poder garantizar el suministro de energía, no solamente desde la red exterior, sino también desde la propia red de distribución interior, hasta el punto donde es necesaria para la actividad correspondiente del uso médico de la energía.

Información

Encontraremos la información suficiente en:
El capítulo J, apartado 16. "Aparamenta para múltiples alimentaciones", página J/789 del 3.er Volumen:

■ 16.1. "Continuidad de servicio en la acometida".
■ 16.2. "Diferentes tipos de conmutación".

El capítulo J, apartado 14. "Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)", página J/725 del 3.er Volumen.
El capítulo K, apartado 4.5. "La calidad en la red", página K/335 del 4.º Volumen:

■ Características de seguridad de funcionamiento.
■ Las magnitudes de la seguridad de funcionamiento.
■ La seguridad de funcionamiento aplicada a los conjuntos:
□ No disponibilidad de entrada:
– No disponibilidad entre el juego de barras principal B1 y la utilización.
– No disponibilidad debida a desconexiones por cortocircuito.
– No disponibilidad por mantenimiento fijo.
– Árbol de posibles fallos de la red del ejemplo.
■ Conceptos de seguridad en edificios terciarios:
□ La seguridad por el esquema:
– El esquema de entrada.
– Cálculo de la no disponibilidad debida a la acometida.
– Redundancia de entradas.
– División de salidas en preferentes y no preferentes.
– Dispositivos de conmutación.
– La utilización final.
– El esquema de puesta a tierra del neutro.
□ La seguridad y las conexiones.
□ La seguridad y los arcos eléctricos.
□ La seguridad y las opciones del cuadro.
□ La seguridad y la salida a motor en rack extraíble seccionable.
□ La seguridad y los auxiliares de control-mando.
■ Niveles de seguridad requeridos:
□ Relaciones directas e inversas de las magnitudes.
■ Los diagramas de fiabilidad:
□ Los sistemas serie o paralelo.
□ Los sistemas de redundancia K/N.
□ Los sistemas en puente.

El apartado 6.4.1. "Proceso de concepción de la arquitectura de una red de suministro eléctrico, bajo el concepto de seguridad", página L/750 de este Volumen:

■ Introducción.
■ Leyenda.
■ Concepción de una arquitectura de seguridad:
□ Especificar.
□ Construcción.
□ Confianza.
■ Descripción de una alimentación de "seguridad".
■ Análisis de una alimentación con Cía. + GE "socorro":
□ Los circuitos de distribución.
□ El grupo electrógeno.
□ Los dispositivos de inversión de fuente:
– Problemas que presenta la conmutación y precauciones.
– Presencia de un defecto en la red aguas abajo.
– Características de la fuente de sustitución.
– Elaboración de las órdenes de conmutación.
– Corte de tensión durante una conmutación no síncrona.
– Enclavamiento mecánico entre los aparatos de maniobra de BT y entre los de MT.

– Resistencia dieléctrica de los aparatos de maniobra MT.
□ Conmutación síncrona.
□ Conmutación con corte:
– En alta y media tensión.
– Ejemplo n.º 1 (MT).
– Ejemplo n.º 2 (MT).
□ Conmutación pseudosíncrona:
– Principio.
– Campo de utilización.
– Dificultades.
– Conmutación ultrarrápida con control de defasaje.
– Condiciones que debe satisfacer una red para realizar un acoplamiento rápido.
– Descripción resumida de un comparador de fases.
□ Cuadro resumen equipos de conmutación de fuentes.
□ Conclusiones sobre los equipos de conmutación de fuentes.
□ Los equipos de socorro de "corta duración" (onduladores).
□ Los sistemas electrónicos de control-mando.
□ Los criterios de funcionamiento.
□ Búsqueda e identificación de los puntos débiles.
■ Soluciones para aumentar la disponibilidad:
□ Conocer el nivel de fiabilidad de los componentes.
□ Las elecciones tecnológicas:
– El cuadro de BT.
– Grupo electrógeno (GE).
– Los equipos de socorro de "corta duración" (onduladores).
– La electrónica de control-mando.
– Captores y accionadores.
□ La tolerancia a las averías:
– Las redundancias.
– Los esquemas de conexión a tierra ECT y los riesgos de incendio y de no disponibilidad de la energía.
– Resumen de posibilidades de elección.
– Alimentaciones con doble suministro por dos Cías.
□ Conducción (control) de una instalación:
– Nivel de vigilancia (US).
– Nivel de gestión (UG).
– Comunicación.
□ Ejemplo de distribución socorro a alta disponibilidad:
– Especificación.
– Construcción.
– Acción sobre los componentes de la instalación.
– Disposiciones relativas al mantenimiento.
– Demostrar la disponibilidad especificada.
– Conclusión.

La calidad de la onda senoidal

La mayoría de los equipos de electromedicina están concebidos para una alimentación corriente senoidal. E incluso hay opciones que a través de las ondas senoidales se generan parámetros de medida, por tanto es necesario mantener una calidad de onda para que estas funciones no se vean perturbadas.

Información

Encontraremos la información suficiente en:

En el capítulo K, apartado 4. "Qué debemos controlar para determinar la calidad de la energía eléctrica", página K/237 del 4.º Volumen.

4.1. Las perturbaciones de amplitud, de forma de onda y de fase.
■ Perturbaciones en amplitud:
□ Los huecos de tensión y el corte breve.
□ Las sobretensiones.
□ Ferrorresonancia.
■ Perturbaciones de la onda senoidal:
□ Las perturbaciones.
□ Generadores.
□ Transformadores.
□ Receptores.
□ Corrientes portadoras.
□ Efectos de las corrientes.
■ Perturbaciones propias de los sistemas polifásicos:
□ Desequilibrio de corriente y de tensión.
□ Desequilibrio de fases.
4.2. Perturbaciones electromagnéticas:
■ Campos y radiaciones.
■ Descargas electroestáticas.
4.3. Las perturbaciones por fluctuación flicker:
■ Descripción de las fluctuaciones de tensión originarias del fenómeno flicker:
□ Las variaciones de tensión periódicas y rápidas.
□ Las variaciones de tensión a golpes.
□ Explicación matemática del origen de un flicker.
□ Advertencias.
■ Otros orígenes de los flickers:
□ Flicker provocado por los infraharmónicos y los interharmónicos.
■ Los perturbadores:
□ El horno de arco.
□ Máquinas de cargas fluctuantes.
□ Los reguladores de potencia a tiristores.
□ Las máquinas de soldar.
■ Sensibilidad de las fuentes luminosas a los flickers.
■ Definición teórica de la sensación de malestar, cuantificación y medida de flicker:
□ Cuantificación y medida del fenómeno flicker.
□ Dosis de flicker, definición de la molestia, medida del flicker.
□ La curva de "Función de las Probabilidades Acumuladas" FPC.
□ Los parámetros Pst y Plt.
□ El flickermeter.
□ le $\Delta V10$.
□ Otros valores de medida.
□ Límites de aceptación del flicker.
□ Nivel de compatibilidad de Pst, Plt.
□ Límites individuales de Pst, Plt.
□ Límites de $\Delta V10$.
■ Determinación de flickers en una instalación:
□ Método cualitativo.
□ Método utilizando la "curva referencia Pst = 1".
□ Método analítico.
□ Método para los hornos de arco.
□ Método para las máquinas de soldar.
■ Posibles soluciones a la reducción de creación del fenómeno flicker:
□ Elección de un modelo de alumbrado.
□ Onduladores.

- □ Modificación del generador de perturbaciones.
- □ Instalación de un volante de inercia.
- □ Convertidor rotativo.
- □ Modificación de la red.
- □ La capacidad serie.
- □ La reactancia serie.
- □ La reactancia shunt saturada.
- □ La reactancia de desacoplamiento.
- □ El compensador síncrono.
- □ El compensador de fase.
- □ El compensador estático (SVC).
- □ Síntesis.

4.4. Los armónicos, convertidores y compensadores activos.

4.1.1. Repaso de la problemática de los armónicos:

- ■ Definiciones, magnitudes y características:
- □ Valor eficaz de una magnitud alterna no senoidal.
- □ Tasa de distorsión.
- □ Tasa individual de armónicos.
- □ Espectro (de frecuencia).
- □ Factor de potencia y cos φ 1.
- □ Factor de deformación.
- □ Factor de cresta.
- ■ Origen y transmisión:
- □ Cargas lineales y no lineales.
- □ Distorsión de la tensión y distorsión de la corriente.
- ■ Las cargas deformantes.
- ■ Efectos perjudiciales de los armónicos:
- □ Efectos de los aparatos y sistemas de poca corriente.
- □ Efectos en los condensadores.
- □ Efectos en los transformadores.
- □ Efectos en los alternadores.
- □ Efecto en los cables, y en especial en el conductor neutro.
- ■ Las normas y recomendaciones:
- □ Para las redes públicas de BT.
- □ Para las redes públicas de media y alta tensión.
- □ Para las instalaciones industriales de baja y media tensión.

4.4.2. Las soluciones tradicionales:

- ■ Reducir las corrientes armónicas de las cargas perturbadoras.
- ■ Disminuir la impedancia armónica de la fuente.
- ■ Actuar en la estructura de la instalación.
- ■ “Acorralar” los armónicos.
- ■ Utilización de inductancias antiarmónicos:

□ Las baterías automáticas Rectimat 2 clase SAH 400 V incorporan inductancias antiarmónicos sintonizados a 215 Hz.

- ■ Filtros pasivos de armónicos.

4.4.3. Convertidores “limpios” y compensadores activos:

- ■ Introducción.
- ■ Convertidores “limpios”:
- □ Principio de muestreo senoidal (en monofásica).
- □ Principio de instalación de un “convertidor de tensión”.
- □ Montajes trifásicos.
- ■ El compensador activo “shunt”:
- □ Principio de funcionamiento.
- □ Estructura del compensador activo tipo “shunt”.

□ La electrónica de control y monitorización.
□ Ejemplo de prestaciones conseguidas con receptores no lineales.
4.4.4. Compensadores con estructura híbrida:
■ La estructura híbrida “serie”.
■ La estructura híbrida “serie/paralelo”.
■ La asociación en “paralelo” de filtros pasivos y compensador activo.
■ Resumen.
■ Las prestaciones de las estructuras híbridas:
□ Configuración “serie”.
□ Configuración “serie/paralelo”.
□ Características de las soluciones activas.
4.4.5 . Instalación de un compensador activo de armónicos tipo “shunt”:
■ Objetivo y contexto:
□ Conocer los mecanismos.
□ Conocer la red y su topología.
□ No inventar los datos del estado de la instalación.
□ Identificar y definir las características de los elementos perturbadores.
□ Definir el objetivo de la depuración.
■ El punto de inserción de un compensador “shunt”:
□ La depuración local.
□ La compensación semiglobal.
□ La compensación global.
4.4.6. El dimensionamiento de un compensador activo tipo “shunt”:
■ Elección del calibre nominal.
■ Ejemplos de aplicación:
□ Reducción de las distorsiones de las líneas de distribución.
□ Asociación de un compensador activo “shunt” y componentes pasivos: efecto en las tarifas.
4.4.7. Equipos deformantes:
■ Rectificador cargador.
■ Variador de velocidad.
■ Fuente de alimentación monofásica.
■ Alumbrado fluorescente.
■ Soldadura eléctrica.
4.4.8. Resumen.
4.4.9. El compensador activo:
■ Generalidades.
■ Descripción del compensador:
□ Principio de funcionamiento.
□ Tecnología.
□ Funciones y funcionalidad.
■ Condiciones de funcionamiento.
■ Condiciones de sobrecarga.
■ Conexión en paralelo y configuraciones múltiples:
□ Conexión en paralelo activo.
□ Conexión en cascada.
□ Configuración “multipuntos”.
■ Estado del sistema e interface operador:
□ Estados del sistema.
□ Mando del equipo.
□ Display.
■ Características y situación:
□ Punto de conexión.
□ Dimensiones.
■ Normas de seguridad.

■ Condiciones del entorno.
■ Condiciones de instalación:
□ Instalación de un solo compensador activo.
□ Instalación en armario de 2 compensadores activos sobrepuestos.
□ Instalación de 2 compensadores activos de forma lateral.
□ Conexión.
□ Protección de los compensadores activos.
□ Operaciones de conexión.
□ Conexión de los contactos secos y del puerto de comunicación opcional.
□ Configurar la tarjeta de puesta en paralelo.
□ Configuración de los straps de cada compensador en paralelo.
□ Los captadores de la señal (transformadores de intensidad).
□ Situación y orientación de los transformadores de intensidad o captadores de señal.
□ Esquemas para aparatos de 20 a 60 A.
□ Esquemas para aparatos de 90 a 120 A.
□ Esquemas de instalación de equipos en paralelo, para aparatos de 20 a 60 A.
□ Esquemas de instalación de equipos en paralelo, para aparatos de 90 a 120 A.
■ Puestas en servicio y fuera de servicio:
□ Puesta bajo tensión.
□ Generalidades.
□ Arranque del compensador activo.
□ Paro del compensador activo.
□ La significación de los indicadores luminosos.
□ La interface de control mando.
■ Utilización:
□ Menú general.
□ Elección del idioma.
□ Visualización de las mediciones principales. Localización de los puntos de utilización.
□ Visualización de las medidas secundarias.
□ Relación de alarmas visualizadas.
□ Configuración.
□ Relación de los parámetros de configuración.
□ Comunicación Jbus.
□ Identificación.
□ Mandos marcha-paro.
□ Acceso reservado.

Una vez comprobado el alcance del 4.º Volumen “El control energético de los edificios domésticos e industriales”, nos damos cuenta que mantener un suministro continuado con fiabilidad no es fácil, pero mantener la calidad de la onda senoidal aún es más complicado con los equipos que utilizamos en las instalaciones convencionales.

La solución para poder obtener un suministro continuado y una onda senoidal lo más pura posible es utilizar la misma técnica que hemos utilizado para el tratamiento de los armónicos: “acorralarlos”. Se trata de acorralar la parte de la instalación que debemos preservar de la contaminación.

Nuestro Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión especifica en la ITC-BT-38 Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención. Esta instrucción se limita a prescribir las instalaciones eléctricas en quirófanos y salas de intervención así como las condiciones de instalación de los receptores utilizados en ellas, pero no trata en profundidad de la continuidad y de la calidad de la energía que alimenta todo un complejo hospitalario. En las instalaciones eléctricas, no solamente las hospitala-

rias, donde necesitemos una impecable continuidad de servicio y calidad de la onda senoidal, debemos aislarla (aislamiento galvánico) de toda continuidad con redes contaminadas o con posibles contaminaciones.
Los circuitos que permiten una mayor continuidad de servicio corresponden a esquemas con el neutro aislado, que permiten un primer defecto sin desconexión y el segundo defecto con desconexión de la alimentación.
La propuesta para una zona hospitalaria está sujeta a dos conceptos: un concepto de instalación general y un concepto de instalación particular, aislada galvánicamente de la general, para las zonas que se consideren de máxima necesidad de disponibilidad, fiabilidad y seguridad.
En la Tabla K4-157, página K/351 del 4.º Volumen, exponemos una tabla de esquemas y soluciones para una buena continuidad de servicio, tanto para el sector terciario como para el industrial. Esta tabla la adjuntamos en la página siguiente (Tabla L6.4-554).
En España disponemos de más de una Cía. de suministro eléctrico prácticamente en todo el territorio. Esto nos permite obtener alimentaciones procedentes de centros de distribución y transformación diferentes, pudiendo cubrir el riesgo de no disponibilidad de las líneas de AT y MT.
No obstante, en centros hospitalarios grandes la necesidad de vapor de agua para el propio centro permite situar turbinas de vapor para la propia generación de energía eléctrica.

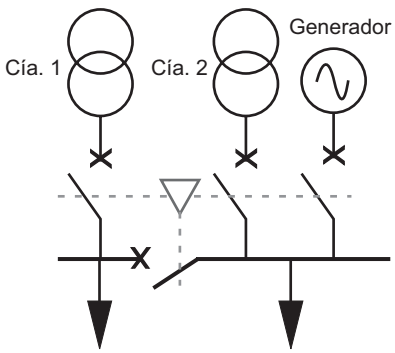


Fig. L6.4-552: *alimentación desde tres fuentes.*

En instalaciones de volumen medio la alimentación desde dos Cías. diferentes en MT o BT según el volumen, puede ser suficiente para el concepto de instalación general.

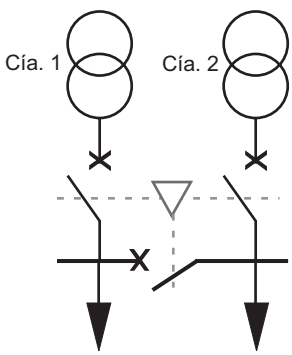
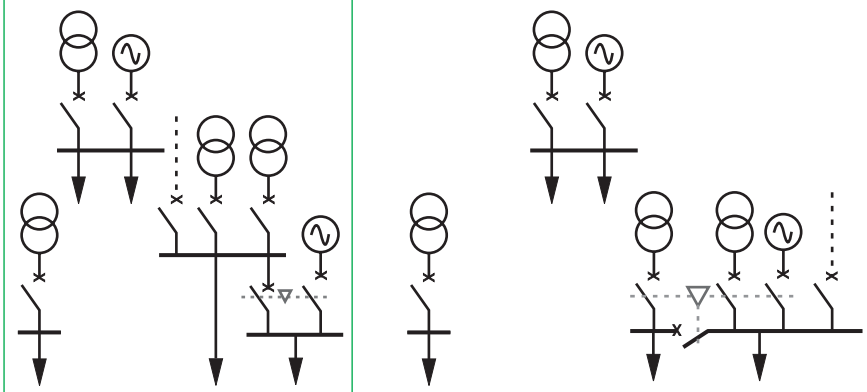


Fig. L6.4-553: *alimentación desde dos fuentes.*

	Sector de actividad				
	Terciario		Industria		
	Comercio	Hospitales	Talleres	Fábricas	Proceso de fabricación
Tipos de esquema de acometida					
Imperativos de la explotación	Numerosos receptores móviles y portátiles, modificaciones frecuentes de la distribución, alimentación desde la red pública	Continuidad de servicio para ciertos sectores. Riesgos de incendios, utilización de grupos de emergencia	Circuito de tierra inseguro (canteras), alimentación desde la red pública	Continuidad del servicio para ciertos sectores, utilización de grupos de emergencia	Continuidad del servicio para la mayor parte de la explotación, riesgo de daños importantes en caso de defectos de aislamiento (motores, automatismos). Riesgos de incendio
Esquemas de conexión del neutro propuestos	TT	IT	TT	IT	IT
			Numerosos contactos auxiliares (máquinas-herramienta), receptores con mal aislamiento	Ambiente y/o receptores que favorecen el riesgo de defecto de aislamiento	
			TN	Subred TN	

Soluciones a seleccionar					
Tipo de aparamenta	Fija		Fija		Fija
	Desconectable	Extraíble	Desconectable	Extraíble	
Tipo de cuadro	Fijo		Fijo De pletinas desconectables De cajones desconectables		De cajón extraíble
Forma	F1 a F4		F2 a F4	F2 a F4	F2 a F4
Grado de protección IP (dos primeras cifras)	2 a 5		2 a 5	3 a 5	3 a 5
Aparamenta de mando de motor:					
– De cadencia baja			Asociación fusibles-contactor		
– De cadencia elevada			Asociación interruptor automático-contacto		
Tecnología de los auxiliares de control-mando	Tradicional (hilo a hilo)	Normalizada (tarjetas, módulos y conectores)	Tradicional	Normalizada	

Tabla L6.4-554: *los sectores de actividad y los imperativos de explotación conducen a escoger los esquemas de puesta a tierra del neutro; las soluciones elegidas dependen, entre otras cosas, de las formas utilizadas y del grado de protección exigido.*

Para las instalaciones en zonas criticas, en la necesidad de la utilización de la energía, debemos considerar fuentes de alimentación ininterrumpida (SAI) con separación galvánica de trabajo “on-line”, con sistemas de redundancia K/N.

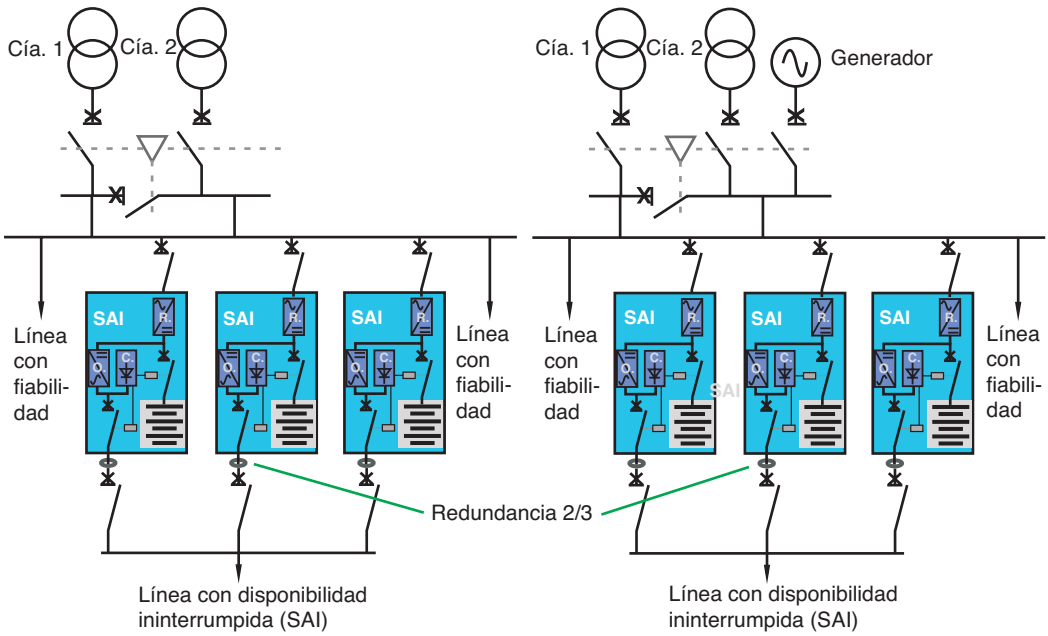


Fig. L6.4-555: *alimentaciones con diversas fuentes y SAI.*

L
6.4

¿Qué pretendemos conseguir?

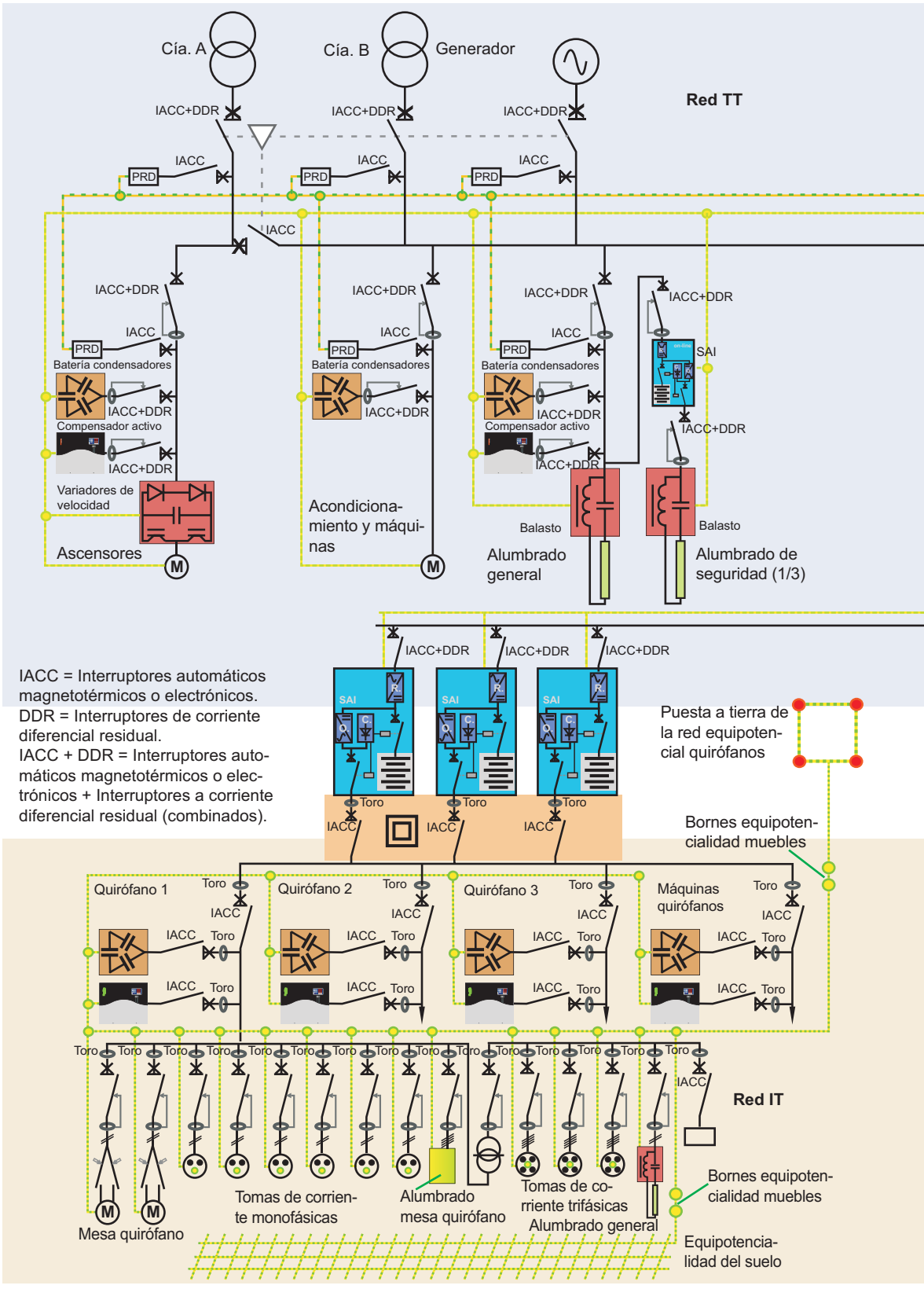
■ Que las salas del grupo 2, “Quirófanos, Antequirófano, Sala de catéteres cardíacos y Sala de cuidados intensivos” u otras, si las actividades médicas lo requieren, deben mantener una garantía de suministro con fiabilidad, durante el período de utilización para una actividad dada y la calidad de la onda senoidal para efectuar lecturas o aplicaciones correctas, no distorsionadas.

■ Que las salas del grupo 1, “Sala de masajes, Vigilancia general (habitaciones), Sala de partos, Sala ECG, EEG, EHG, Sala de endoscopias, Sala de reconocimientos o tratamientos, Sala de urología (no siendo un quirófano), Sala de diagnóstico radiológico y de terapia, diferente a la referenciada como Sala de hidroterapia, Sala de fisioterapia, Sala de anestesia, Sala de enyesados, Sala de recuperación, Sala de exámenes angiográficos, Sala de hemodiálisis, Sala de monitorización central, Resonancia magnética (MRI), Medicina nuclear, Sala de prematuros” u otras, si las actividades médicas lo requieren, deben mantener una garantía de suministro con fiabilidad, durante el período de utilización para una actividad dada y la calidad de la onda senoidal no necesita una precisión de calidad tan cuidada, para el uso médico, como en las salas de actividad 2.

La norma UNE 20460-7-710 establece que los locales de los grupos 1 y 2 las luminarias deben estar conectadas al menos a dos circuitos, de los que uno debe ser un circuito de seguridad.

En las vías de comunicación una de cada dos luminarias deben estar conectadas al servicio de seguridad (apartado 710-55-1 UNE 20460-7-710).

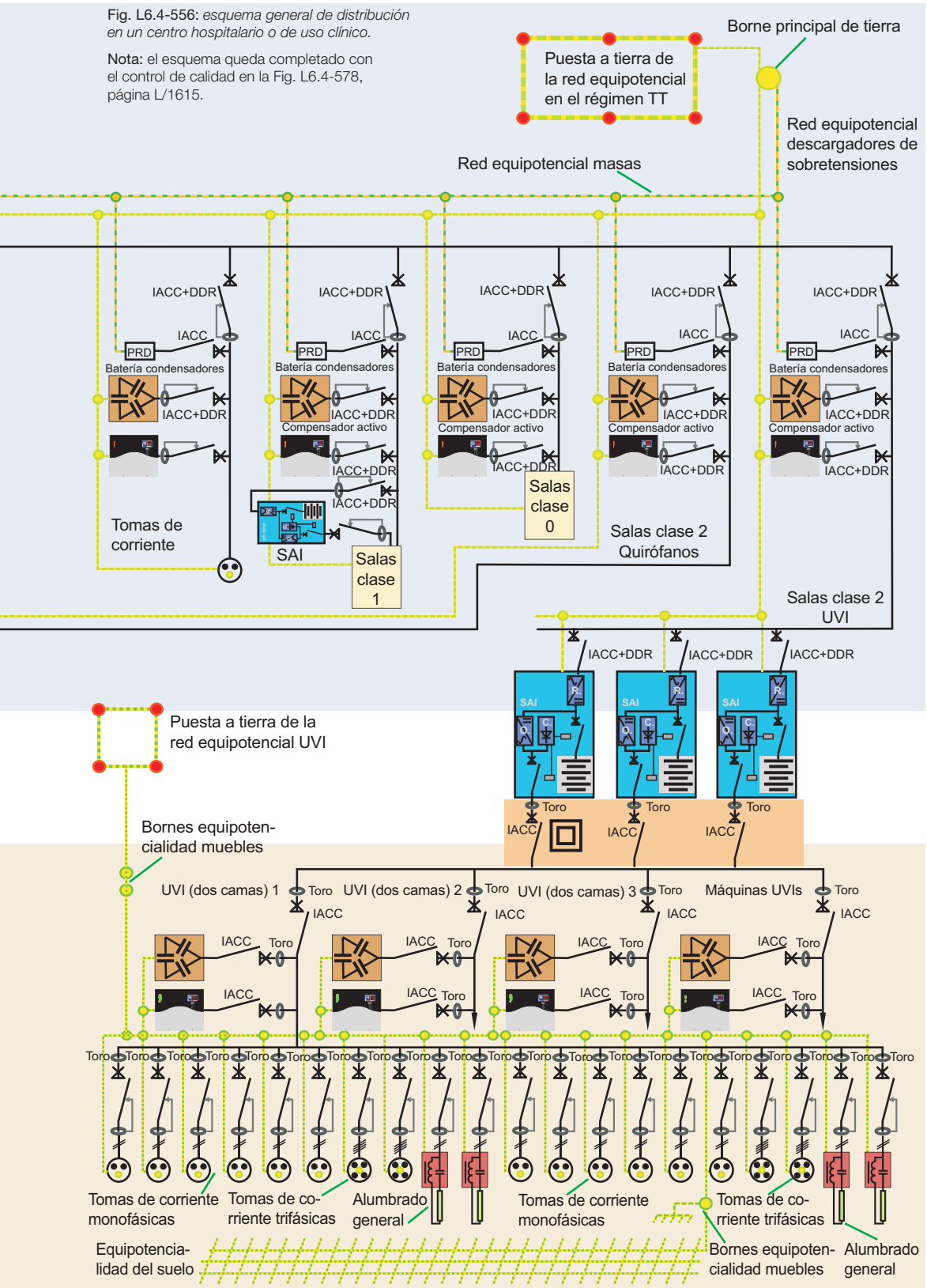
En la práctica, los términos servicios de seguridad en los locales médicos y servicios de emergencia son sinónimos (apartado 710-56 UNE 20460-7-710).



IACC = Interruptores automáticos magnetotérmicos o electrónicos.
DDR = Interruptores de corriente diferencial residual.
IACC + DDR = Interruptores automáticos magnetotérmicos o electrónicos + Interruptores a corriente diferencial residual (combinados).

Fig. L6.4-556: *esquema general de distribución en un centro hospitalario o de uso clínico.*

Nota: el esquema queda completado con el control de calidad en la Fig. L6.4-578, página L/1615.



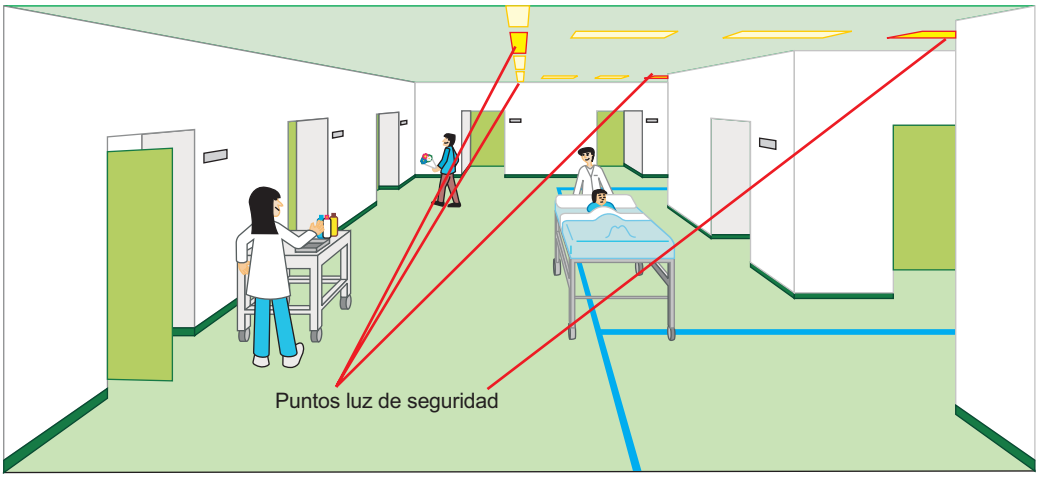


Fig. L6.4-557: *situación de los puntos luz de seguridad.*

La norma UNE 20460-7-710 considera que la fuente de seguridad es la segunda fuente de alimentación, correspondiente a la conmutación de suministro.
En España es muy común el suministro desde dos Cías. diferentes, una considerada normal y otra de socorro. Alimentar todo el sistema hospitalario con una u otra es una situación normal.
En grandes centros hospitalarios la generación de energía propia, a través de turbinas de vapor, es normal y la alimentación a través de una Cía. suministradora es un recurso de emergencia.
Un fallo en la interconexión de Cías. suministradoras puede dejar una zona del territorio sin energía.
Es conveniente garantizar el suministro a las dependencias del grupo 2 y a los puntos luz, considerados de seguridad, del grupo 1 y de todos los pasillos de circulación. Así como la alimentación de las alarmas técnicas propias de un edificio de pública concurrencia.
En Europa el CENELEC ha realizado una norma europea sobre la calidad de la onda senoidal, que UNE a recogido en la UNE-EN 50160; su cumplimiento es suficiente para las salas de los grupos 0 y 1.
El doble o triple suministro de la zona hospitalaria es adecuado para toda el área pero debemos asegurar más la fiabilidad en la zona 2.ª.
La instalación general de un centro hospitalario coincide con lo expuesto en el apartado 6.4. “Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia”, página L/745 de este Volumen.

¿Qué circuito es adecuado para la zona 1?

Debemos garantizar el suministro de energía y una calidad a nivel del especificado en la UNE-EN 50160.

Frecuencia

El valor debe ser de 50 Hz, su valor medio durante 10 segundos debe estar comprendido entre el intervalo de:

- 50 Hz ± 1% durante el 95% de una semana.
- 50 Hz ± 4% durante el 100% de una semana.

REBT Artículo 4

Tensión

■ Amplitud de la tensión.
La tensión base es de U_0 = 230 V entre fase y neutro o entre fases.
■ La variación de la tensión.
Los valores eficaces promediados durante 10 minutos pueden situarse entre los límites de ± 10% de Un.
Las desviaciones aceptadas en España corresponden a lo establecido en el documento HD472S1 que acepta unas desviaciones previas y otras definitivas en función de las fechas establecidas y países de la Comunidad Económica Europea.

Severidad del parpadeo

En condiciones normales de explotación, para cada período de una semana, el nivel de severidad de larga duración del parpadeo, ligado a las fluctuaciones de la tensión, el P_{1t}, debe ser inferior o igual a 1 durante el 95% del tiempo.

Huecos de tensión

En las condiciones normales de explotación, el número esperado de huecos de tensión en un año puede ir de algunas decenas a un millar. La mayor parte de los huecos de tensión tienen una duración de menos de un segundo, y una profundidad inferior al 60%. Sin embargo, varias veces, pueden producirse huecos de tensión y de profundidad comprendida entre el 10 y el 15% de Un, que están provocados por conmutaciones de cargas en las instalaciones.

Las interrupciones breves

Valores indicativos: en condiciones normales de explotación, el número anual de interrupciones breves de la tensión suministrada, puede variar de algunas decenas a varias centenas. La duración aproximada del 70% de las interrupciones es inferior a un segundo.

Las interrupciones largas

Las interrupciones largas quedan reducidas al tiempo de percepción y conmutación que regulemos en la conmutación de fuentes.
Esta maniobra puede realizarse entre 10 y 50 veces al año.

Sobretensiones

Una sobretensión temporal a la frecuencia de la red aparece generalmente por un defecto en la red de MT o en una instalación particular, y desaparece en el momento que se elimina o autoelimina el defecto. Generalmente, la sobretensión puede alcanzar el valor de la tensión entre fases a causa del desplazamiento del punto neutro de la red trifásica.

Sobretensiones temporales en la red entre fases y tierra

En ciertas condiciones, un defecto que se produce aguas arriba de un transformador puede temporalmente producir sobretensiones del lado de baja tensión mientras dure el fallo. Tales sobretensiones no acostumbran a sobrepasar los 1,5 kV eff.

Sobretensiones transitorias entre fase y tierra

Las sobretensiones transitorias no sobrepasan, generalmente, 6 kV (valor de cresta), pero a veces pueden sobrevenir valores más elevados. El tiempo de subida puede variar de menos algunos microsegundos a varios milisegundos.
El contenido de energía de una sobretensión transitoria varía de manera considerable según su origen. Una sobretensión inducida debida al rayo se caracteriza generalmente por una amplitud más elevada y un contenido de energía inferior al

de una sobretensión provocada por maniobras, porque estas últimas duran generalmente mucho más tiempo.
Los dispositivos de protección contra las sobretensiones, utilizados en la instalación, deben ser elegidos teniendo en cuenta los niveles de energía más elevados, que son debidos a las sobretensiones de maniobras que siguen a la eliminación de defectos. Esto cubrirá las sobretensiones debidas tanto al rayo como a las maniobras de la red.
Para disminuir los efectos de los rayos sobre el edificio de uso médico, instalaremos pararrayos en forma de jaula de Faraday, para disminuir los efectos electromagnéticos de la propia intensidad del rayo, y una puesta a tierra separada de las puestas a tierra de los circuitos del edificio suficientemente para que no interfiera en ellas.
En la propia red, y para eliminar los residuos de las descargas atmosféricas (directas o inducidas) y las sobretensiones de maniobra, instalamos descargadores de sobretensiones PRD suficientes para eliminar los efectos perjudiciales sobre las cargas conectadas. Eliminamos así los efectos perjudiciales de las sobretensiones.
Ver capítulo H1, apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, página H1/157 del 2.º Volumen, los apartados “Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales”, “Las protecciones contra las sobretensiones de un edificio de oficinas y en particular los abonados de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª, un centro de cálculo”, del apartado anterior, y el capítulo H2, apartado 4. “Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones”, página H2/249 del 2.º Volumen.

Desequilibrio de la tensión suministrada

En las condiciones normales de explotación, para cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces, calculados durante 10 minutos, de la componente inversa de la tensión de alimentación, deben situarse entre el 0 y el 2% de la componente directa. En ciertas zonas con líneas parcialmente monofásicas o bifásicas, los desequilibrios pueden alcanzar el 3% en los puntos de suministro trifásicos.

Tabla 1 UNE-EN 50160-1994

Tensiones armónicas					
Armónicos impares				Armónicos pares	
No múltiplos de 3		Múltiplos de 3			
Rango h	T. relativa	Rango h	T. relativa	Rango h	T. relativa
5	6,0%	3	5,9%	2	2,0%
7	5,0%	9	1,5%	4	1,0%
11	3,5%	15	0,5%	6...24	0,5%
13	3,0%	21	0,5%		
17	2,0%				
19	1,5%				
23	1,5%				
25	1,5%				

Tabla L6.4-558: *armónicos aceptados en una red de suministro.*

En las condiciones normales de explotación, durante cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces de cada tensión armónica, promediados en 10 minutos, no deben sobrepasar los valores indicados en la tabla adjunta. Tensiones más elevadas para un armónico dado pueden ser debidas a resonancias. La tasa de distorsión armónica total de la tensión suministrada (comprendidos todos los armónicos hasta el de rango 40) no debe sobrepasar el 8%.

Tensiones interarmónicas

El nivel de los intervalos va aumentando debido al desarrollo de los convertidores de frecuencia y otros equipos de control-mando. A causa de la poca experiencia en este campo, tanto por los mentores del propio Manual como por la IEC, no podemos incluir datos fehacientes hoy, si es posible los incluiremos en una próxima edición.

Hemos compensado las interferencias que pueden afectar una buena utilización de la energía a este nivel del grupo 1.

Puede suceder que la medicina y la electromedicina, que cada día están en mayor comunión, necesitarán utilizar para el nivel del grupo 1 niveles equivalentes a los que describiremos para el grupo 2, entonces deberíamos de equipar unas salas del grupo 1 con equipamientos del grupo 2.

Descripción de la instalación

(según el esquema de la Fig. L6.4-556, página L/1555)

Medidas de protección para garantizar la seguridad

Disponemos de un ejemplo, con cálculo, dimensionado, desarrollo y aplicación, del dimensionado de la seguridad en el circuito eléctrico para un edificio de pública concurrencia. Ver apartado 6.4.5. “Medidas de protección para garantizar la seguridad”, página L/1292 de este Volumen, donde encontraremos información necesaria para definir las alimentaciones múltiples.

La alimentación

En el esquema hemos considerado la alimentación desde tres fuentes, dos Cías. suministradoras, que alimentan desde dos centros de transformación MT/BT diferentes y un generador propio.

Los inversores de redes con mando eléctrico BA y UA

La asociación al inversor con mando eléctrico de un automatismo integrado BA o UA permite la gestión automática de la transferencia entre las redes según unas secuencias parametrizables.

En el capítulo J, apartado 16. “Aparamenta para múltiples alimentaciones”, página J/789 del 3.er Volumen, encontraremos las soluciones para el control y protección de las alimentaciones.

En los apartados “Conceptos de seguridad para los circuitos eléctricos de un edificio de pública concurrencia”, página L/750 y “Procesos de concepción de la arquitectura de una red de suministro eléctrico, bajo la concepción de seguridad”, página L6/56 de este Volumen, encontraremos información necesaria para definir las alimentaciones múltiples.

La protección contra las sobretensiones

Tanto para las protecciones contra las descargas atmosféricas como para las sobretensiones de maniobra encontraremos soluciones en el capítulo H1, apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, página H1/157 del 2.º Volumen, y en el capítulo H2, apartado 4. “Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones”, página H2/249 del 2.º Volumen.

Ramal para la alimentación de los ascensores

Es una línea que acostumbra a disponer de unas puntas de arranque elevadas, amortiguadas a través de rampas y variadores de velocidad.

Tanto las rampas como los variadores de velocidad generan armónicos y conjuntamente con los motores un retardo entre la corriente y la tensión.

Con la finalidad de que las perturbaciones no afecten al resto de instalación y podamos acorralar y eliminar las perturbaciones.

En el capítulo K, apartados 4.4.5. “Instalación de un compensador activo de armónicos tipo shunt”, página K/301, 4.4.6. “El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt”, página K/304, y 4.4.9. “El compensador activo”, página K/312 del 4.º Volumen, encontraremos las orientaciones para poder eliminar los armónicos. Y en el capítulo J, apartado 22. “Aparamenta para el control de las capacidades”, página J/1013 del 3.er Volumen, y el capítulo E “La compensación de la energía reactiva”, página E/1 del 1.er Volumen, encontraremos las orientaciones para la corrección del desfase de la corriente y la tensión.

Ramal acondicionamiento y máquinas

En todo servicio hospitalario existe la necesidad del acondicionamiento y una serie de máquinas para atender las necesidades de atención de los pacientes.
Normalmente las máquinas están movidas por motores y éstos generan puntas de arranque y desfases entre la tensión y la intensidad. Por tanto debemos compensar estos desfases.
En capítulo J, apartado 22. “Aparamenta para el control de las capacidades”, página J/1013 del 3.er Volumen, y el capítulo E “La compensación de la energía reactiva”, página E/1 del 1.er Volumen, encontraremos las orientaciones para la corrección del desfase de la corriente y la tensión.

Ramal para el alumbrado

Los puntos luz pueden ser de diferente naturaleza, los de mayor rendimiento lumínico suelen ser generadores de armónicos y defasantes de la onda de tensión y la de intensidad. Por tanto, debemos instalar un compensador activo y una batería de condensadores para compensar la distorsión de la onda senoidal.
En el capítulo K, apartados 4.4.5. “Instalación de un compensador activo de armónicos tipo shunt”, página K/301, 4.4.6. “El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt”, página K/304, y 4.4.9. “El compensador activo”, página K/312 del 4.º Volumen, encontraremos las orientaciones para poder eliminar los armónicos. Y en el capítulo J, apartado 22. “Aparamenta para el control de las capacidades”, página J/1013 del 3.er Volumen, y el capítulo E “La compensación de la energía reactiva”, página E/1 del 1.er Volumen, encontraremos las orientaciones para la corrección del desfase de la corriente y la tensión.
Independientemente de la red de alimentación del alumbrado en los locales de pública concurrencia, es adecuado que los puntos luz de una dependencia pasillo o escalera se alimenten de dos líneas diferentes, para que el desfallecimiento de una de ellas no provoque el fallo total del alumbrado.
En un centro hospitalario la norma UNE 20460-7-710 se puede resumir en el apartado:

> 710.55.1 Circuitos de alumbrado.
> En los locales de los grupos 1 y 2 las luminarias deben estar conectadas al menos a dos circuitos, de los que uno debe ser un circuito de seguridad.
> En las vías de evacuación una de cada dos luminarias debe estar conectada al servicio de seguridad.
> 710.56 Servicios de seguridad.
> Nota: En la práctica, los términos servicios de seguridad en locales médicos y servicios de emergencia son sinónimos.

Estos conceptos quedan cubiertos con un doble suministro, uno normal y otro de socorro. Pero en realidad en un doble suministro desde dos Cías. interconectadas en AT pueden tener un desfallecimiento común y un apagón general en el alumbrado y quedar solamente con un alumbrado de emergencia de señalización que puede no sea suficiente. Entonces nos quedamos con el espíritu de la normativa de asegurar como mínimo un tercio del alumbrado en las zonas de los grupos 1 y 2:

■ En el grupo 2, consideramos la necesidad de asegurar la totalidad del alumbrado a través de SAI con potencias para la totalidad de la instalación, por necesidades imperativas de la aplicación del uso de la medicina.
■ En el grupo 1, asegurar con un Suministro de Alimentación Ininterrumpida SAI un tercio del alumbrado es una medida adecuada y conveniente. Por tanto hemos instalado un SAI para alimentar un tercio del alumbrado de las dependencias.
El alumbrado de seguridad dispondrá de puntos luz con autoalimentación con una duración mínima de una hora,según UNE y de dos horas en quirófanos y UVI, según la ITC-BT-38-2-2.
Las alimentaciones de los equipos de seguridad del edificio, alarmas, pueden quedar alimentadas a través de esta fuente (SAI), o de otro circuito con la misma seguridad.

Ramal tomas de corriente

La mayoría de los equipos que se conectan provisionalmente no tiene potencia para poder desequilibrar el total de la calidad de suministro de la onda senoidal, normalmente son útiles de mantenimiento más que de uso de los utilizadores de los servicios hospitalarios.
En estas condiciones la mayoría de consumos serán pequeños motores que normalmente no están compensados y tienen un cos φ bajo.
En una red de tomas de corriente también conectaremos los equipos informáticos y de control administrativo. Estos equipos acostumbran a estar alimentados bajo fuentes individuales no lineales generadoras de armónicos del orden del 93%.
No hemos previsto un SAI general porque hoy en día existen unos SAI individualizados que dan resultados técnico-económicos óptimos.
En el capítulo K, apartados 4.4.5. “Instalación de un compensador activo de armónicos tipo shunt”, página K/301, 4.4.6. “El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt”, página K/304, y 4.4.9. “El compensador activo”, página K/312 del 4.º Volumen, encontraremos las orientaciones para poder eliminar los armónicos. Y en el capítulo J, apartado 22. “Aparamenta para el control de las capacidades”, página J/1013 del 3.er Volumen, y el capítulo E “La compensación de la energía reactiva”, página E/1 del 1.er Volumen, encontraremos las orientaciones para la corrección del desfase de la corriente y la tensión.

Ramal para las salas del grupo 0

En las dependencias del grupo 0 el alumbrado queda incluido en el alumbrado general.
Las cargas propias de las dependencias y las tomas de corriente quedan sujetas a la propia red de las dependencias. Las posibles cargas de esta red pueden ser distorsionantes tanto en la generación de armónicos como en el desfase de la onda de corriente con respecto a la de tensión. Por tanto, debemos corregir estas perturbaciones con un compensador activo de armónicos y una batería de compensador del factor de potencia.
En el capítulo K, apartados 4.4.5. “Instalación de un compensador activo de armónicos tipo shunt”, página K/301, 4.4.6. “El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt”, página K/304, y 4.4.9. “El compensador activo”, página K/312 del 4.º Volumen, encontraremos las orientaciones para poder eliminar los armónicos. Y en el capítulo J, apartado 22. “Aparamenta para el control de las capacidades”, página J/1013 del 3.er Volumen, y el capítulo E “La compensación de la energía reactiva”, página E/1 del 1.er Volumen, encontraremos las orientaciones para la corrección del desfase de la corriente y la tensión.

Ramal para las salas del grupo 1

En las dependencias del grupo 1 el alumbrado queda incluido en el alumbrado general.
Las cargas propias de las dependencias y las tomas de corriente quedan sujetas a la propia red de las dependencias. Las posibles cargas de esta red pueden ser distorsionantes tanto en la generación de armónicos como en el desfase de la onda de corriente con respecto a la de tensión. Por tanto, debemos corregir estas perturbaciones con un compensador activo de armónicos y una batería para compensar el factor de potencia.
Hoy en día y cada día más, la utilización de equipos de electromedicina es una práctica muy extendida casi en todas las prácticas médicas.
Es conveniente prever una línea de tomas de corriente en las dependencias del grupo 1 alimentada a través de una fuente de alimentación ininterrumpida on-line con placa de compensador de armónicos para obtener una onda puramente senoidal y sin perturbaciones. Para este fin instalaremos un SAI "on-line".
El esquema de salida del SAI puede ser perfectamente el TT.
Las tomas de corriente correspondientes a esta línea deben ser diferentes de las normales, pero deben poder albergar las clavijas estándares de la normativa.
En el capítulo K, apartados 4.4.5. "Instalación de un compensador activo de armónicos tipo shunt", página K/301, 4.4.6. "El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt", página K/304, y 4.4.9. "El compensador activo", página K/312 del 4.º Volumen, encontraremos las orientaciones para poder eliminar los armónicos. Y en el capítulo J, apartado 22. "Aparamenta para el control de las capacidades", página J/1013 del 3.er Volumen, y el capítulo E "La compensación de la energía reactiva", página E/1 del 1.er Volumen, encontraremos las orientaciones para la corrección del desfase de la corriente y la tensión.

Ramal para las salas del grupo 2

Trazamos dos circuitos, uno para los quirófanos y otro para las UVIs.
La alimentación general será igual para los dos circuitos, una compensación de los armónicos y del factor de potencia que pudieran necesitar los SAI.
En el capítulo K, apartados 4.4.5. "Instalación de un compensador activo de armónicos tipo shunt", página K/301, 4.4.6. "El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt", página K/304, y 4.4.9. "El compensador activo", página K/312 del 4.º Volumen, encontraremos las orientaciones para poder eliminar los armónicos. Y en el capítulo J, apartado 22. "Aparamenta para el control de las capacidades", página J/1013 del 3.er Volumen, y el capítulo E "La compensación de la energía reactiva", página E/1 del 1.er Volumen, encontraremos las orientaciones para la corrección del desfase de la corriente y la tensión.
Tres unidades de SAI "on-line" para trabajar en redundancia 2/3, cada una de ellas puede cubrir toda la potencia necesaria:
- Una alimentación para cada quirófano o UVI individualizada.
- Una alimentación para la sala de máquinas de cada grupo.
- Una compensación de cada circuito individualizado.

Estas salas del grupo 2 tienen especificaciones propias en función de sus propias necesidades derivadas de las actividades de uso médico que se practican en ellas.
Las salas, pasillos, escaleras... de acceso a ellas quedan sujetas a la clasificación general y no forman parte de instalaciones del grupo 2.
En realidad nos debemos plantear cuáles son las necesidades que debemos proporcionar para el buen uso de la medicina, desde un punto de vista de la energía eléctrica.

Es muy importante que sepamos determinar qué nivel necesitamos para este tipo de instalaciones. La energía eléctrica es un colaborador en la práctica de las actividades de uso médico y por tanto un colaborador en la vida humana.

¿Qué debemos evitar en el suministro de energía en el grupo 2?

La contaminación por:

Huecos de tensión

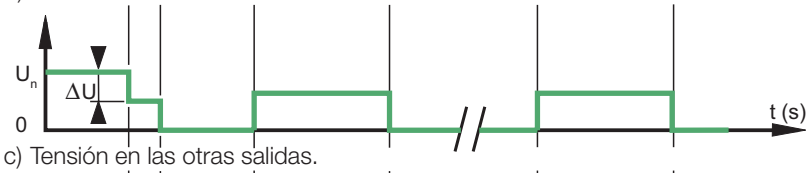
Los huecos de tensión provocados por:

■ Reenganches provocados por fallos a la red de AT o/y MT:

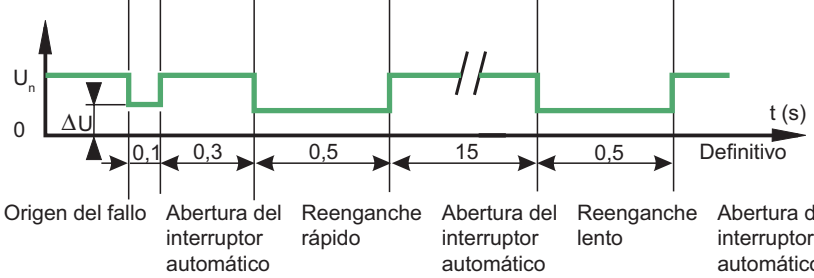
a) Corriente solicitada por la salida con defecto.



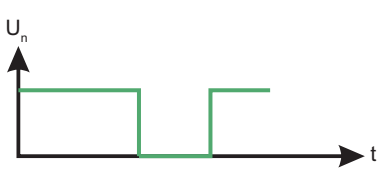
b) Tensión en la salida con defecto.



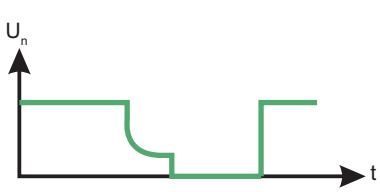
c) Tensión en las otras salidas.



■ Conmutación voluntaria de una fuente.



■ Conmutación de la fuente automáticamente, por defecto exterior, duración de 0 a 10 ms.



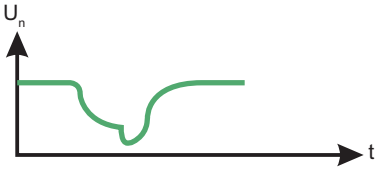
■ Cortocircuito externo, duración de 10 ms a más de 100 ms.



■ Conexión de una gran unidad de carga, la duración depende de la potencia de la red.



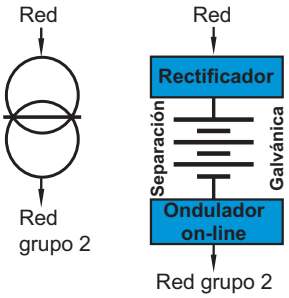
■ Cortes breves con grandes motores y reconexión inmediata.



Los huecos de tensión provocados en la propia red de suministro no los podemos evitar, pero sí podemos disponer de una red para el grupo 2, que no quede afectada por ellos, a través de un aislamiento galvánico.

■ Si utilizamos un transformador de aislamiento, los fallos de tensión en el primario quedarán reflejados en el secundario.

■ Si utilizamos un SAI con trabajo "on-line" habremos aislado galvánicamente la red de alimentación con la red del grupo 2.



Un SAI con trabajo "on-line" quiere decir que constantemente el rectificador está trabajando, transformando la corriente alterna en corriente continua y cargando así unas baterías de acumulación. Es cierto que en el momento que la red tenga un hueco de tensión el rectificador no cargará la batería, pero esta actúa como un almacén regulador.

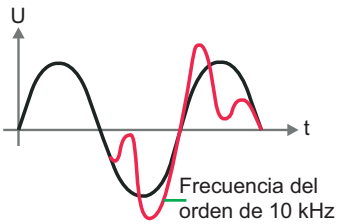
El ondulador, continuamente, se alimenta de la energía acumulada en las baterías (almacén regulador), para convertir la energía de corriente continua en corriente senoidal, por medio de la electrónica y la electrónica de potencia.

Los huecos de tensión de la red no tienen presencia en la red de salida del SAI, puesto que hemos conseguido una separación galvánica total.

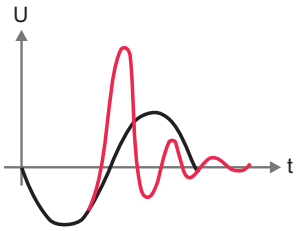
Sobretensiones

Las sobretensiones provocadas por maniobras en la red de MT, por ejemplo:

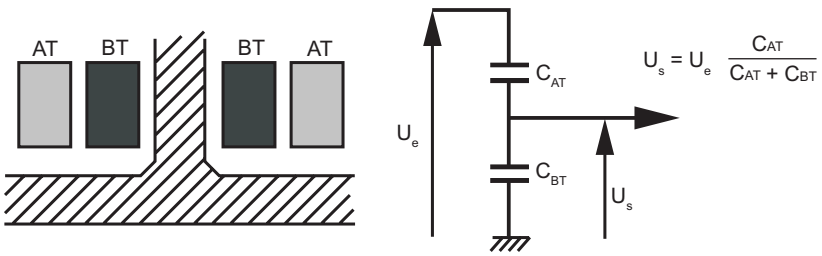
■ La conexión de baterías de condensadores sin self de bloqueo; el valor de cresta puede exceder 2 U_n.



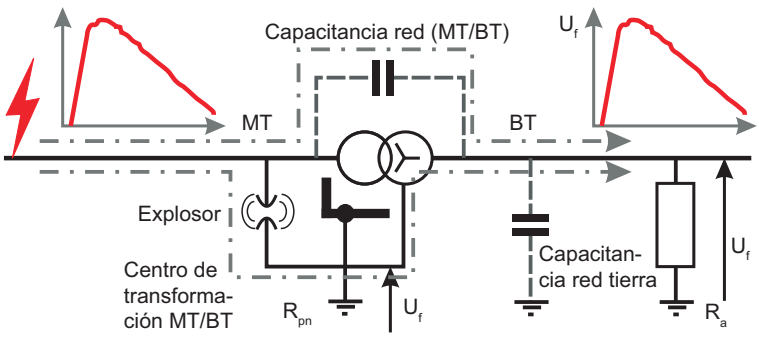
■ Desconexión de transformadores de MT/BT; el valor de cresta puede alcanzar 3 U_n.



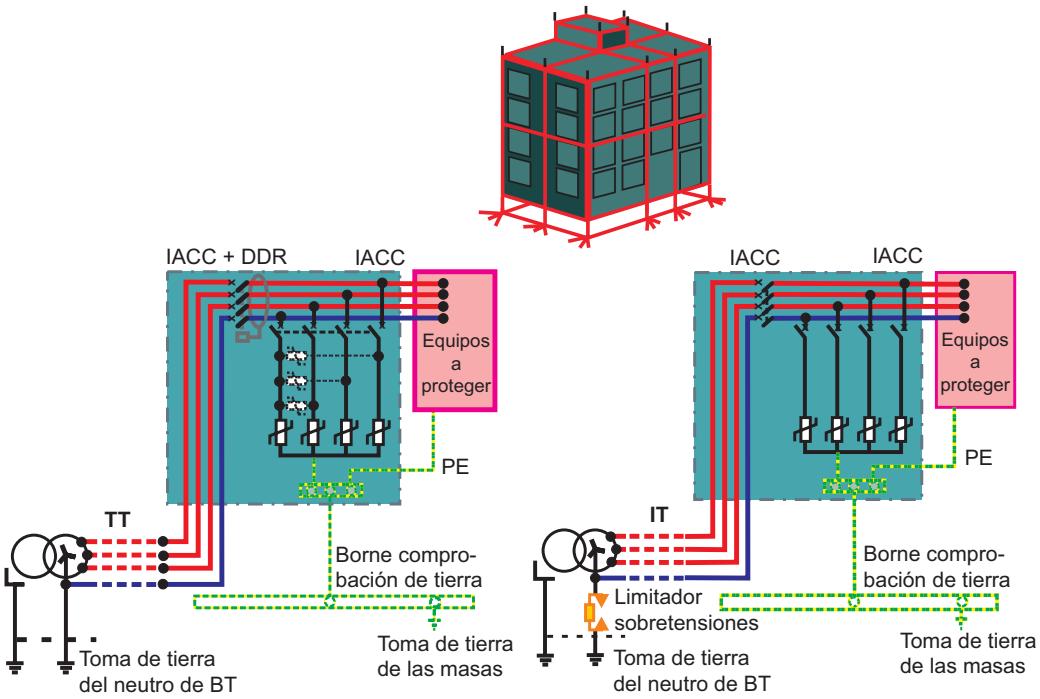
■ Transferencia magnética a través de los transformadores.
En un transformador de MT/BT, en vacío o poco cargado, las sobretensiones que llegan al primario se reproducen en el secundario, en función de la relación de transformación. La experencia nos permite considerar tensiones de 1,3 kV a 1,8 kV.
■ Transferencia capacitativa a través de los transformadores. Depende de la disposición de los debanados primario y secundario.
La transferencia capacitativa en función de las capacidades parásitas, la relación entre U_e y U_s está entre 0,1 y 0,04.



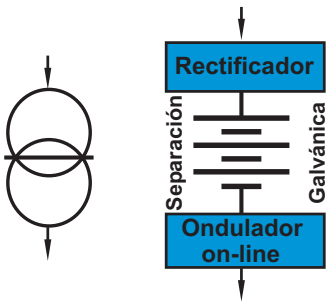
■ El rayo (transmisión de la onda del rayo hacia la BT).
Para la amortiguación de los efectos de las descargas atmosféricas disponemos de soluciones eficaces. Los pararrayos y los descargadores de sobretensiones, que podemos instalar a la largo de la red.
Pero el problema más importante y poco considerado es el siguiente: los pararrayos descargan la sobretensión a tierra, ésta se sitúa, temporalmente, a un potencial más elevado. Si la zona de tierra, afectada por este potencial más elevado, alcanza una puesta a tierra de baja tensión, ésta (y toda la red equipotencial conectada a ella) se sitúa a este potencial. Así podemos situar las masas de la red equipotencial a una tensión de contaminación, que puede llegar a ser peligrosa si las impedancias entre las puestas a tierra no lo evitan.



Todos estos fenómenos de sobretensiones afectan a la red de BT y por tanto a todas las cargas conectadas a ella.
La forma de solucionarlo es ir derivando estas sobretensiones a tierra, para poderlas reducir a valores asequibles a la bondad del aislamiento de la red.
En primer lugar debemos proteger el edificio para el uso médico de las descargas atmosféricas con una buena jaula de Faraday. Debemos procurar que las intensidades de los posibles rayos queden subdivididas en intensidades que no sean capaces de crear campos inductivos de suficiente intensidad para inducir sobretensiones a la red de BT. Que la conexión a tierra del pararrayos esté alejada de las demás puestas a tierra, para que no puedan transmitirles ninguna sobretensión. Colocar descargadores de sobretensiones en las cabeceras de las líneas de BT para poder descargar las sobretensiones que se puedan infiltrar en la red de BT.



Todas estas medidas son paliativas y necesarias, pero no garantizan que no se deriven sobretensiones a la línea de alimentación de las dependencias del grupo 2.

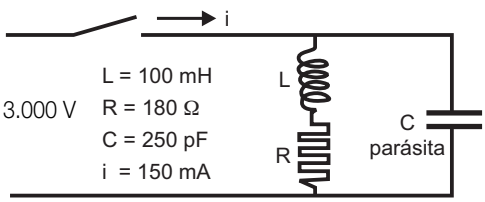


Pero podemos disponer de una red para el grupo 2 que no quede afectada por ellos a través de un aislamiento galvánico.
■ Si utilizamos un transformador de aislamiento, las sobretensiones en el primario quedarán reflejadas en el secundario.
■ Si utilizamos un SAI con trabajo “on-line” habremos aislado galvanicamente la red de alimentación con la red del grupo 2.

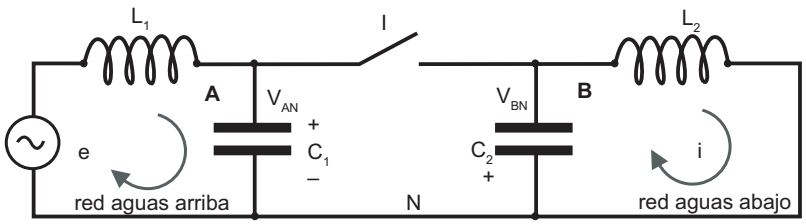
Un SAI con trabajo “on-line” quiere decir que constantemente el rectificador está trabajando, transformando la corriente alterna en corriente continua y cargando así unas baterías de acumulación. Es cierto que en el momento que la red tenga una sobretensión el rectificador lo acusará, pero el ondulador que continuamente se alimenta de la energía acumulada en las baterías (almacén regulador), para convertir la energía de corriente continua en corriente senoidal, por medio de la electrónica y la electrónica de potencia, continuará transformando la corriente continua de las baterías en corriente senoidal.
La sobretensión de la red no tiene presencia en la red de salida del SAI, puesto que hemos conseguido una separación galvánica total.
¿Qué sucede con las sobretensiones generadas en la propia red del grupo 2?
Las sobretensiones por maniobra en BT:

■ Las bobinas de los relés. Si los interruptores cortan bruscamente la corriente de alimentación de las bobinas, la energía electromagnética $1/2\ Li^2$ se convierte en energía capacitativa $1/2\ CV^2$, dando origen a una sobretensión.

$$V = i\sqrt{\frac{L}{C}} = 0{,}15\sqrt{\frac{10^{-1}}{0{,}25 \cdot 10^{-9}}} = 3.000\ V$$



■ La inducción de corrientes parásitas por el corte de una red poco cargada.
En las redes de BT, en vacío o poco cargadas, interrumpir una pequeña corriente inductiva no es fácil y es origen de la creación de parásitos; veamos el porqué razonando sobre el circuito monofásico adjunto.



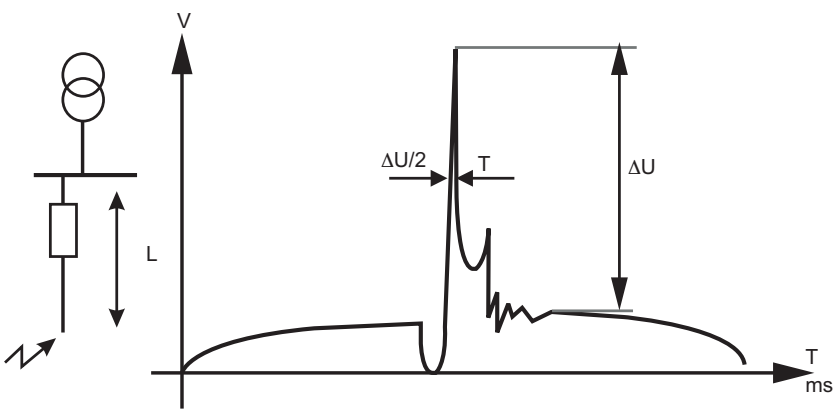
Cuando se abre I, la corriente sigue circulando por L_2 y se observa en los bornes de C_2 una tensión; $V_{BN} = i\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}\ \text{sin}\ \omega_1 t$, lo mismo sucede en lo que se refiere a la red aguas arriba del interruptor, en la que se observa en los bornes de C_1 una tensión $V_{AN} = e + i\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}\ \text{sin}\ \omega_1 t$.
En este instante de la apertura, las tensiones V_{BN} y V_{AN} están en oposición y la tensión V_{AB} alcanza rápidamente un valor suficientemente importante como para haber reencendido del arco, o haberlo cebado en el aparato de corte I.
La corriente débil, la separación de los contactos y la pulsación entre las dos tensiones V_{BN} y V_{AN}, son los elementos que hacen que el arco se apague..., las tensiones vuelven a subir y el fenómeno se reproduce...
Se pueden tener así varios ciclos de cebado hasta que la energía disipada por el arco y la separación de los contactos, que van en aumento, detiene el fenómeno.
El resultado es la aparición de trenes de ondas de tensión y frecuencias elevadas $\left(\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right)$, verdaderos generadores de parásitos.

Este fenómeno no es muy raro (circuitos en vacío con autoinducción o transformadores, aparatos de corte con apertura lenta); lo mismo se observa en el corte de corrientes de cortocircuito cuando la corriente se reduce, al final de la ruptura, suficientemente para ser "arrancada" (cortada de cuajo).
Esto en la mayoría de los circuitos de BT no suele tener un valor considerable, puesto que los circuitos son pequeños y los valores de L_1, L_2, C_1 y C_2 son muy pequeños.

■ Las sobretensiones por el corte de una corriente de cortocircuito.
Cortar una corriente de cortocircuito no puede hacerse sin riesgo de un cierto nivel de sobretensiones.
Es conveniente actuar a gran velocidad, antes de que la corriente alcance la intensidad de cortocircuito prevista, e "intercalar" en el circuito una tensión de arco, no siempre fácil de dominar, en función de las características del circuito. Esta tensión de arco puede constituir una sobretensión que alcance centenares de voltios para los interruptores automáticos y varios kV para las protecciones con fusibles.
Ejemplo de dos productos ensayados en el mismo circuito de pruebas:

	Int. aut. C32L	Fusible gl 20 A
Icc presunta	11 kA	4 kA
Cos φ	0,25	0,3
U	380 V + 10%	380 V + 10%
Sobretensión U + ΔU	400 a 650 V	2.100 a 2.650 V

Cuanto más cerca de los bornes aguas abajo del aparato de corte se produce el cortocircuito, mayor es la sobretensión y más corta la duración.



$$L = 0\ \frac{\Delta U + \hat{U}}{\hat{U}} = \frac{1.700 + 220\ \sqrt{2}}{220\ \sqrt{2}} = 6{,}40 \text{ y } T = 50\ \mu s.$$

$$L = 20\ m\ \frac{\Delta U + \hat{U}}{\hat{U}} = 2 \text{ y } T = 200\ \mu s.$$

Cuanto mayor es el calibre del fusible de una salida, en relación a la potencia del "juego de barras", menor es la sobretensión, pero más larga la duración.
Si las sobretensiones generadas por ciertos aparatos de protección en los cortocircuitos son peligrosas, por ser fuertes y energéticas, las sobretensiones genera-

das por los relés, contactores y bobinas de disipadores a emisión de corriente son, a menudo, fuentes de disgustos pues la ruptura de una carga muy inductiva se efectúa mal con la apertura de un simple contacto (mejor dos).
Las sobretensiones observadas pueden alcanzar cerca de 10 kV en un circuito de 230 V.
El constructor debería desparasitar estos auxiliares de mando.
Independientemente de la desparasitación de los auxiliares de mando, la solución para estas sobretensiones parásitas en el circuito del grupo 2 pasa por:
- Realizar circuitos cortos.
- Utilizar interruptores automáticos limitadores.
- Instalar descargadores de sobretensiones en los puntos estratégicos del circuito (debemos analizar dónde se pueden producir las sobretensiones parásitas, y lo más cerca posible de ellas instalar los descargadores de sobretensión).

La ferrorresonancia

Es un fenómeno esencialmente observado en AT, pero en circuitos electrónicos tambien se da (ver apartado “Ferrorresonancia”, página K4/249 del 4.º Volumen).

Perturbaciones de la onda senoidal

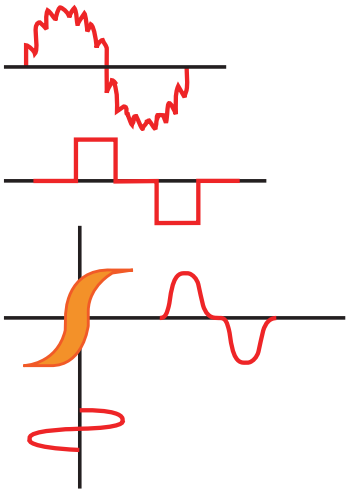
Las tensiones (ondas) observadas en las redes no son nunca perfectamente sinusoidales, porque:
- Los generadores (alternadores) son más o menos perfectos.
- Los transformadores no son perfectos.
- Los receptores generan o absorben armónicos.
- Las redes se utilizan como soporte de determinadas señales (corrientes portadoras).

Generadores

Sólo los aparatos de bajo precio, generalmente de pequeña potencia, generan armónicos.

Transformadores

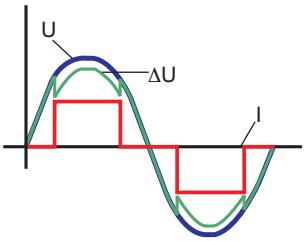
Cuando están calculados muy ajustados empiezan a saturarse en cuanto la tensión excede del valor nominal.



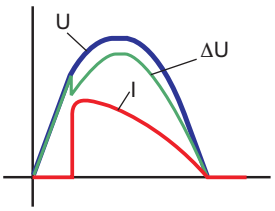
Receptores

- Los condensadores: son los limpiadores de las redes; absorben tanto mejor los armónicos cuanto mayor es su frecuencia. La corriente absorbida por los condensadores es pues una reproducción de la tensión de la red en la que están colocados.

■ Los tubos fluorescentes: aún montándolos sobre fases diferentes y compensados absorben corrientes no sinusoidales especialmente cargadas de armónicos.
■ Los rectificadores con mando de fase: en la gran mayoría de casos alimentan un circuito inductivo y absorben sucesivamente sobre cada fase una corriente rectangular que, si su potencia es importante, deforma por caída de tensión la senoide de la red.



Lo mismo se tiene con los reguladores continuos para calefacción.



En cuanto a los variadores de velocidad con recuperación de energía de frenado, inyectan en la red, en su funcionamiento como onduladores, impulsos de corriente.
■ Las alimentaciones conmutadas (switching) son también polucionantes, pues absorben una corriente rectangular de frecuencia comprendida entre 10 y 30 kHz.
■ Los hornos industriales son auténticos polucionantes de las redes:
□ Los hornos de arco producen un verdadero ruido eléctrico que contiene todas las frecuencias, con una amplitud que decrece con la frecuencia.
□ Los hornos de inducción son generadores de parásitos de banda estrecha, centrada sobre algunas decenas de kHz.
□ Los hornos VHF (microondas de 13,5 o 27,1 MHz) inducen corrientes de HF en la red.

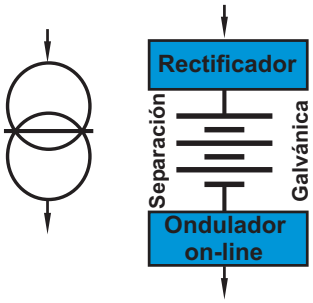
Corrientes portadoras

Se trata de señales adicionales voluntariamente inyectadas en la red por el distribuidor de energía eléctrica, por ejemplo para el cambio de tarifa Día/Noche (Pulsadix: 175 Hz).
Se pueden oír estas señales al pasar con el coche por debajo de una línea de AT, a través de la radio.
Su frecuencia varía según los países, se encuentran valores de 110 Hz - 175 Hz - 183 Hz - 217 Hz - 283 Hz - 317 Hz - 600 Hz - 1.050 Hz - 1.350 Hz.
Las señales están constituidas por trenes de impulsos de la frecuencia elegida inyectadas según un determinado código.
La tensión correspondiente a estas señales es del orden de los 10 V. Hay otras señales que vienen a perturbar la red en la zona del abonado de BT:
■ Emisión de los interfonos (algunas decenas de kHz).
■ Órdenes de telemandos (50 a 150 kHz).

Efectos de las perturbaciones

Toda señal alterna, cualquiera que sea su forma de onda, puede considerarse como la suma de señales alternas senoidales de frecuencias iguales a las de la señal fundamental y los múltiplos de esta señal, los armónicos (descomposición de una señal en series de Fourier).

Los armónicos y las frecuencias particulares inyectadas en la red producen efectos nefastos, incluso peligrosos.
No podemos evitar todos los parásitos propios de las redes, pero sí podemos disponer de una red para el grupo 2, que no quede afectada por ellos, a través de un aislamiento galvánico:
■ Si utilizamos un transformador de aislamiento, los parásitos de tensión en el primario quedarán reflejados más o menos en el secundario.
■ Si utilizamos un SAI con trabajo "on-line" habremos aislado galvánicamente la red de alimentación con la red del grupo 2.

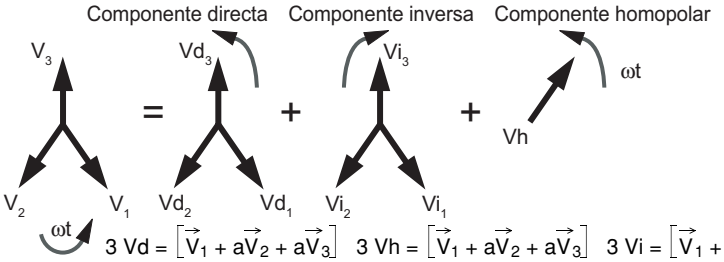


Un SAI con trabajo "on-line" quiere decir que constantemente el rectificador está trabajando, transformando la corriente alterna en corriente continua y cargando así unas baterías de acumulación. Es cierto que una red con parásitos perturba el rectificador, y tendremos que protegerlo con un compensador activo que como mínimo elimine los parásitos múltiplos de la frecuencia.
El ondulador, continuamente, se alimenta de la energía acumulada en las baterías (almacén regulador), para convertir la energía de corriente continua en corriente senoidal, por medio de la electrónica y la electrónica de potencia.
Las perturbaciones de la onda de tensión de la red no tienen presencia en la energía de forma continua y por tanto en la red de salida del SAI, puesto que hemos conseguido una separación galvánica total.

L
6.4

Perturbaciones propias de los sistemas polifásicos

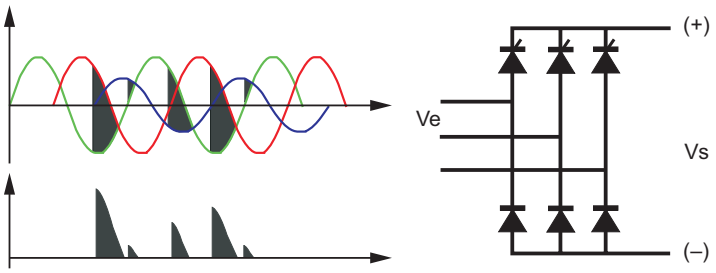
Desequilibrio de corriente y de tensión



$3\,Vd = [\vec{V}_1 + a\vec{V}_2 + a\vec{V}_3]$ $3\,Vh = [\vec{V}_1 + a\vec{V}_2 + a\vec{V}_3]$ $3\,Vi = [\vec{V}_1 + a\vec{V}_2 + a\vec{V}_3]$

Desequilibrio de fases

(puentes rectificadores semicontrolados)



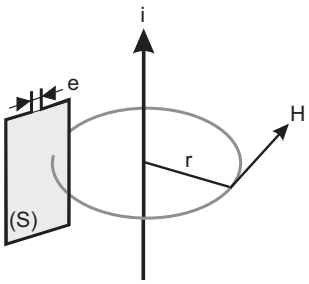
Además de los efectos de las componentes asimétricas en los motores, el desequilibrio de las tensiones trifásicas produce un defasaje diferente de 120º entre las fases, lo que perturba el funcionamiento de los dispositivos con mando de fase por tiristores ya perturbados por el desequilibrio de la tensión.
Hay que observar también que, en los armónicos que modifican el paso por cero, las tensiones pueden perturbar la sincronización del encendido de los tiristores y que los desequilibrios de corriente limitan la utilización del montaje Nicholson, para la detección de las corriente homopolares reales (fugas a tierra).

Perturbaciones electromagnéticas

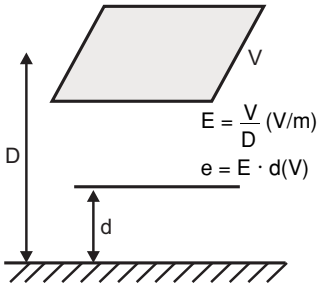
Campos y radiaciones

Las perturbaciones de las redes de BT son esencialmente del tipo de conducción, es decir, transmitidas por los conductores, los transformadores, las capacidades parásitas.
El electricista sabe que un equipo situado en las proximidades de una corriente importante de 50 Hz va a recibir, por acoplamiento inductivo, todos los circuitos situados dentro del campo magnético una fuerza electromotriz parásita:

$$\vec{H} = \frac{i}{2\pi r}\ (A/m); \qquad \Phi_{(s)} = \int\int_{(s)} \mu \cdot H \cdot n \cdot ds\ (Weber)\ ; \qquad e = -\frac{d\Phi}{dt}\ (Voltios).$$



Sabemos también que un equipo situado en las proximidades de un potencial elevado va a recibir en todos los conductores situados en el campo eléctrico una inducción parásita.

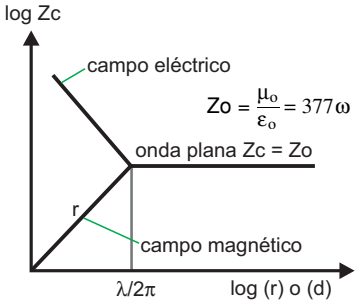


Se dice que una corriente importante "radia" un campo magnético de baja impedancia y que una tensión importante "radia" un campo eléctrico de alta impedancia; un efecto que se expresa por la razón: $Zc = \frac{E}{H}$.

De hecho, todo campo electromagnético está caracterizado por la presencia simultánea de campos, eléctricos y magnéticos, ligados por el llamado vector de Poingting:

$$\vec{\Im}\ w/m^2 = \vec{E}_{w/m} \wedge \vec{H}_{A/m}.$$

La impedancia Zc está en función de la distancia y de la frecuencia; ejemplo para un dipolo:



Si para los 50 Hz se puede hablar de campos E o H, en alta y baja impedancia, es porque: $\frac{\lambda}{2\pi} = \frac{C}{2\pi f} = 1.000$ km.

Alrededor de un conductor recorrido por una corriente importante el campo energético decrece con 1/r hasta $\lambda/2\pi$.

Alrededor de una antena (alta impedancia) es el campo E el que decrece con $1/r^3$.

Cuando la distancia excede de $\lambda/2\pi$, los dos campos disminuyen con 1/r y la impedancia es constante, siendo, en el aire, igual a 377 Ω.

Cuando la frecuencia de emisión de la señal parásita es, por ejemplo, la debida a la fusión de un fusible (ver IEC 60801-4), el frente de subida de la onda es de 5 ms y la frecuencia equivalente de 10^8 Hz.

La distancia de transición es $\frac{\lambda}{2\pi} = \frac{C}{2\pi f} = 5$ cm, más allá, los campos E y H decrece con 1/r; se dice que se está en "onda plana".

Existe una gran diversidad de fuentes de perturbaciones radiantes, que se agrupan, generalmente, en dos grandes familias:

■ De espectro estrecho: emisiones de radio, radares, hornos de inducción, microondas.

■ De espectro ancho: rayos, descargas electrostáticas, aparatos de corte, motores con colector de delgas, soldadores, hornos de arco, etc.

Hay que indicar que algunas fuentes, tales como los conmutadores estáticos o el rayo, son generadores de parásitos, conducidos y radiados.

Son los circuitos electrónicos las principales víctimas de las perturbaciones electromagnéticas, por el hecho de que tratan señales de tensión muy reducidas y que consumen cada vez menos (se trata de grandes impedancias).

Los montajes más sensibles son:

■ Los amplificadores BF (paso bajo).

■ Los circuitos de entrada (integradores).

■ Los circuitos lógicos (digitales).

Los parásitos llegan a la "víctima" esencialmente por el cableado que entra y que sale de la caja de bornes (y esto por acoplamiento a modo común-modo diferencial-impedancia común-diafonía). Además, el trazado de los circuitos impresos y sus componentes pueden y deben estar diseñados para obtener una susceptibilidad electromagnética mínima. En un entorno de BT es conveniente, al menos, realizar unos ensayos de susceptibilidad:

■ A los campos magnéticos fuertes: por ejemplo, una corriente de 50 kA que pasa a 10 cm de un relé.

■ A los aparatos de corte que pueden encontrarse en las proximidades inmediatas.

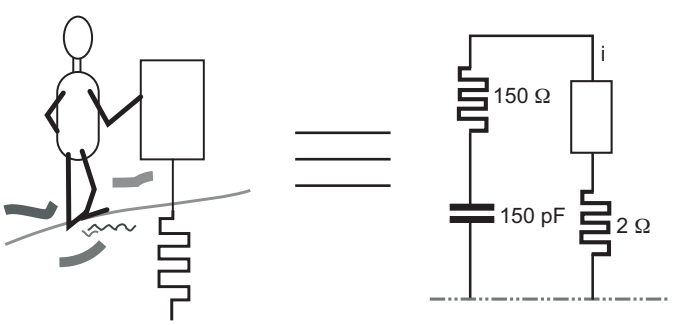
■ A los emisores de radiodifusión y radioteléfonos (el diseñador, cuando un circuito impreso está previsto para realizar varias funciones, deberá vigilar que ninguna pista no utilizada pueda constituir una antena).

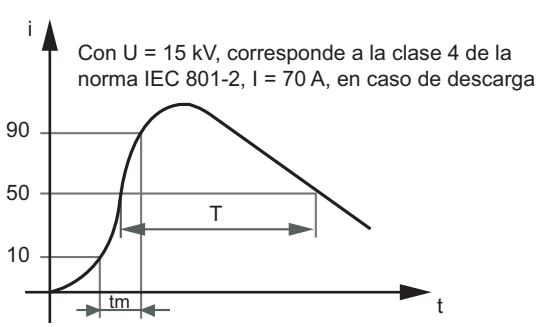
El material deberá ser ensayado para esto según la norma IEC 801-3; es decir, situar en un campo eléctrico de 10 V/m, por ejemplo, si se escoje la clase 3, con una frecuencia variable de 25 a 500 MHz.

En lo que se refiere a las soluciones que conducen a la inmunidad deseada, el constructor de la aparamenta eléctrica deberá tener (o consultar) un especialista de la compatibilidad electromagnética aplicada. Para más detalles ver el Cuaderno Técnico MG n.º 120 que tiene el interés de dar algunos consejos muy prácticos.
Hemos expuesto las medidas más adecuadas para los equipos de uso médico que se pueden situar en estas instalaciones. Estos requisitos ya quedan reflejados en las normas de construcción de los equipos de uso médico, pero un recordatorio nunca está de más.
Para poder eliminar la influencia de los campos inductivos fuertes a las instalaciones de las salas del grupo 2 ya hemos expuesto las soluciones:
■ Para la inducción de los rayos: una jaula de Faraday con varias derivaciones a tierra, para que no tengamos conductores con intensidades elevadas.
■ La utilización de interruptores automáticos limitadores.
■ La utilización de SAI.
La potencia de cortocircuito de un SAI es del orden de dos a tres veces la intensidad nominal, no son intensidades capaces de crear campos interferentes.
Si utilizamos transformadores de aislamiento la intensidad de cortocircuito del primario queda reflejada en el secundario, en función de la Icc del primario puede ser una intensidad a tener en cuenta en la creación de los campos inductivos.

Descargas electrostáticas

No se trata de una “agresión” para la red sino para la aparamenta electrónica que utiliza cada vez más componentes de bajo nivel, pequeño consumo, alta impedancia. Esta aparamenta tiene siempre una parte accesible, como indicadores, potenciómetros, etc.
Una persona, según el tipo de suelo, humedad del aire, tipo de calzado, puede “cargarse electrostáticamente” a un potencial de 15 kV, y la corriente de descarga puede alcanzar varias decenas de amperios.
Es necesario ensayar e inmunizar la aparamenta electrónica contra este inconveniente.
Sin duda ninguna, debemos tomar precauciones muy importantes en el montaje de los componentes y la manipulación de las tarjetas electrónicas.
De este problema trata la norma IEC 801-2.
Diseño “electrostático” del hombre (de la indumentaria):





L
6.4

Para evitar las cargas electroestáticas dispondremos:
- Un suelo mallado con puesta a tierra.
- Los muebles metálicos fijos puestos a tierra.
- Bornes para la conexión de tomas de tierra con pinzas para los muebles móbiles.

Las perturbaciones por fluctuación (flicker). Descripción de las fluctuaciones de tensión originarias del fenómeno flicker

Las variaciones de tensión periódicas y rápidas

Las variaciones periódicas o intermitentes dentro de una banda de 0,5 Hz a 25 Hz. Son conducidas a las cargas, las cuales sufren una fluctuación en su potencia.

Las variaciones de tensión a golpes

Consideramos bajo este concepto las fluctuaciones sistemáticas o ocasionales, con intervalos entre una secuencia y la siguiente de unos segundos.
Acostumbran a ser consecuencia de la puesta en servicio de cargas muy importantes en función de la carga de la red (arranque de grandes motores, conexión de baterías de condensadores...).

Otros orígenes de los flicker

Una fluctuación del flujo luminoso puede ser causa de una mala calidad de la energía:
- Los tubos fluorescentes con balasto (reactancia) ferromagnética tradicional, en el momento del parpadeo de su fin de vida, pueden ocasionar un flicker, puesto que están asociados a una degradación fluctuante. En efecto la ionización del gas es incierta puesto que el control de la fase amputa parte de la senoide.
- Los tubos fluorescentes con balasto electrónico son generalmente insensibles a las variaciones de tensión de alimentación. Existen balastos preparados para la regulación de la fase. En estos casos se puede apreciar un parpadeo a causa de los armónicos o de las corrientes portadoras para el control de la fase.

Flicker provocado por los infraharmónicos y los interharmónicos

Está demostrado y contrastado que en ciertas condiciones, la presencia de interharmónicos en la tensión de alimentación es también una fuente de flicker. En particular, las lámparas de incandescencia son sensibles a la banda de frecuencias comprendida entre 20 y 80 Hz, mientras que los tubos fluorescentes lo son por bandas superiores a 100 Hz.
Las lámparas con balastos inductivos son más sensibles a los flickers que las de balasto capacitativo.
En realidad las posibles perturbaciones por flicker vendrán del exterior de las zonas del grupo 2. Si utilizamos alimentaciones ininterrumpidas tipo SAI “on-line” generamos una separación galvánica con el exterior.
Los armónicos generados por las fuentes no lineales de los equipos electrónicos de uso medico, incorporados en las salas del grupo 2, son de poca potencia pero situaremos un compensador activo para reducirlos a valores despreciables.

Los armónicos

Origen y transmisión

Cargas lineales y no lineales

Se dice que una carga es lineal cuando hay una relación lineal (ecuación diferencial lineal con coeficiente constante) entre la corriente y la tensión o, dicho de otra forma más simple, una carga lineal absorbe una corriente senoidal cuando se alimenta con una tensión senoidal, pudiendo estar la corriente defasada un ángulo φ respecto a la tensión.

Cuando esta relación lineal no se cumple se habla de carga no lineal.
Esta absorbe una corriente no senoidal, por tanto corrientes armónicas, a pesar de estar alimentada por una tensión senoidal.

Distorsión de la tensión y distorsión de la corriente

Un receptor no lineal provoca caídas de tensión armónicas en los circuitos que alimentan. Hay que tenerlo presente para todas las impedancias aguas arriba hasta llegar a la fuente de tensión senoidal.
Por tanto, un receptor que absorbe corrientes armónicas tiene siempre una tensión no senoidal en sus bornes. La tasa global de distorsión armónica en tensión es la magnitud que caracteriza este fenómeno:

$$THD\ (\%) = 100\ \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{n=\infty} (Z_n \cdot I_n)^2}}{U_1}.$$

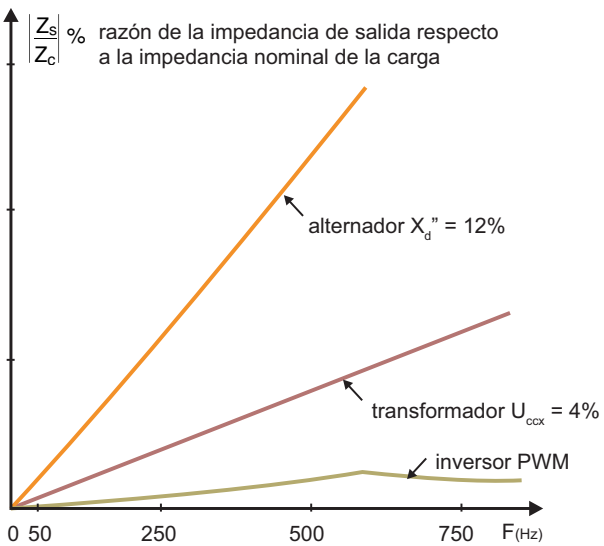
Donde:

- Zn = la impedancia total de la fuente a la frecuencia del armónico n.
- In = valor eficaz del armónico n.

La deformación de la tensión es mayor cuando la carga es “deformante” y absorbe corrientes armónicas de orden elevado (impedancia de la fuente inductiva $2\pi \cdot f_1 \cdot n \cdot L$).

Recordemos que la tasa global de distorsión de la corriente es: $100\ \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{n=\infty} (I_n)^2}}{I_1}$.

Para jerarquizar el comportamiento de los principales tipos de fuentes, la figura adjunta muestra la variación de sus impedancias en función de la frecuencia.



Efectos de los aparatos y sistemas de baja intensidad

La distorsión armónica puede provocar:

- El mal funcionamiento de ciertos aparatos, que utilizan la tensión como referencia para el control de los semiconductores, o como base de tiempos para la sincronización de ciertos equipos.
- Perturbaciones al crearse campos electromagnéticos. Así cuando los conductores de “baja intensidad” o de “transmisión de datos” están muy próximos a

cables de gran potencia, recorridos por corrientes armónicas, pueden, por inducción, ser receptores de corrientes que pueden provocar fallos en el funcionamiento de los elementos conectados a ellos.

■ Por último la circulación de corrientes armónicas por el neutro provocan una caída de tensión en el conductor; así, si el sistema de puesta a tierra del neutro es el TN-C, las masas de los diversos equipos no quedan a la misma tensión, lo que por su propia naturaleza provoca perturbaciones en los intercambios de información entre receptores "inteligentes", y provoca la circulación de corrientes por las estructuras metálicas de los edificios y, por tanto, creación de campos electromagnéticos perturbadores.

El esquema TN-C de conexión a tierra en el grupo hospitalario 2 no está autorizado ni por la IEC-UNE ni por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Consideraciones sobre las instalaciones eléctricas en el grupo hospitalario 2

■ Debemos evitar la continuidad de las posibles perturbaciones a la onda senoidal que puedan circular por la red general.

■ Debemos minimizar las posibles perturbaciones a la onda senoidal que puedan generarse en el circuito para las salas del grupo hospitalario 2.

¿Cómo generar una separación galvánica eficiente?

Alimentando la red a través de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida SAI "on-line".

La IEC, la UNE y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión consideran la utilización de un transformador de aislamiento según la IEC 60742. Hoy en día se dispone de SAI con mayores prestaciones que los transformadores de aislamiento, tal como se ha expuesto, y asequibles económicamente, por tanto se propone su utilización.

¿Cómo minimizar los efectos de los rayos?

■ Instalando un jaula de Faraday.

■ Instalando descargadores de sobretensiones para las posibles inducciones de tensiones.

¿Cómo minimizar las posibles perturbaciones internas?

■ Instalando un compensador activo para anular los armónicos

■ Instalando una batería de condensadores para compensar el factor de potencia.

■ Instalado un descargador de sobretensiones para descargar las que se puedan inducir.

■ Instalando un suelo mallado y conectado a tierra para derivar las posibles cargas electroestáticas.

¿Cómo garantizar el suministro?

■ Para todo el ámbito hospitalario, utilizando más de una fuente; y para las salas del grupo 2, una fuente adicional SAI con una redundancia 2/3.

■ Para todo el ámbito hospitalario, utilizando el esquema de conexión a tierra TT con corte automático de la alimentación; para la protección contra los choques eléctricos, a través de DDR.

■ Para las salas del grupo 2, utilizando el esquema de conexión a tierra IT con corte automático de la alimentación; para la protección contra los choques eléctricos, a través de IACC o DDR.

■ Controlando el aislamiento de la red de esquema IT:
□ La resistencia interna en CA debe ser de por lo menos 100 kΩ.
□ La tensión de ensayo no será superior a 25 V CC.
□ La corriente de ensayo no será superior a 1 mA, incluso en condiciones de defecto.
□ La indicación (alarma) tendrá lugar, a lo más tardar, cuando la resistencia de aislamiento disminuya hasta 50 kΩ.
□ La indicación (alarma) debe activarse si está interrumpida la tierra o el cable de conexión.
■ El funcionamiento de la red deberá ser indicado en una zona visible con:
□ Una lámpara de señalización de color verde para indicar el funcionamiento correcto.
□ Una lámpara de señalización amarilla que se encienda cuando se alcance el valor mínimo fijado para la resistencia de aislamiento.
□ Una alarma acústica que emita una señal cuando alcance el valor mínimo fijado para la resistencia de aislamiento.

Nota: La señal acústica podrá ser desconectada una vez percibida, la señal visual se podrá anular suprimiendo la causa del defecto.

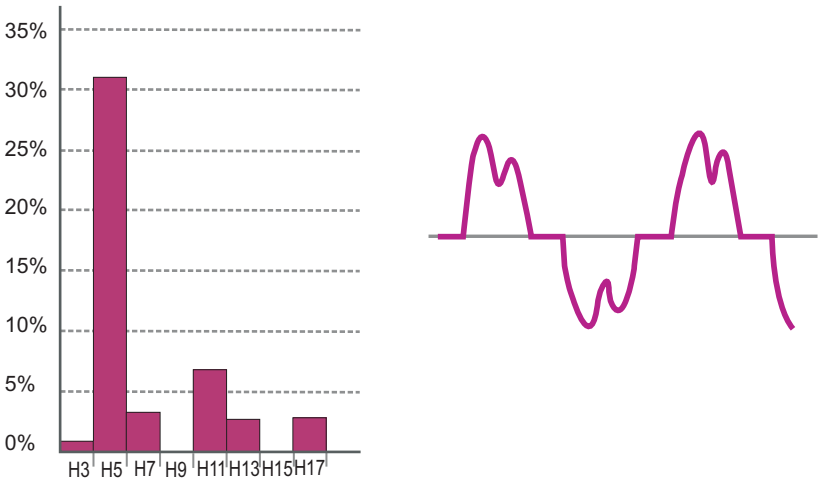
■ La atmósfera de las salas del grupo 2 deberá incluir:
□ Equipos de ventilación suficientes para poder eliminar el riesgo de atmósferas explosivas producidas por la contaminación con anestésicos.
□ Deberán mantener equipos que mantengan una presión interna en las salas del grupo 2 superior a la de su entorno.
□ No deberán aplicarse desinfectantes sobre grandes superficies.

¿Cómo debe ser el SAI?

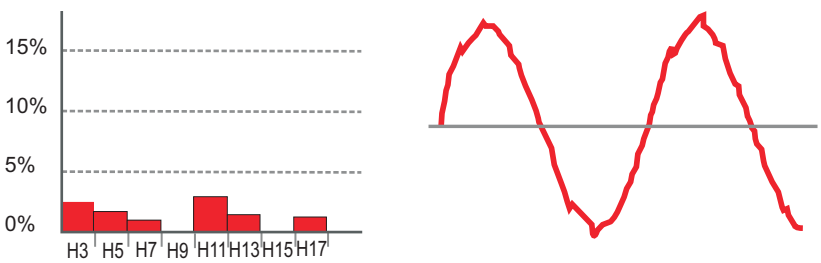
Schneider Electric ofrece los SAI con las últimas tecnologías incorporadas en la calidad de la onda senoidal.
El nuevo concepto THM desarrollado por Galaxy PW propone un conjunto de soluciones técnicas para el tratamiento global de los armónicos aguas arriba y aguas abajo del SAI:
■ Aguas arriba, Galaxy PW puede incorporar un filtro que reduzca las perturbaciones armónicas a una tasa de distorsión < 5%.
Si se precisa una reducción máxima, es suficiente con la instalación de un compensador activo aguas arriba del Galaxy PW.
■ Aguas a bajo, con un 100% de cargas no lineales, Galaxy PW ofrece una tasa de distorsión < 3%, incluso con cargas no lineales muy deformantes con un factor de cresta de 3:1. Su rendimiento no varía con este tipo de cargas.
Galaxy PW no suministra únicamente una energía de calidad, sino que además no provoca ninguna perturbación eléctrica en la red aguas arriba.
La fiabilidad del Galaxy PW, en la seguridad de sus aplicaciones, está garantizada por la utilización de un esquema eléctrico probado.
La fiabilidad ha sido reforzada con la adopción combinada de tecnologías IGBT y bus-bar, que permiten una reducción drástica de tarjetas electrónicas y conexiones.
La seguridad de las personas queda aumentada con la incorporación de la protección ‘’backfeed”. Galaxy PW protege al usuario de cualquier retorno de tensión. Un alto rendimiento, optimizado por la función ECO inteligente. Galaxy PW ofrece un rendimiento elevado de hasta el 93%. Además se puede optar por la función ECO inteligente que le permite explotar todas las oportunidades de ahorro de energía sin alterar el nivel de seguridad requerido por sus aplicaciones.

La función ECO inteligente permite la alimentación de sus aplicaciones por medio de un by-pass estático, sin paso a treavés del ondulador y obtener así un rendimiento del 97%. El ahorro de energía obtenido puede representar, en un año, el 5% del precio del ondulador. En caso necesario, Galaxy PW vuelve al funcionamiento “on-line”.

Un SAI con filtro estándar proporciona una onda senoidal



Un SAI con filtro LC proporciona una onda senoidal



Un SAI con compensador activo

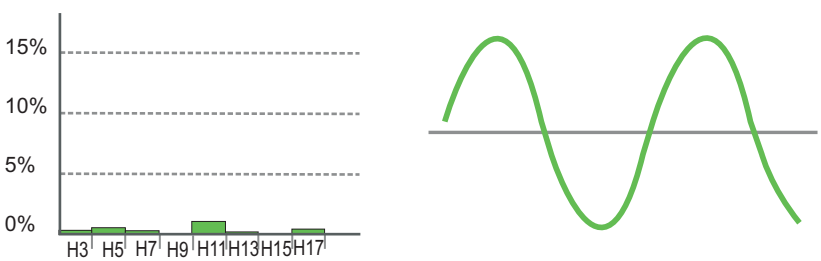


Fig. L6.4-559: *calidad de la onda senoidal a la salida de un SAI en función del tipo de filtraje.*

La zona de quirófanos del grupo 2

Hemos realizado una posible distribución con tres salas de quirófanos con sus correspondientes salas de antequirófano, salas de lavado, sala de residuos y una sala de máquinas y de servicios eléctricos para los tres quirófanos. No representa ninguna solución específica para los servicios médicos, pero sí es una orientación para el dimensionado de la red eléctrica (Fig. L6.4-561, página L/1581).

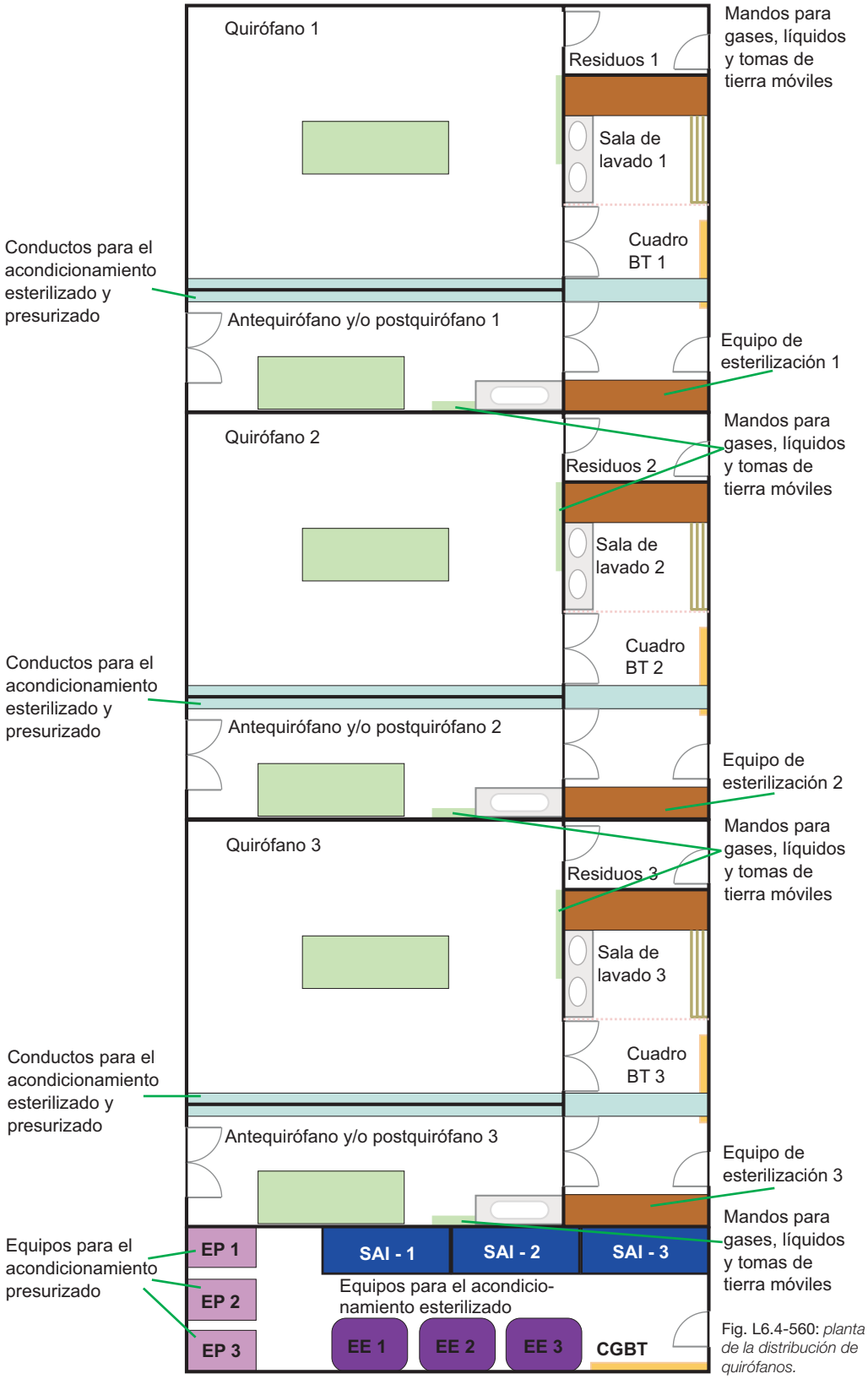


Fig. L6.4-560: *planta de la distribución de quirófanos.*

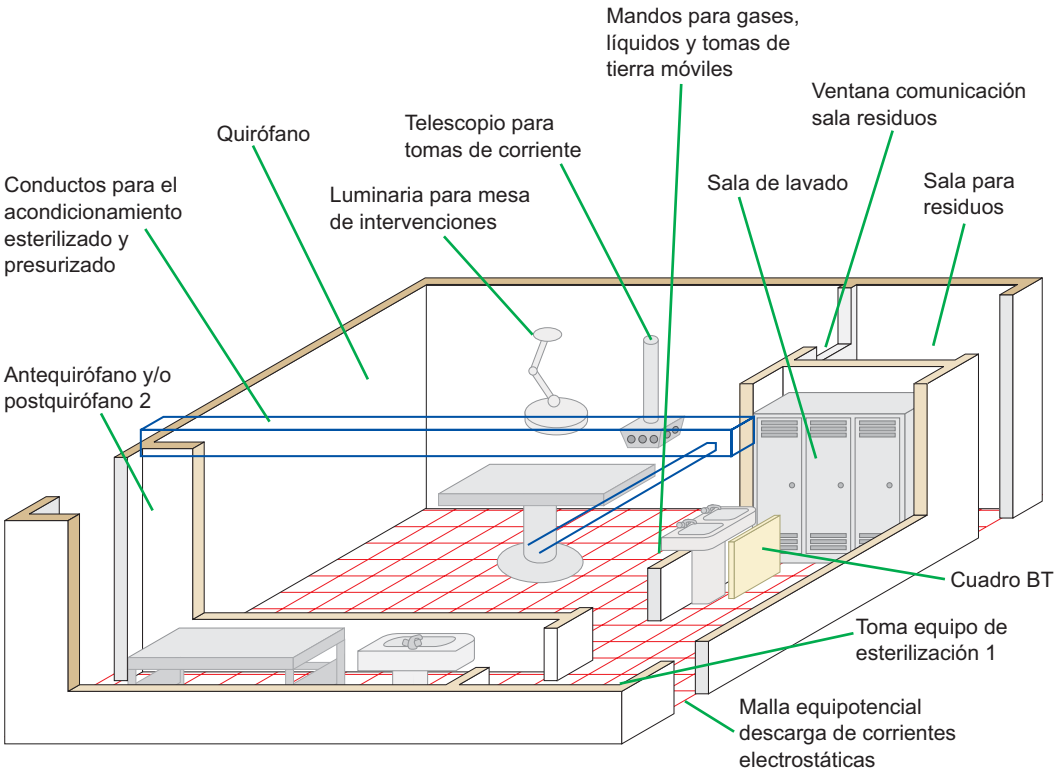


Fig. L6.4-561: *perspectiva de un quirófano y dependencias adyacentes.*

La red eléctrica de potencia del grupo 2 quirófanos

Se suministra de la red de régimen TT, de la zona hospitalaria Fig. L6.4-556, página L/1555, en ella está garantizado el suministro por más de una fuente con interconexión síncrona.

La derivación de las dependencias del grupo 2 dispone de:

■ Un interruptor general, magnetotérmico con protección para corrientes residuales.

■ Un descargador de sobretensiones de acompañamiento. Formado por:

□ Una protección magnetotérmica C60N 20 A C.

□ Un PRD8 III+N una protección magnetotérmica C60 20 A C.

■ Un módulo de protección para la compensación del factor de potencia P400 SAH. Formado por:

□ Batería de condensadores.

□ Contactores específicos para la maniobra de condensadores.

□ Juego de fusibles APR.

□ Inductancias antiarmónicos, sintonizadas a 215 Hz.

□ Interruptor automático C60---A L.

■ Un compensador activo. Formado por:

□ Un interruptor magnetotérmico con protección para corrientes residuales C60L---A B Vigi 30 mA.

□ Un compensador activo.

De este punto se alimentan tres SAI de trabajo “on-line” conectados en paralelo. Cada SAI ha de poder alimentar toda la potencia, así obtenemos una redundancia 2/3. Lo importante es disponer de dos SAI en funcionamiento y uno en mantenimiento preventivo o correctivo.

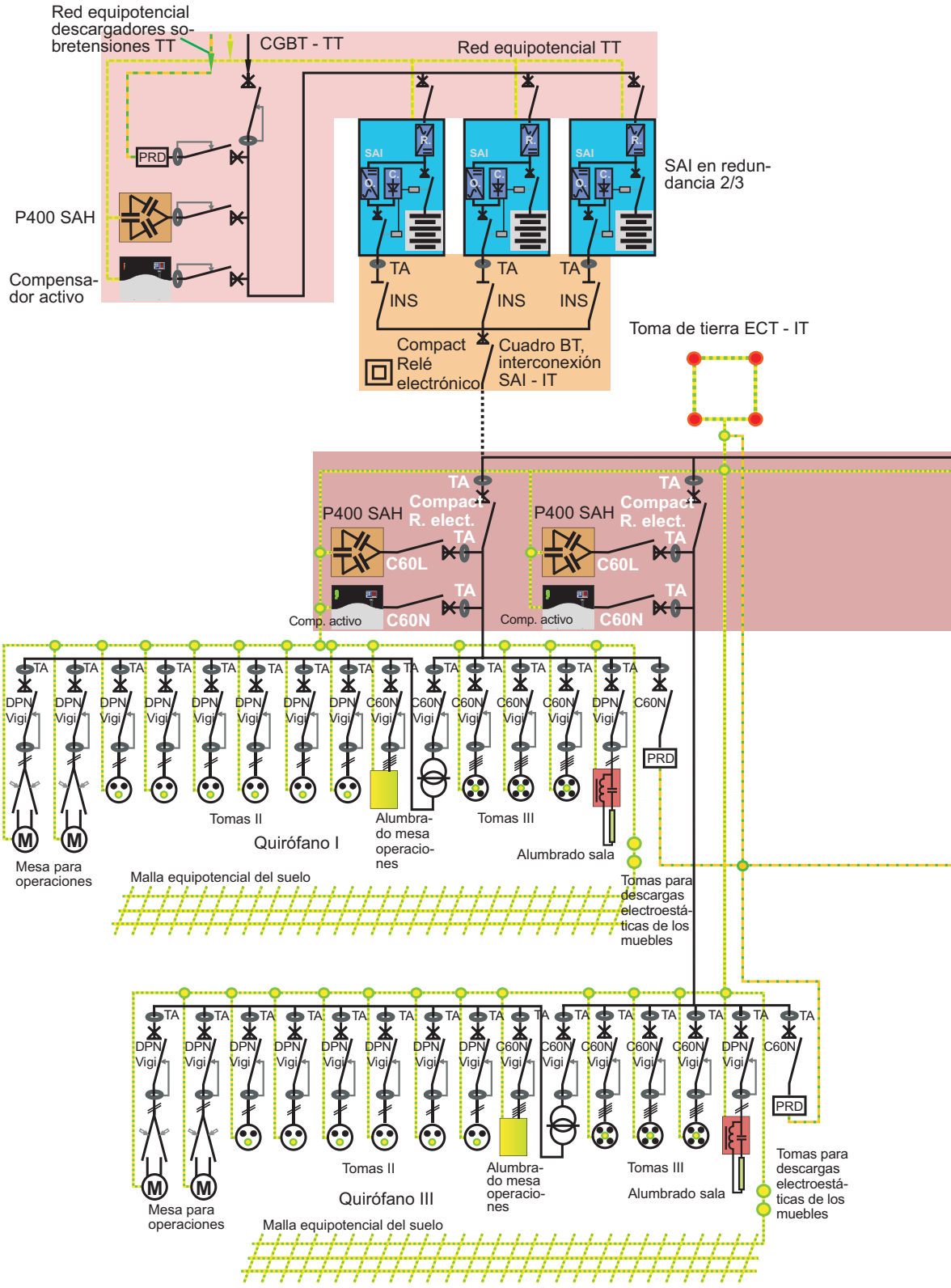
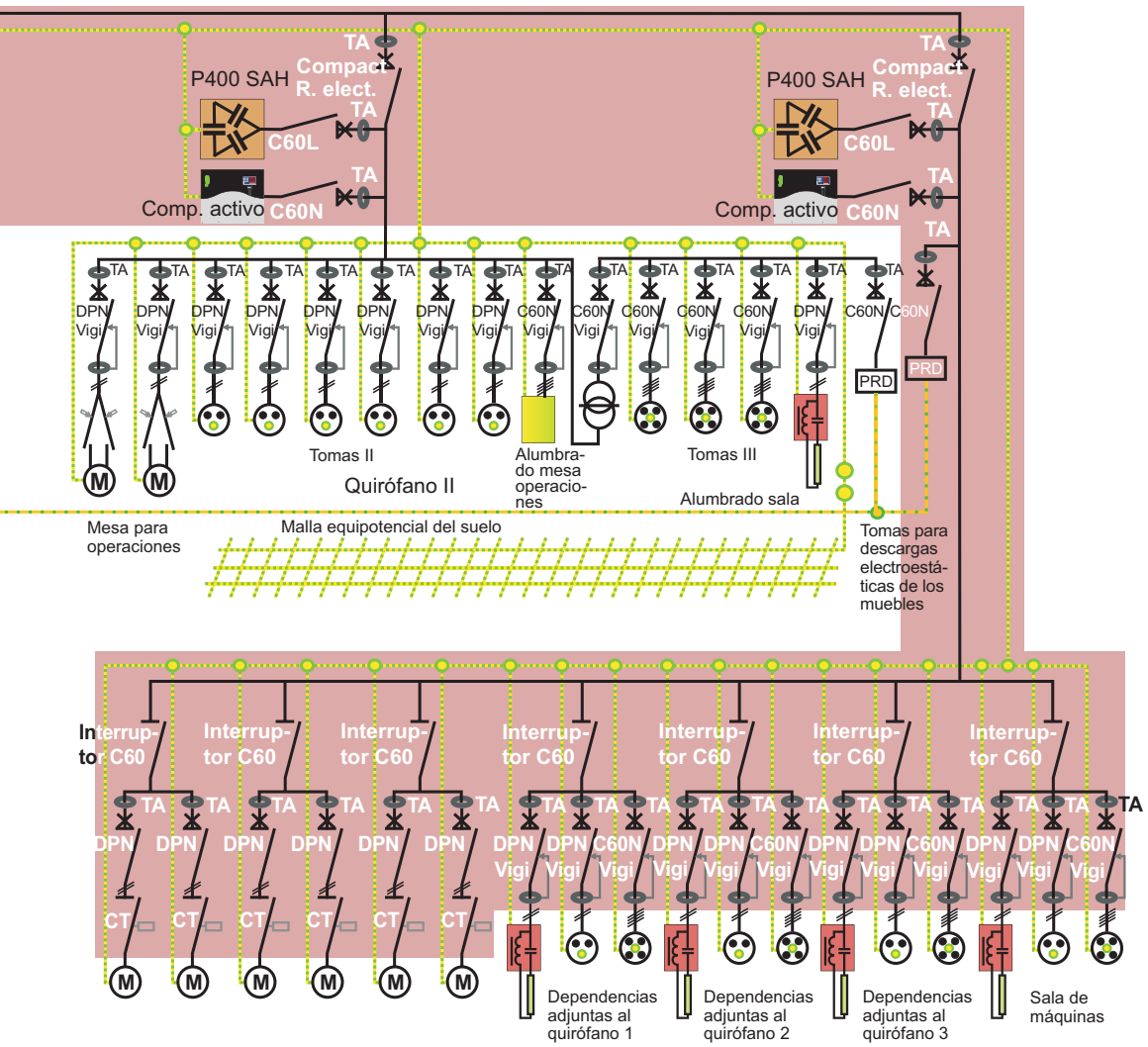

Red equipotencial descargadores sobretensiones TT
CGBT - TT
Red equipotencial TT
PRD
P400 SAH
Compensador activo
SAI
SAI en redundancia 2/3
TA
INS
Compact
Relé electrónico
Cuadro BT, interconexión SAI - IT
Toma de tierra ECT - IT
P400 SAH
Compact R. elect.
C60L
C60N
Comp. activo
DPN Vigi
Tomas II
Quirófano I
Alumbrado mesa operaciones
Tomas III
Alumbrado sala
Mesa para operaciones
Malla equipotencial del suelo
Tomas para descargas electroestáticas de los muebles
Quirófano III

Fig. L6.4-562: *esquema de distribución zona de quirófanos.*

Nota: En el esquema L6.4-561, página L/1581, sólo hemos descrito el esquema de distribución y la detección de posibles bajadas de aislamiento (toroidales) de los diferentes circuitos. Falta el control de la calidad de la energía.



Al asegurar la disponibilidad de dos SAI disponemos de una tasa de fallo muy reducida, podemos superar una indisponibilidad de uno de ellos y es poco probable que la indisponibilidad alcance los dos SAI al mismo tiempo.
Una redundancia 2/3 en productos como los SAI da una disponibilidad muy alta, pudiéndose considerar óptima para su función.
Los tres SAI están protegidos por tres interruptores automáticos magnetotérmicos a corriente diferencial residual. C60L 40 A C Vigi III+N.

Los SAI

Características de cada SAI

Tipo Galaxy PW 60	
Potencia nominal kVA	60
Tensión en régimen permanente	400 V ± 1%, regulable a ± 3%
Frecuencia	50 Hz ± 0,5%
Sobrecargas	110% Pn durante 2 h
(duraciones admisibles)	125% Pn durante 10 minutos
	150% Pn durante 1 minuto
Corriente de cortocircuito	La corriente de cresta está limitada a 2,33 I_n durante 1 segundo
Distorsión con cargas lineales	THDU fase/fase <1,5%; fase/N <2%
Distorsión con cargas no lineales	THCU fase/fase <2%, fase/N <3%
Rendimiento (on-line)	92,5%
Rendimiento (ECO)	95%
La batería reserva para	2 h

La batería de cada SAI

El SAI depende en gran medida del estado de la batería en el momento en que ésta es solicitada. Por esta razón Galaxy PW incorpora la función Battery Monitor™, que representa las máximas prestaciones que la tegnología nos permite hoy. Optimiza la duración de la vida de la batería y mantiene permanentemente un elevado grado de seguridad con las funciones siguientes:
- Medición de la autonomía real disponible teniendo en cuenta la edad de la batería y la temperatura.
- Previsión de la duración de vida de la batería.
- Protección contra las descargas profundas.
- Regulación de la tensión de la batería en función de la temperatura.
- Limitación de corriente de la batería.
- Tests automáticos de la batería.

A partir de este punto, a la salida de cada SAI, utilizamos un esquema de conexión a tierra ECT con el neutro aislado IT. De todos los esquemas de conexión a tierra, es el que nos permite una mayor continuidad de suministro.
Para la protección contra las sobreintensidades y los cortocircuitos se utilizan interruptores automáticos con relé de desconexión de tiempo largo y de tiempo corto e instantáneo.
La protección contra las corrientes de choque se producen por desconexión de la red de alimentación a través de los interruptores automáticos.
Debemos realizar una observación. Los SAI limitan la corriente de cortocircuito a un valor de cresta de 2,33 I_n durante 1 segundo.
Este valor es muy bajo para poder trabajar con interruptores automáticos magnetotérmicos y obtener desconexiones en tiempos de reflejo. Pero podemos encontrar soluciones entre interruptores automáticos con relés electrónicos. Ver el apartado “Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamiento y servicios generales”, el apartado “Circuito de régimen IT”, el apartado “Medidas de

protección a los efectos de las sobreintensidades" y el apartado "Red de régimen IT" de este Volumen.

Cada salida de SAI llevará

- Un toroidal tipo A.
- Un interruptor seccionador Interpact INS40.

Las tres salidas se unirán a un embarrado. Del embarrado saldrá:

- Un interruptor automático Compact.
- Un relé electrónico.

Este conjuto se debe realizar en un cuadro de doble aislamiento.
Del cuadro de doble aislamiento derivaremos a un cuadro metálico, con una conducción de tres fases más neutro con doble aislamiento.

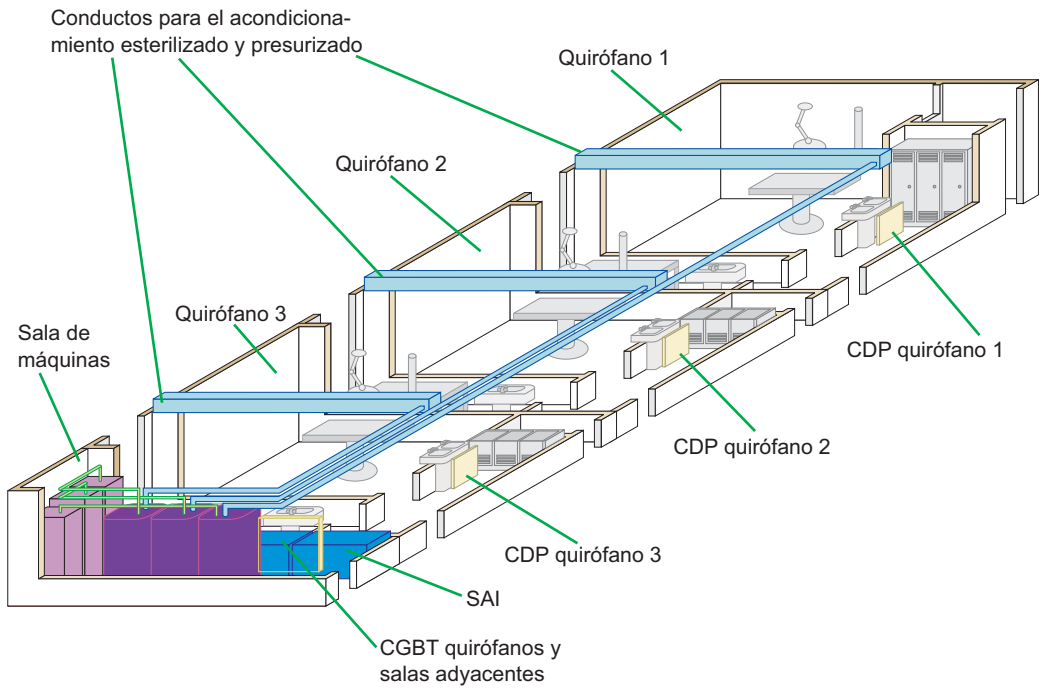


Fig. L6.4-563: *distribución de conducciones y servicios en un grupo de quirófanos.*

El cuadro de control de tres grupos de quirófanos y una sala de máquinas

Toma para un quirófano

- Un toroidal tipo A.
- Un interruptor automático Compact.
- Un relé electrónico de I_n = 40 A regulado a I0 = 0,7 I_n A = 28 A.

Derivación batería de condensadores

- Un toroidal tipo A.
- Un interruptor automático magnetotérmico C60L 6 A.
- Una batería de condensadores de 3,7 kVAr.

Derivación compensador activo

- Un toroidal tipo A.
- Un interruptor automático magnetotérmico C60L 10 A B.
- Un compensador activo.
- Un embarrado para conexionado de las derivaciones.

Derivación descargador de sobretensiones

■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático magnetotérmico C60N III+N 10 A.
■ Un limitador de sobretensiones PRD8.

Un bornero para poder conectar las derivaciones. La alimentación del bornero se efectúa desde la salida del interruptor automático de la toma para un quirófano, después de haber conectado las derivaciones de la batería de condensadores, el compensador activo y el descargador de sobretensiones.

Tres derivaciones para las tomas de corriente trifásicas

Los posibles equipos electromédicos a utilizar (la consideración de tres unidades es una previsión general), en función de la actividad del quirófano debemos dimensionar la previsión de tomas de corriente.

Cada derivación estará formada por

■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual IACC + DDR, III+N C60N Vigi superinmunizado de 16 A 300 mA.

Porque lo consideramos un interruptor automático diferencial, en realidad con la protección magnetotérmica debería desconectar.

En un esquema de conexión a tierra IT, los interruptores de desconexión de la alimentación actúan al segundo defecto provocado a un conductor activo distinto del primero. En este momento se produce un cortocircuito y si este cortocircuito, para un interruptor automático de I_n = 16 A, llega a 11 I_n = 176 A, el interruptor desconecta de forma instantánea en menos de 20 ms. En circuitos alimentados por SAI, la I_{cc} está limitada en función de la capacidad de soportar las sobreintensidades la electrónica de potencia del SAI. Esto y la impedancia del circuito podría limitar la I_{cc} a umbrales inferiores a la desconexión refleja y tardar más de los 20 ms.

En cambio este mismo cortocircuito (franco o no) entre dos conductores activos interconectados a través de la red equipotencial, superará los 300 mA de la tasa de sensibilidad de un DDR y desconectará como mínimo en menos de 100 ms, según normativa, y según la realidad constructiva de los DDR en 40 ms.

En realidad la impedancia de contacto de la propia fuga la desconocemos y lo que pretendemos asegurar es que si la intensidad que circule por el circuito de fuga supera los 300 mA desconecte la alimentación del circuito.

Porque prevemos un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual IACC-DDR, puesto que se trata de una zona en que el cuerpo humano del paciente supera las condiciones que en situación normal están clasificadas por la IEC y UNE en BB1, BB2 y BB3, debemos tener mayores precauciones, por encima de las normales. La misma IEC y UNE la sitúan en 50 μA la intensidad que se pueda derivar por el cuerpo humano.

Una derivación para el alumbrado general del quirófano

■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático magnetotérmico y diferencial DPN Vigi de 3 A I+N, $I_{\Delta n}$ = 300 mA.

Este circuito no está al alcance de los usuarios del quirófano por tanto mantendremos la protección propia de la conexión del circuito de tierra IT.

Derivación para el transformador de aislamiento

■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automátioco C60N III+N de 15 A.
■ Un interruptor a corriente diferencial DDR Vigi 25 A, 4polos, $I_{\Delta n}$ = 300 mA.
■ Un transformador de aislamiento, con relación de transformación U_1/U_2 = 1.
■ Un bornero para poder conectar las derivaciones.

Derivación mesa de operaciones

■ Dos toroidales tipo A.

■ Dos interruptores automáticos magnetotérmicos y diferenciales DPN Vigi de 3 A I+N $I_{\Delta n}$ = 300 mA.

■ Dos conmutadores II de botonera integrados a la mesa.

Seis derivaciones para las tomas de corriente monofásicas

Los posibles equipos electromédicos a utilizar (la consideración de seis unidades es una previsión general), en función de la actividad del quirófano, deben especificar la previsión de tomas de corriente.

Cada derivación estará formada por

■ Un toroidal tipo A.

■ Un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual IACC + DDR I+N DPN N Vigi superinmunizado de 6 A 300 mA.

Porque lo consideramos un interruptor automático diferencial, en realidad con la protección magnetotérmica debería desconectar.

En un esquema de conexión a tierra IT, los interruptores de desconexión de la alimentación actúan al segundo defecto provocado a un conductor activo distinto del primero. En este momento se produce un cortocircuito y si este cortocircuito, para un interruptor automático de I_n = 6 A, llega a 11 I_n = 66 A, el interruptor desconecta de forma instantánea en menos de 20 ms. En circuitos alimentados por SAI, la I_{cc} está limitada en función de la capacidad de soportar las sobreintensidades la electrónica de potencia del SAI. Esto y la impedancia del circuito podría limitar la I_{cc} que circula por el interruptor a umbrales inferiores a la desconexión refleja y tardar más de los 20 ms. En cambio este mismo cortocircuito (franco o no) entre dos conductores activos interconectados a través de la red equipotencial, superará los 300 mA de la tasa de sensibilidad del DDR y desconectará como mínimo en menos de 100 ms, según normativa, y según la realidad constructiva de los DDR en 40 ms.

En realidad la impedancia de contacto de la propia fuga la desconocemos y lo que pretendemos asegurar es que si la intensidad que circule por el circuito de fuga supera los 300 mA desconecte la alimentación del circuito.

Porque prevemos un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual IACC-DDR, puesto que se trata de una zona en que el cuerpo humano del paciente supera las condiciones que en situación normal están clasificadas por la IEC y UNE en BB1, BB2 y BB3, debemos tener mayores precauciones, por encima de las normales. La misma IEC y UNE la sitúan a 50 μA la intensidad que se pueda derivar por el cuerpo humano.

Una derivación para la lámpara de sobremesa del quirófano

En función de la actividad del quirófano pueden utilizarse dos luminarias, una de mayor potencia que otra, para atender las necesidades del uso médico. Hemos considerado una unidad pero prodríamos haber considerado dos:

■ Un toroidal tipo A.

■ Un interruptor automático magnetotérmico C60N Vigi de 10 A III+N-C; $I_{\Delta n}$ = 300 mA.

En el cuadro de las tomas para los gases utilizados en el quirófano, situaremos unos bornes de clavija conectados a la red equipotencial del quirófano, para poder conectar en ellos, a través de unas tomas móviles de la red equipotencial, los muebles portátiles, para facilitar la descarga de las posibles cargas electroestáticas de los mismos.

En el suelo del quirófano y de las dependencias adyacentes para el uso médico, instalaremos un mallado conectado a la red equipotencial para facilitar la descarga de las cargas electroestáticas.

En la propuesta hemos considerado tres unidades de quirófano, por tanto dispondremos de tres instalaciones como las descritas.

Derivación para la sala de máquinas
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático Compact.
- ■ Un relé electrónico de I_n = 60 A regulado a I_0 = 0,8 I_n A = 48 A.

Derivación batería de condensadores
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático magnetotérmico C60L 32 A III.
- ■ Dos baterías de condensadores de 3,7 kVAr, total 7,4 kVAr.
- ■ Dos baterías de condensadores de 2 · 7,4 kVAr = 14,8 kVAr.
- ■ Un interruptor automático magnetotérmico DPN 3 A I+N.
- ■ Un controlador automático de energía reactiva.

Derivación compensador activo
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático magnetotérmico C60L 10 A - B.
- ■ Un compensador activo.
- ■ Un embarrado para conexionado de las derivaciones.

Derivación descargador de sobretensiones
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático magnetotérmico C60N III+N 10 A.
- ■ Un limitador de sobretensiones PRD8.

Un bornero para poder conectar las derivaciones. La alimentación del bornero se efectúa desde la salida del interruptor automático de la toma para la sala de máquinas, después de haber conectado las derivaciones de la batería de condensadores y el compensador activo.

Derivación máquinas quirófano 1
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN II 20 A.
- ■ Subderivación 1:
- □ Un toroidal tipo A.
- □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
- □ Un contactor CT II 16 A.
- ■ Subderivación 2:
- □ Un toroidal tipo A.
- □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
- □ Un contactor CT II 16 A.

Derivación máquinas quirófano 2
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN II 20 A.
- ■ Subderivación 1:
- □ Un toroidal tipo A.
- □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
- □ Un contactor CT II 16 A.
- ■ Subderivación 2:
- □ Un toroidal tipo A.
- □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
- □ Un contactor CT II 16 A.

Derivación máquinas quirófano 3
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN II 20 A.
- ■ Subderivación 1:
- □ Un toroidal tipo A.
- □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
- □ Un contactor CT II 16 A.
- ■ Subderivación 1:
- □ Un toroidal tipo A.
- □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
- □ Un contactor CT II 16 A.

Derivación para la maniobra
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.

Derivación alumbrado y tomas de corriente de las dependencias complementarias al quirófano 1
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN III + N 20 A.
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 3 A I+N - C.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A I+N - C.
- ■ Un interruptor automático *i*C60N 6 A III+N - C.

Derivación alumbrado y tomas de corriente de las dependencias complementarias al quirófano 2
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN III + N 20 A.
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 3 A I+N - C.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A I+N - C.
- ■ Un interruptor automático *i*C60N 6 A III+N - C.

Derivación alumbrado y tomas de corriente de las dependencias complementarias al quirófano 3
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN III + N 20 A.
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 3 A I+N - C.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A I+N - C.
- ■ Un interruptor automático *i*C60N 6 A III+N - C.

Derivación alumbrado y tomas de corriente de la sala de máquinas
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN III + N 20 A.
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 3 A I+N - C.
- ■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A I+N - C.
- ■ Un interruptor automático *i*C60N 16 A III+N - C.

En la sala de máquinas hemos considerado los equipos para mantener una renovación de aire suficiente, para evitar los riesgos de explosión en la utilización de anestésicos y las correspondientes para mantener una presión interna suficiente, para evitar la entrada de aire del exterior. Pero es obvio que en función de la actividad en los quirófanos pueden ser necesarios otros equipos eléctricos para el uso de la medicina, gases médicos, aire comprimido, equipos de aspiración de anestésicos, equipos de electromedicina, equipos de control. Los cuales por su necesidad vital para los pacientes deben estar conectados a la red de seguridad y calidad de suministro que hemos descrito.

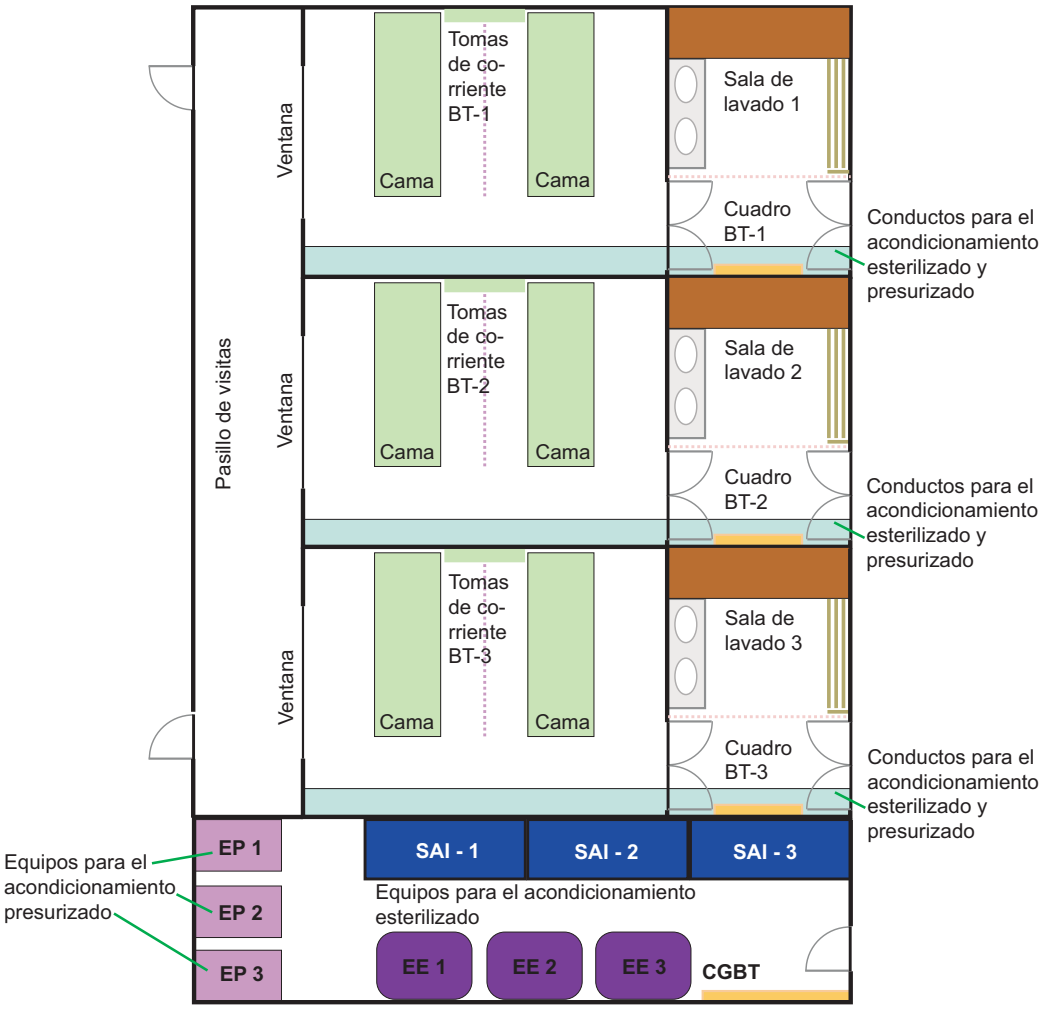


Fig. L6.4-564: *planta de la distribución de UVIs.*

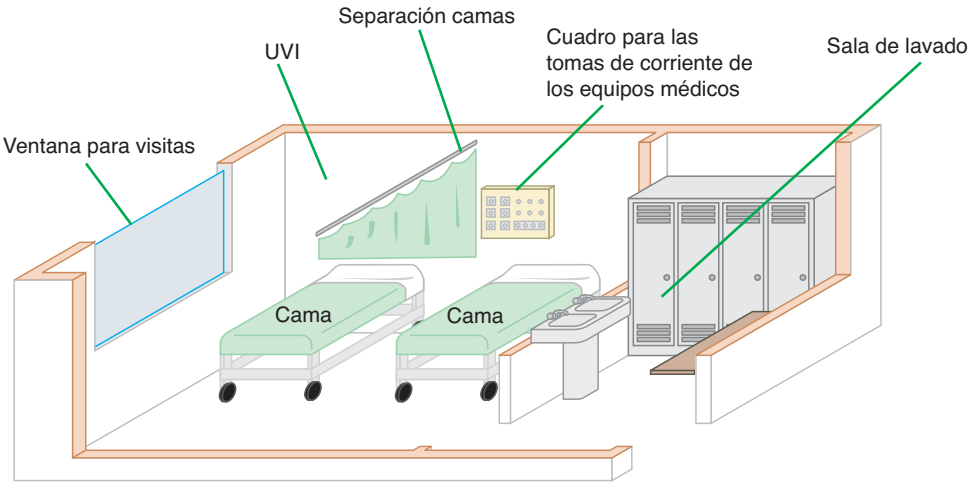


Fig. L6.4-565: *perspectiva de un quirófano y dependencias adyacentes.*

La zona de UVIs del grupo 2

Hemos realizado una posible distribución con tres salas con sus correspondientes salas de lavado y una sala de máquinas y de servicios eléctricos para tres UVIs. No representa ninguna solución específica para el uso médico, pero sí es una orientación para el dimensionado de la red eléctrica (Fig. L6.4-564).
Otras dependencias adjuntas a las UVIs como los accesos a los servicios los hemos considerado como equipamientos del grupo 0.
Hemos realizado la consideración de salas de UVIs para dos camas con una simple intención de poder determinar un circuito eléctrico. Las UVIs se diseñan en función del uso o usos médicos a que se destinan, traumatología, quemados, terminales... Las bases del sistema eléctrico serán coincidentes, las especificaciones pueden ser diferentes en las cantidades.

La red eléctrica de potencia del grupo 2, UVIs

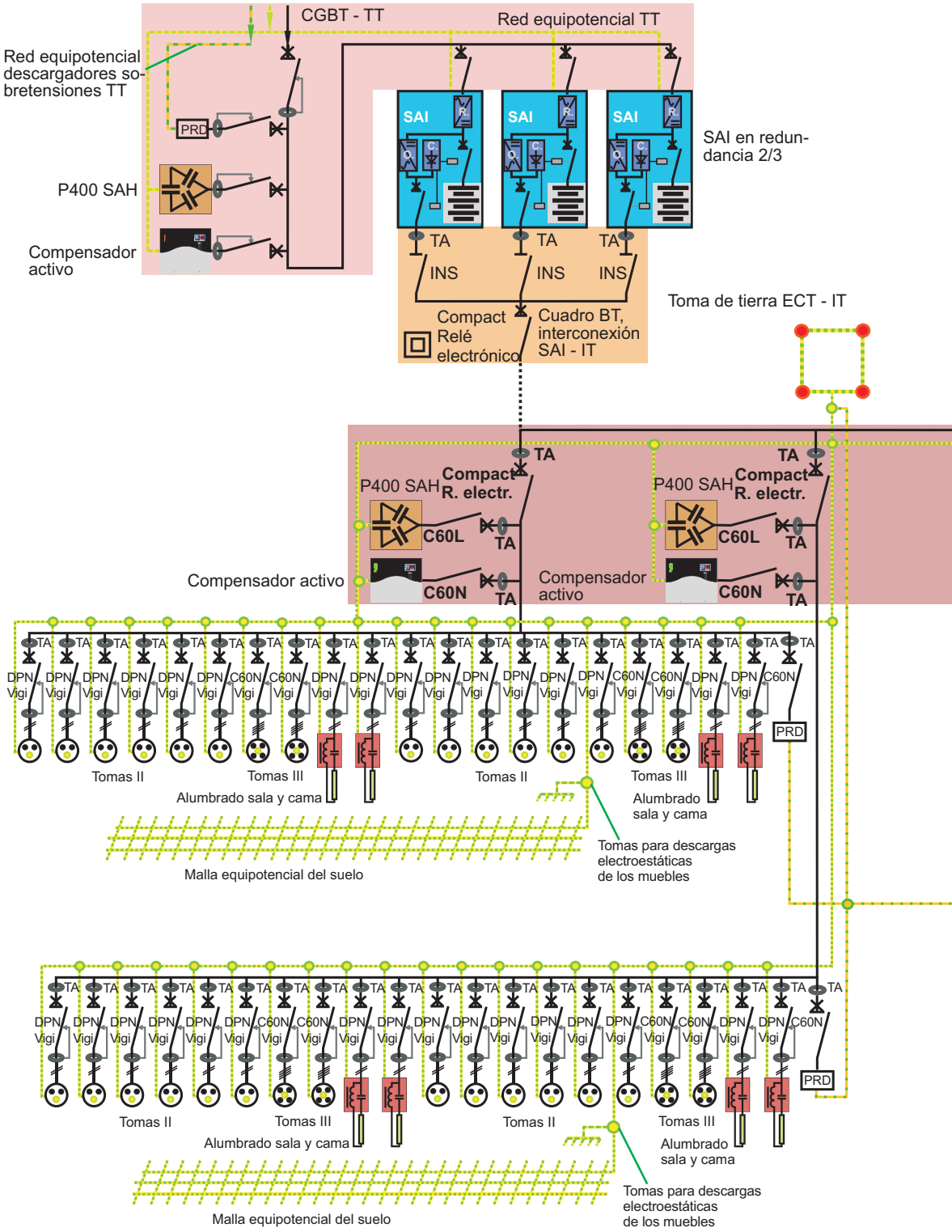
Se suministra de la red de régimen TT de la zona hospitalaria (Fig. L6.4-552, página L/1551), en la cual está garantizado el suministro por más de una fuente con conexión síncrona.
La derivación de las dependencias del grupo 2 dispone de:
■ Un interruptor general, magnetotérmico con protección para corrientes residuales.
■ Un descargador de sobretensiones de acompañamiento. Formado por:
□ Una protección magnetotérmica C60N 20 A - C.
□ Un PRD8 III+N una protección magnetotérmica C60 20 A - C.
■ Un módulo de protección para la compensación del factor de potencia P400 SAH. Formado por:
□ Batería de condensadores.
□ Contactores específicos para la maniobra de condensadores.
□ Juego de fusibles APR.
□ Inductancias antiarmónicos, sintonizadas a 215 Hz.
□ Interruptor automático C60---A L.
■ Un compensador activo. Formado por:
□ Un interruptor magnetotérmico con protección para corrientes residuales C60L---A B Vigi 30 mA.
□ Un compensador activo.
De este punto se alimentan tres SAI, de trabajo “on-line”, conectados en paralelo. Cada SAI a de poder alimentar toda la potencia, así obtenemos una redundancia 2/3. Lo importante es disponer de dos SAI en funcionamiento y uno en mantenimiento preventivo o correctivo.
Al asegurar la disponibilidad de dos SAI disponemos de una tasa de fallo muy reducida, podemos superar una indisponibilidad de uno de ellos y es poco probable que la indisponibilidad alcance los dos SAI al mismo tiempo.
Una redundancia 2/3 en productos como los SAI da una disponibilidad muy alta, pudiendose considerar optima para su función.
Los tres SAI están protegidos por tres interruptores automáticos magnetotérmicos a corriente diferencial residual. C60L 40 A C Vigi III+N.

Los SAI

Características de cada SAI

Tipo Galaxy PW 60

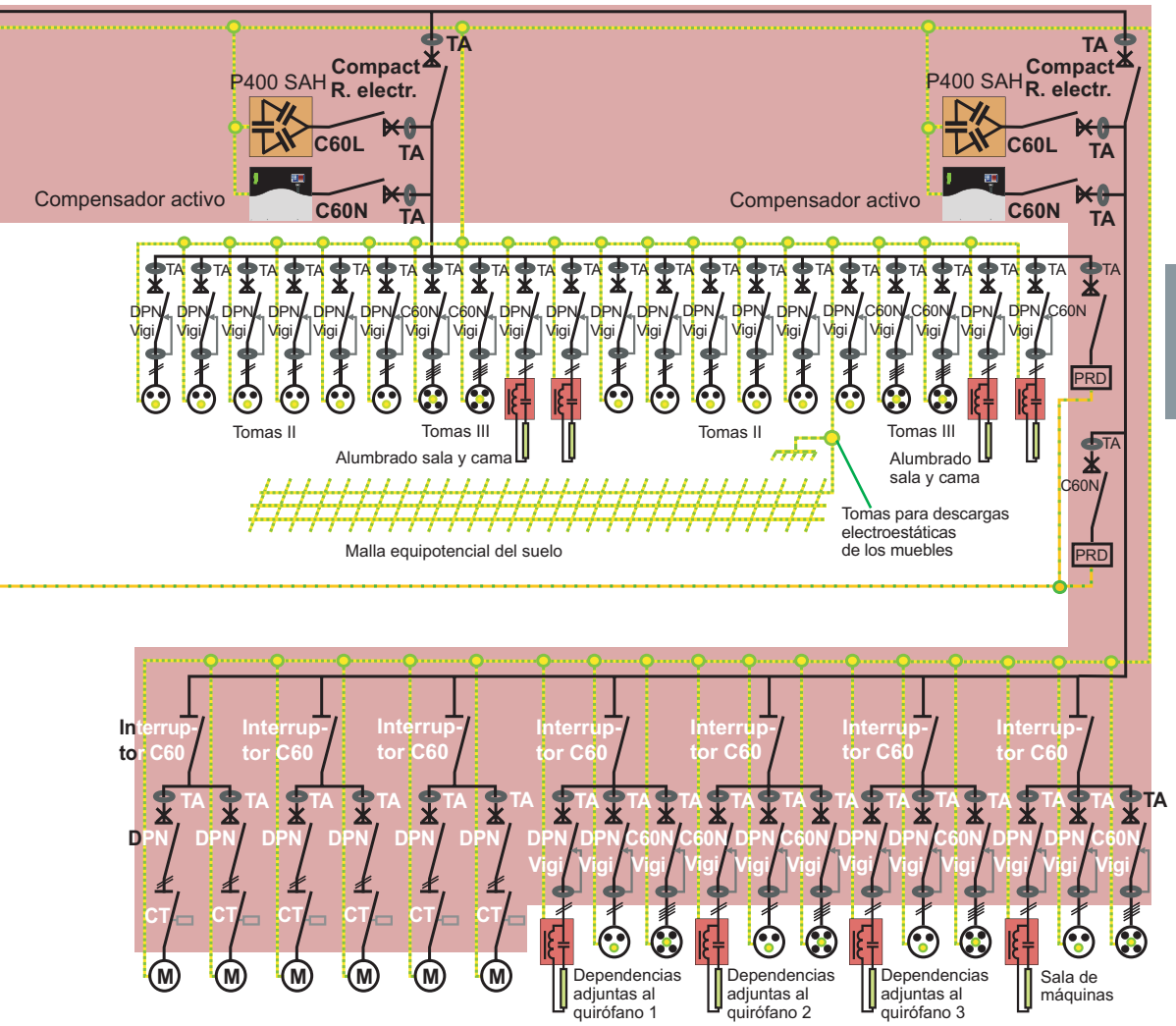
Potencia nominal kVA	60
Tensión en régimen permanente	400 V ± 1%, regulable a ± 3%
Frecuencia	50 Hz ± 0,5%
Sobrecargas	110% Pn durante 2 h
(duraciones admisibles)	125% Pn durante 10 minutos
	150% Pn durante 1 minuto
Corriente de cortocircuito	La corriente de cresta está limitada a 2,33 I_n durante 1 segundo


CGBT - TT
Red equipotencial TT
Red equipotencial descargadores sobretensiones TT
PRD
P400 SAH
Compensador activo
SAI
SAI
SAI
SAI en redundancia 2/3
TA
TA
TA
INS
INS
INS
Compact Relé electrónico
Cuadro BT, interconexión SAI - IT
Toma de tierra ECT - IT
P400 SAH
Compact R. electr.
C60L
C60N
TA
Compensador activo
Compensador activo
DPN Vigi
C60N Vigi
PRD
Tomas II
Tomas III
Alumbrado sala y cama
Malla equipotencial del suelo
Tomas para descargas electroestáticas de los muebles

L
6.4

Fig. L6.4-566: *esquema de distribución zona de UVIs.*

Nota: En el esquema L6.4-565, página L/1590, sólo hemos descrito el esquema de distribución y la detección de posibles bajadas de aislamiento (toroidales) de los diferentes circuitos. Falta el control de la calidad de la energía.



Distorsión con cargas lineales	THDU fase/fase <1,5%; fase/N <2%
Distorsión con cargas no lineales	THCU fase/fase <2%, fase/N <3%
Rendimiento (on-line)	92,5%
Rendimiento (ECO)	95%
La batería reserva para	2 h

La batería de cada SAI

El SAI depende en gran medida del estado de la batería en el momento en que ésta es solicitada. Por esta razón Galaxy PW incorpora la función Battery Monitor™, que representa las máximas prestaciones que la tegnología nos permite hoy.
Optimiza la duración de la vida de la batería y mantiene permanentemente un elevado grado de seguridad con las funciones siguientes:

- Medición de la autonomía real disponible teniendo en cuenta la edad de la batería y la temperatura.
- Previsión de la duración de vida de la batería.
- Protección contra las descargas profundas.
- Regulación de la tensión de la batería en función de la temperatura.
- Limitación de corriente de la batería.
- Tests automáticos de la batería.

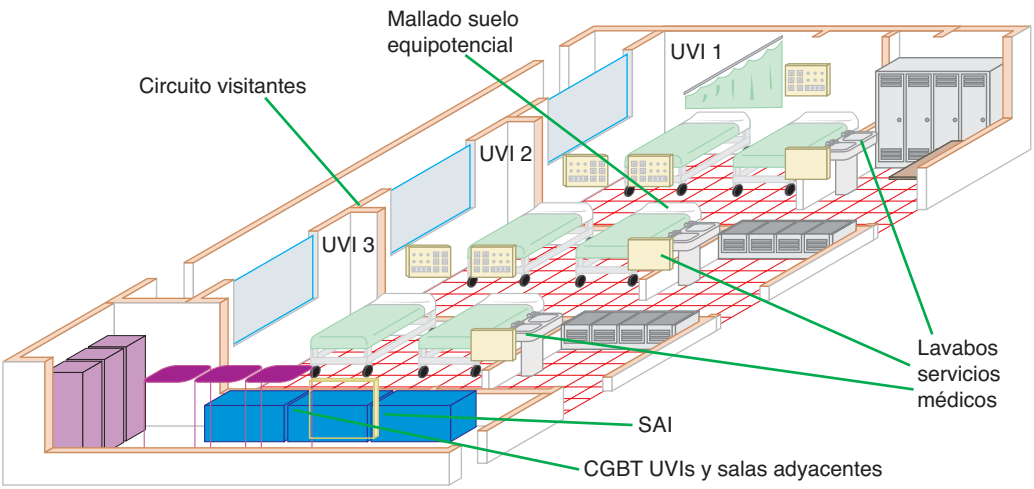


Fig. L6.4-567: *circuito zona UVIs.*

A partir de este punto, en la salida de cada SAI utilizamos un esquema de conexión a tierra ECT con el neutro aislado IT. De todos los esquemas de conexión a tierra es el que nos permite una mayor continuidad de suministro. La protección contra las sobreintensidades y los cortocircuitos utilizan interruptores automáticos, con relé de desconexión de tiempo largo y de tiempo corto.
La protección contra las corrientes de choque se producen por desconexión de la red de alimentación a través de los interruptores automáticos.
Debemos realizar una observación. Los SAI limitan la corriente de cortocircuito a un valor de cresta de 2,33 I_n durante 1 segundo.
Este valor es muy bajo para poder trabajar con interruptores automáticos magnetotermicos y podemos encontrar soluciones entre interruptores automáticos con relés electrónicos.
Ver el apartado “Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparca-

miento y servicios generales", el apartado "Circuito de régimen IT", el apartado "Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidadesd" y el apartado "Red de régimen IT" de este Volumen.

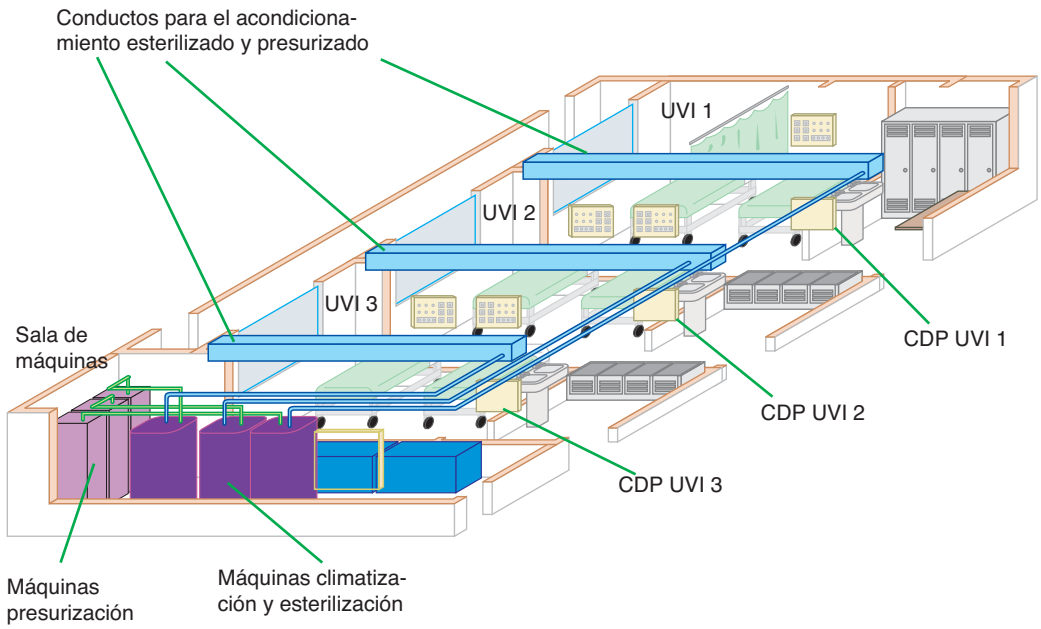


Fig. L6.4-568: *distribución de conducciones y servicios en un grupo de quirófanos.*

Cada salida de SAI llevará

- Un toroidal tipo A.
- Un interruptor seccionador Interpact INS40.

Las tres salidas se unirán a un embarrado. Del embarrado saldrá:

- Un interruptor automático Compact.
- Un relé electrónico.

Este conjuto se debe realizar en un cuadro de doble aislamiento.
Del cuadro de doble aislamiento derivaremos a un cuadro metálico, con una conducción de tres fases más neutro con doble aislamiento.

El cuadro de control de tres salas para cuidados intensivos con dos camas y una sala de máquinas

Del interruptor automático de salida del cuadro de acoplamiento de los tres SAI alimentamos el cuadro general de las UVIs.
La alimentación se realiza directa a un embarrado del cual se derivan dos ramales, uno para las tres salas UVI y otro para la sala de máquinas.

Ramal para la toma de las UVIs

- Un toroidal tipo A.
- Un interruptor automático Compact.
- Un relé electrónico de I_n = 100 A regulado a I_0 = 0,9 I_n A = 90 A.

Derivación batería de condensadores

- Un toroidal tipo A.
- Un interruptor automático magnetotérmico C120L 80 A.

■ Dos baterías de condensadores de 3,7 kVAr.
■ Dos baterías de condensadores de 7,4 kVAr.
■ Dos baterías de condensadores de 14,8 kVAr.
■ Un interruptor automático magnetotérmico DPN 3 A I+N.
■ Un controlador automático de energía reactiva.

Derivación descargador de sobretensiones
■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático magnetotérmico C60N III+N 10 A.
■ Un limitador de sobretensiones PRD8.
Un bornero para poder conectar las derivaciones. La alimentación del bornero se efectúa desde la salida del interruptor automático de la toma para un quirófano, después de haber conectado la derivación del compensador activo.

Derivación tomas unipolares cama 1.ª
■ Dos toroidales tipo A.
■ Dos interruptores automáticos magnetotérmicos a corriente diferencial residual. IACC + DDR I+N DPN N Vigi superinmunizado de 3 A 300 mA.

Derivación tomas tripolares cama 1.ª
■ Dos toroidales tipo A.
■ Dos interruptores automáticos magnetotérmicos a corriente diferencial residual IACC + DDR I+N C60N Vigi superinmunizado de 16 A 300 mA.

Derivación alumbrado cama 1.ª
■ Dos toroidales tipo A.
■ Dos interruptores automáticos magnetotérmicos a corriente diferencial residual IACC + DDR I+N DPN N Vigi superinmunizado de 2 A 300 mA.

Cuatro derivaciones para las tomas de corriente monofásicas
Los posibles equipos electromédicos a utilizar (la consideración de cuatro unidades es una previsión general), en función de la actividad médica de las UVIs, deben dimensionar la previsión de tomas de corriente.
Cada derivación estará formada por:
■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual IACC + DDR I+N DPN N Vigi superinmunizado de 6 A 300 mA.
Porque consideramos un interruptor automático diferencial, en realidad con la protección magnetotérmica debería desconectar. En un esquema de conexión a tierra IT, los interruptores de desconexión de la alimentación actúan al segundo defecto provocado a un conductor activo distinto del primero. En este momento se produce un cortocircuito y si este cortocircuito, para un interruptor automático de I_n = 6 A, llega a 11 I_n = 66 A, el interruptor desconecta de forma instantánea en menos de 20 ms. En circuitos alimentados por SAI, la I_{cc} está limitada en función de la capacidad de soportar las sobreintensidades la electrónica de potencia del SAI. Esto y la impedancia del circuito podría limitar la I_{cc} a circular por el interruptor a valores inferiores a 11 I_n y tardar más tiempo de los 20 ms. En cambio este mismo cortocircuito (franco o no) entre dos conductores activos interconectados a través de la red equipotencial, superará los 300 mA de la tasa de sensibilidad del DDR y desconectará como mínimo en menos de 100 ms según normativa y según la realidad constructiva de los DDR en 40 ms.
En realidad la impedancia de contacto de la propia fuga la desconocemos y lo que pretendemos asegurar es que si la intensidad que circule por el circuito de fuga supera los 300 mA desconecte la alimentación del circuito.

Porque prevemos un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual IACC-DDR, puesto que se trata de una zona en que el cuerpo humano del paciente supera las condiciones que en situación normal están clasificadas por la IEC y UNE en BB1, BB2 y BB3, debemos tener mayores precauciones, por encima de las normales.

Derivación tomas unipolares cama 2.ª

■ Dos toroidales tipo A.

■ Dos interruptores automáticos magnetotérmicos a corriente diferencial residual IACC + DDR I+N DPN N Vigi superinmunizado de 3 A 30 mA.

Derivación tomas tripolares cama 2.ª

■ Dos toroidales tipo A.

■ Dos interruptores automáticos magnetotérmicos a corriente diferencial residual IACC + DDR I+N C60N Vigi superinmunizado de 16 A 30 mA.

Derivación alumbrado cama 2.ª

■ Dos toroidales tipo A.

■ Dos interruptores automáticos magnetotérmicos a corriente diferencial residual IACC + DDR I+N DPN N Vigi superinmunizado de 2 A 30 mA.

Cuatro derivaciones para las tomas de corriente monofásicas

Los posibles equipos electromédicos a utilizar (la consideración de cuatro unidades es una previsión general), en función de la actividad de la UVI, deben dimensionar la previsión de tomas de corriente.

Cada derivación estará formada por:

■ Un toroidal tipo A.

■ Un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual IACC + DDR I+N DPN N Vigi superinmunizado de 6 A 300 mA.

Porque consideramos un interruptor automático diferencial, en realidad con la protección magnetotérmica debería desconectar. En un esquema de conexión a tierra IT, los interruptores de desconexión de la alimentación actúan al segundo defecto provocado a un conductor activo distinto del primero. En este momento se produce un cortocircuito y si este cortocircuito, para un interruptor automático de I_n = 6 A, llega a 11 I_n = 66 A, el interruptor desconecta de forma instantánea en menos de 20 ms.

En circuitos alimentados por SAI, la I_{cc} está limitada en función de la capacidad de soportar las sobreintensidades la electrónica de potencia del SAI. Esto y la impedancia del circuito podría limitar la I_{cc} a circular por el interruptor a valores inferiores a 11 I_n y tardar más tiempo de los 20 ms. En cambio este mismo cortocircuito (franco o no) entre dos conductores activos interconectados a través de la red equipotencial, superará los 300 mA de la tasa de sensibilidad del DDR y desconectará como mínimo en menos de 100 ms según normativa y según la realidad constructiva de los DDR en 40 ms.

En realidad la impedancia de contacto de la propia fuga la desconocemos y lo que pretendemos asegurar es que si la intensidad que circule por el circuito de fuga supera los 300 mA desconecte la alimentación del circuito.

Porque prevemos un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual IACC-DDR, puesto que se trata de una zona en que el cuerpo humano del paciente supera las condiciones que en situación normal están clasificadas por la IEC y UNE en BB1, BB2 y BB3, debemos tener mayores precauciones, por encima de las normales.

Las tomas para las otras dos UVIs tendrán las mismas condiciones que la que acabamos de describir.

Ramal para la sala de máquinas
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático Compact.
- ■ Un relé electrónico de I_n = 60 A regulado a I_0 = 0,8 I_n A = 48 A.

Derivación batería de condensadores
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático magnetotérmico C60L 32 A III.
- ■ Dos baterías de condensadores de 3,7 kVAr, total 7,4 kVAr.
- ■ Dos baterías de condensadores de 2 · 7,4 kVAr = 14,8 kVAr.
- ■ Un interruptor automático magnetotérmico DPN 3 A I+N.
- ■ Un controlador automático de energía reactiva.

Derivación compensador activo
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático magnetotérmico C60L 10 A - B.
- ■ Un compensador activo.
- ■ Un embarrado para conexionado de las derivaciones.

Derivación descargador de sobretensiones
- ■ Un toroidal tipo A.
- ■ Un interruptor automático magnetotérmico C60N III+N 10 A.
- ■ Un limitador de sobretensiones PRD8.

Un bornero para poder conectar las derivaciones. La alimentación del bornero se efectúa desde la salida del interruptor automático de la toma para la sala de máquinas, después de haber conectado las derivaciones de la batería de condensadores y el compensador activo.

Derivación máquinas UVI 1
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN II 20 A.
- ■ Subderivación 1:
  - □ Un toroidal tipo A.
  - □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
  - □ Un contactor CT II 16 A.
- ■ Subderivación 2:
  - □ Un toroidal tipo A.
  - □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
  - □ Un contactor CT II 16 A.

Derivación máquinas UVI 2
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN II 20 A.
- ■ Subderivación 1:
  - □ Un toroidal tipo A.
  - □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
  - □ Un contactor CT II 16 A.
- ■ Subderivación 2:
  - □ Un toroidal tipo A.
  - □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
  - □ Un contactor CT II 16 A.

Derivación máquinas UVI 3
- ■ Un interruptor en carga para carril DIN II 20 A.
- ■ Subderivación 1:
  - □ Un toroidal tipo A.
  - □ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
  - □ Un contactor CT II 16 A.

■ Subderivación 2:
□ Un toroidal tipo A.
□ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.
□ Un contactor CT II 16 A.

Derivación para la maniobra
■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático *i*DPN 2 A I+N - C.

Derivación alumbrado general de la UVI - 1, alumbrado y tomas de corriente de las dependencias complementarias a la UVI - 1
■ Un interruptor en carga para carril DIN III + N 20 A.
■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático *i*DPN 3 A I+N - C.
■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A I+N - C.
■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A III+N - C.

Derivación alumbrado general de la UVI - 2, alumbrado y tomas de corriente de las dependencias complementarias a la UVI - 2
■ Un interruptor en carga para carril DIN III + N 20 A.
■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático *i*DPN 3 A I+N - C.
■ Un interruptor automático *i*PN 6 A I+N - C.
■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A III+N - C.

Derivación alumbrado general de la UVI - 3, alumbrado y tomas de corriente de las dependencias complementarias a la UVI - 3
■ Un interruptor en carga para carril DIN III + N 20 A.
■ Un toroidal tipo A.
■ Un interruptor automático *i*DPN 3 A I+N - C.
■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A I+N - C.
■ Un interruptor automático *i*DPN 6 A III+N - C.

En la sala de máquinas hemos considerado los equipos para mantener una renovación de aire suficiente, para las actividades médicas que se puedan realizar y las correspondientes para mantener una presión interna suficiente, para evitar la entrada de aire del exterior. Pero es obvio que en función de la actividad en las UVIs pueden ser necesarios otros equipos eléctricos para el uso de la medicina, gases médicos, aire comprimido, equipos de aspiración de anestésicos, equipos de electromedicina, equipos de control. Los cuales por su necesidad vital para los pacientes deben estar conectados a la red de seguridad y calidad de suministro que hemos descrito.

6.4.6.1. La protección contra los choques eléctricos en las salas del grupo 2

En las salas del grupo 2 hemos escogido el esquema de conexión a tierra IT que nos permite una mayor disponibilidad.
La ITC-BT-38 nos obliga a utilizar un transformador de aislamiento en los quirófanos para los circuitos:
■ Torreta aérea de tomas de corriente (con terminales para una conexión equipotencial del entorno, conectada al embarrado del conductor de protección).
■ Luminaria de quirófano y su correspondiente equipo.
■ Mesa de operaciones de mando eléctrico.

La norma UNE 20460-7-710, en el apartado 710-413-1-6-4 especifica:
En los locales del grupo 2 y para los circuitos de alimentación de los equipos eléctricos situados hasta 2,5 m de la altura sobre el suelo y a las proximidades del paciente, se realizará la disposición siguiente, cuando la instalación eléctrica funcione en condiciones normales o en condiciones de defecto simple (sistema IT de los locales médicos). La tensión entre los elementos conductores, las bornas para el conductor de protección en las tomas de corriente o los equipos fijos y la barra equipotencial, no debe sobrepasar los 20 mV.
El paciente debe estar protegido contra los efectos de microdescargas.

Notas:
■ 1. Se considera que para el paciente, las corrientes de fuga (véase IEC 60601-1) no deben sobrepasar los 50 µA y en el supuesto de que la resistencia del cuerpo del paciente es de 1 kΩ. Por lo tanto la tensión máxima de seguridad entre las masas de los equipos de electromedicina y la barra equipotencial está limitada a 50 mV.
■ 2. La tensión de 20 mV antes mencionada hace referencia a la diferencia de potencial de la instalación eléctrica (hasta las tomas de corriente); los 30 mV restantes se aplican a los equipos y sus cables.
■ 3. Cuando se utilizan los sistemas TN, TT o IT (véase 710-312) por diferentes partes del edificio (por ejemplo en un hospital o una clínica), sólo es necesario verificar mediante un ensayo el valor de la tensión de (20 mV) en la medida de lo posible.
En el (710-312) se especifica que no se puede utilizar el esquema TN-C.

En realidad lo que pretendemos es que una corriente de fuga no pueda causar algún daño irreversible a los utilizadores y pacientes.
La prescripción de la norma UNE 20460-7-710 de que una posible descarga sobre un cuerpo humano no pueda superar los 50 µA, en el supuesto de que la resistencia del cuerpo humano es de 1.000 Ω, es el objetivo base.
A partir de este objetivo podemos definir la instalación y las protecciones adecuadas. Si partimos de un esquema de conexión a tierra IT, las corrientes de fuga son las más bajas, en diferencia, de todos los esquemas ECT.
La imposibilidad de que todos los equipos y útiles sean de doble aislamiento, nos obliga a utilizar la solución del corte automático del suministro energético a la presencia de un defecto.
En el esquema IT el corte se prevé para el segundo defecto, pero la posible fuga al primer defecto debe cumplir el límite de los 50 µA.
El esquema IT sólo lo hemos elegido para las dependencias del grupo 2, para las dependencias del grupo 0 y 1 hemos elegido el esquema TT, que expondremos la forma de previsión de las protecciones a continuación de las del grupo 2.

Circuito de la red de régimen IT con una fuga

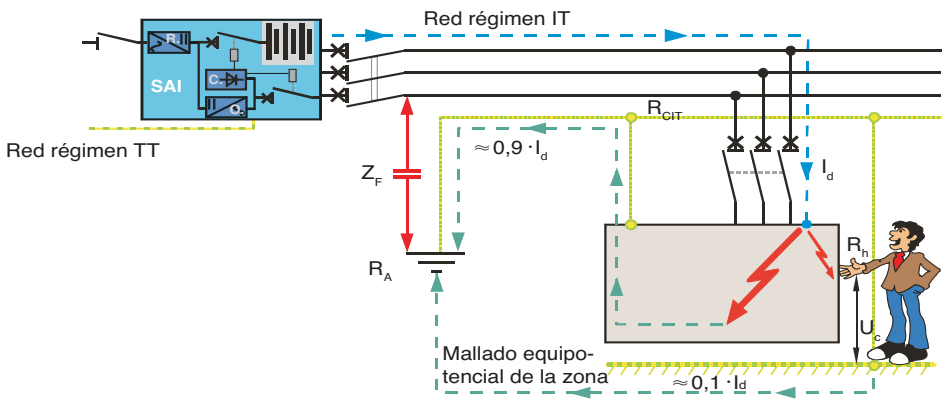


Fig. L6.4-569: *circuito en régimen IT con fuga.*

En el esquema de la figura disponemos de una alimentación en régimen TT que alimenta unos SAI, con separación galvánica, que trabajan siempre en “on-line”, y a la salida una red en régimen IT que alimenta unas cargas.
Esta red totalmente aislada (separación galvánica) tiene con respecto a tierra una capacitancia y una resistencia formadas por el dieléctrico entre las partes activas y tierra. De los dos fenómenos (capacitancia y resistencia) el más débil es la capacitancia, o sea el más fácil de perforar y poder determinar una continuidad de circuito entre tierra y la red.
En el momento que un conductor activo tenga contacto con una masa, existirá una puesta en tensión de esta masa y puede circular una intensidad (línea azul) de fuga I_d:
■ Si las masas afectadas por el entorno de esta red las tenemos unidas equipotencialmente y puestas a tierra, esta posible intensidad de fuga llegará a tierra.
■ Si en estos momentos una persona está en contacto con esta red equipotencial, parte de esta intensidad de fuga se derivará por ella.
Para que pueda circular la intensidad de fuga debemos cerrar el circuito, y éste sólo puede cerrarse por la impedancia de los propios conductores activos, con respecto a tierra Z_F.
La parte de intensidad de fuga que se derivará por el cuerpo humano, está en función inversa de la resistencia del cuerpo humano y la impedancia del circuito equipotencial de puesta a tierra.

¿Qué limita la intensidad de fuga?

■ La impedancia de la red con respecto a tierra suele ser del orden de unos miles de ohmios.
■ La resistencia de la red equipotencial y su resistencia de contacto a tierra suele ser de unos ohmios o decenas de ohmios.
■ La resistencia del cuerpo humano es del orden de 1.000 ohmios.
Al disponer de un suelo mallado y conectado a la red equipotencial, la resistencia de contacto a tierra del cuerpo humano es el contacto con el mallado conectado a la red equipotencial. En el caso más desfavorable será un contacto franco.
■ La resistencia de la red equipotencial y la del hombre están en paralelo y las dos en serie con la resistencia de la puesta a tierra y la impedancia de la red con respecto a tierra.
Al ser tan mayor la impedancia de la red con respecto a ellas dos, éstas son prácticamente despreciables. Pero debemos tenerlas en cuenta para determinar:

■ Qué proporción de la corriente de fuga circula por la red equipotencial.
■ Qué proporción circula por el cuerpo humano, siendo las dos inversamente proporcionales a sus resistencias.
Si observamos la resistencia de la red equipotencial es del orden de unos ohmios o decenas de ohmios y la del cuerpo humano es de 1.000 ohmios, por tanto la relación es aproximadamente del orden de 1/10.

La impedancia de esta red (IT) con respecto a tierra

Longitudes de los conductores activos de los circuitos:

■ Quirófano 1			
9 ud. circuitos de	8 m	= 72 m	
4 ud. circuitos de	16 m	= 64 m	
Total			= 136 m
■ Quirófano 2			
Total			= 136 m
■ Quirófano 3			
Total			= 136 m
■ Sala de máquinas			
6 ud. circuitos de	8 m	= 48 m	
3 ud. circuitos de	10 m	= 30 m	
3 ud. circuitos de	15 m	= 45 m	
3 ud. circuitos de	16 m	= 48 m	
Total			= 171 m
Total circuito para tres quirófanos			= 578 m

Es una valoración aproximada que no nos afectará para los números de orden que es lo que pretendemos:

$$Z_F = \frac{1}{C_{T \cdot \omega}} = \frac{1}{0{,}3\ \mu F/km \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}578\ km \cdot 314} = \frac{10^6}{0{,}3\ \mu F/km \cdot 0{,}578\ km \cdot 314} =$$

$$= \frac{10^6}{54{,}4476} = 18.366\ \Omega.$$

La resistencia de puesta a tierra de la red equipotencial es del orden de 10 Ω, totalmente inoperante con respecto los 18.000 de la impedancia de la red activa con respecto a tierra.

La intensidad de una fuga de la red de régimen IT

Analizando el circuito, en el momento que un receptor sufre una fuga, la intensidad de fuga se reparte, inversamente proporcional a la resistencia del cuerpo humano R_h y la impedancia del tramo de la red equipotencial en juego Z_c:
$I_d = I_{dh} + I_{dz}$

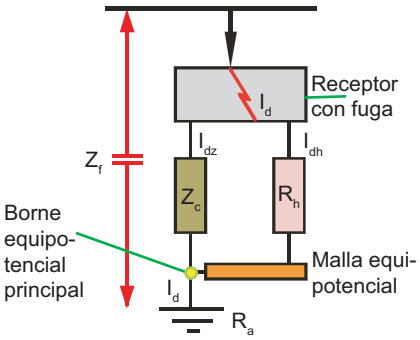


Fig. L6.4-570: *esquema del circuito de fuga.*

La resistencia de contacto del cuerpo humano con el mallado equipotencial del suelo, consideramos el caso más desfavorable un contacto franco. Es obvio, dado el valor de la resistencia del cuerpo humano, unos pocos ohmios más no son determinantes.
El mallado está a la misma tensión que la red equipotencial (prácticamente).
La resistencia de puesta a tierra de la red equipotencial R_a es común para las dos derivaciones y la impedancia de la red con respecto a tierra, también es común para las dos derivaciones.
Por tanto el que está en juego es la resistencia del circuito equipotencial de dentro del quirófano y el del cuerpo humano.
La norma UNE 20460-7-710 especifica que la I_{dh} no debe sobrepasar 50 μA.
La intensidad de fuga la hemos valorado en I_d = 0,01252 A, por tanto:

$$I_{dz} = I_d - I_{dh} = 0{,}01252\ A - 0{,}00005\ A = 0{,}01247\ A = 12{,}47\ mA.$$

La impedancia del tramo de circuito equipotencial, con estas intensidades corresponde a la resistencia del circuito, por tanto tendremos: $\frac{I_{dh}}{I_{dz}} = \frac{Z_c}{R_h} = \frac{R_c}{R_h}$.

$$R_c = \frac{I_{dh} \cdot R_h}{I_z} = \frac{0{,}00005\ A \cdot 1.000\ \Omega}{0{,}01247\ A} = 4{,}009623\ \Omega.$$

En nuestro caso:

$$R = \frac{\Delta U}{I_d} = \rho \frac{L}{S} = \frac{0{,}05\ V}{0{,}01252\ A} = 0{,}0225 \frac{L}{S} = \frac{0{,}05\ V}{0{,}0002817} = \frac{L}{S}.$$

La longitud en metros para una sección de 1,5 mm^2 será:

$$L = \frac{0{,}05 \cdot S}{0{,}0002817} = 177{,}49 \cdot S$$

$L_{1,5} = 177{,}49 \cdot S = 177{,}49 \cdot 1{,}5 = 266$ m distancia muy superior a la utilizable.

También nos indica que la caída de tensión entre la barra o borne principal de puesta a tierra del cuadro y las masas de los equipos de electromedicina está limitada a 50 mV con un reparto de:
■ 20 mV entre el borne principal o la barra de puesta a tierra del cuadro y la toma de tierra de la toma de corriente del equipo de electromedicina.
■ 30 mV de la toma de corriente del equipo de electromedicina a la masa del mismo.

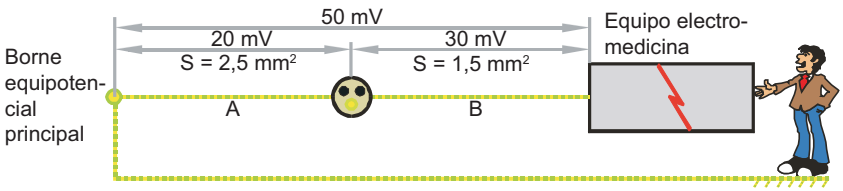


Fig. L6.4-571: *distribución de las caídas de tensión en el conductor de protección, en un quirófano.*

En el caso de la primera fuga la caída de tensión será

$\Delta U = R \cdot I_{dT}$.
La intensidad a circular será la corriente de fuga I_d = 0,01252 A, al tratarse de la toma de corriente para un equipo de electromedicina la norma de fabricación permite una fuga permanente máxima I_{dT} = 5 mA.
La total será: $I_{dT} = I_d + I_{dP}$ = 0,01252 A + 0,005 A = 0,01752 A.
Tramo A:

$$R_A = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{2{,}5\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}0225\ \Omega.$$

$\Delta U = R_A \cdot I_{dT} = 0{,}0225\ \Omega \cdot 0{,}01752\ A = 0{,}0003942\ V = 0{,}3942\ mV.$

Tramo B:

$$R_A = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{2\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}02999\ \Omega.$$

$\Delta U = R_A \cdot I_{dT} = 0{,}02999\ \Omega \cdot 0{,}01752\ A = 0{,}0005255\ V = 0{,}5255\ mV.$

Estos valores son muy inferiores a los máximos normalizados tanto por la norma UNE como los prescritos por la ITC-BT-38. No solo por las dimensiones que hemos considerado sino que si las elevamos diez veces también cumplirían.

ITC-BT-38

2.1.2 Conexión de equipotencialidad
Todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas al embarrado de equipotencialidad (EE en la figura 1) mediante conductores de cobre aislados e independientes. La impedancia entre estas partes y el embarrado (EE) no deberá exceder de 0,1 ohmios.
Se deberá emplear la identificación verde-amarillo para los conductores de equipotencialidad y para los de protección.
El embarrado de equipotencialidad (EE) estará unido al de puesta a tierra de protección (PT en la figura 1) por conductor aislado con la identificación verde-amarillo, y de sección no inferior a 16 mm^2 de cobre.
La diferencia de potencial entre las partes metálicas accesibles y el embarrado de equipotencialidad (EE) no deberá exceder de 10 mV eficaces en condiciones normales.

En estas condiciones cumplimos las prescripciones para la protección de las personas prescritas por la IEC y UNE. Pero el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en la instrucción ITC-BT-38 en el apartado:

2.1.3 Suministro a través de un transformador de aislamiento
Es obligatorio el empleo de transformadores de aislamiento o de separación de circuitos, como mínimo uno por cada quirófano o sala de intervención, para aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro puede poner en peligro, directa o indirectamente, al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse (ver figura 1).
Se realizará una adecuada protección contra sobreintensidades del propio transformador y de los circuitos por él alimentados. Se concede importancia muy especial a la coordinación de las protecciones contra sobreintensidades de todos los circuitos y equipos alimentados a través de un transformador de aislamiento, con objeto de evitar que una falta de uno de los circuitos pueda dejar fuera de servicio la totalidad de los sistemas alimentados a través del citado transformador.
El transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento cumplirán la norma UNE 20615.
Se dispondrá de un cuadro de mando y protección por quirófano o sala de intervención, situado fuera del mismo, fácilmente accesible y en sus inmediaciones. Éste deberá incluir la protección contra sobreintensidades, el transformador de aislamiento, el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento. Es muy importante que en el cuadro de mando y panel indicador del estado de aislamiento, todos los mandos queden perfectamente identificados y sean de fácil acceso. El cuadro de alarma del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento deberá estar en el interior del quirófano o sala de intervención y ser fácilmente visible y accesible, con posibilidad de sustitución fácil de sus elementos.

Considera obligatorio el uso de un transformador de aislamiento para los circuitos:
- Torreta aérea de tomas de corriente (con terminales para conexión equipotencial envolvente conectada al embarrado conductor de protección).
- Luminaria de quirófano y su correspondiente equipo.
- Mesa de operaciones de mando eléctrico.

Utilización de transformadores de aislamiento en los quirófanos

Si aislamos parte de la instalación sólo mejoramos las protecciones a las corrientes de choque.

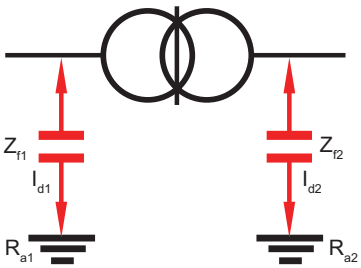


Fig. L6.4-572: *separación de circuitos en un quirófano a través de un aislador de aislamiento.*

En el momento que separamos un circuito galvánicamente a través de un transformador de aislamiento hemos logrado dos circuitos aislados y cada uno de ellos tiene una capacitancia y una resistencia con respecto a tierra. Al separar unos circuitos (metros de cable activos) del área del quirófano hemos aumentado la impedancia con respecto a tierra y por tanto hemos reducido la intensidad de fuga. La cual queda subdividida en dos circuitos. Ahora disponemos de dos valores más reducidos de la intensidad de fuga dentro del quirófano, por tanto hemos reducido el riesgo.

Primera fuga

La intensidad de fuga es función de la capacitancia y resistencia de la red con respecto a tierra (I_d).
La intensidad de fuga son unos miliamperios. Pero los equipos de electromedicina pueden tener unas fugas permanentes del orden de 5 mA máximo (por prescripción normativa de construcción).
En la mayoría de los casos estamos en situaciones como la descrita:

$I_{dT} = I_d + I_{dP} = 0{,}01252\ A + 0{,}005\ A = 0{,}01752\ A.$

Si situamos un interruptor diferencial de 30 mA que por construcción puede desconectar entre 15 y 30 mA. En la mayoría de los casos entre la intensidad de fugas y la intensidad de fuga permanente superan el umbral de desconexión del diferencial de 30 mA, por tanto debemos situar interruptores diferenciales de 300 mA. Pero los 300 mA difícilmente los lograremos con una corriente de fuga en las dimensiones que nos movemos, por tanto no desconectará.

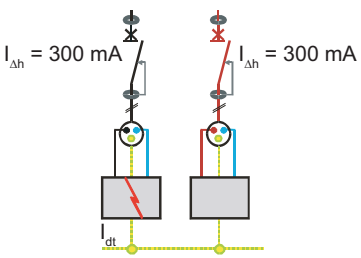


Fig. L6.4-573: *comportamiento de los interruptores automáticos y diferenciales, al primer defecto, en un circuito de régimen IT, aguas abajo de un SAI.*

La pregunta es: “por qué proponemos un interruptor automático y diferencial si no ha de desconectar por corrientes de fuga”. La respuesta la tenemos en la función real para la cual lo proponemos.
Al estar el circuito alimentado por SAI “on-line” la intensidad de cortocircuito está limitada a unos 2,3 I_n en el valor de cresta, durante un segundo.
Estos valores tan bajos de las intensidades de cortocircuito, provocan que no lleguen a superar las 11 I_n, que necesitan los interruptores automáticos para una desconexión instantánea, o sea del orden de los 20 ms y desconecten por el relé de tiempo corto a valores mucho más largos.
Para la protección del cuerpo humano de los contactos de choque es imprescindible el corte en milisegundos y sólo lo podremos asegurar (en ciertos casos) con interruptores diferenciales DDR.

Segunda fuga
Cuando ya existe una fuga y se produce una segunda fuga de un conductor activo diferente puede ser entre:
■ Dos fases.
■ Una fase y el neutro.
El circuito se cierra a través del conductor de protección PEN, cuya impedancia es bajísima y provoca una intensidad elevada (I_{cc}), en las alimentaciones con SAI, de unos centenares de amperios.
Esta fuga a través del conductor de protección tanto la detectará el núcleo toroidal (relé a corriente diferencial residual) como el relé de tiempo corto del interruptor automático magnetotérmico.
El toroidal detectará un desequilibro de unos centenares o decenas de amperios igual que el relé de tiempo corto del interruptor automático:
■ Con un valor de $I_{cc} \geqslant 5\ I_{\Delta n} = 5 \cdot 0{,}3\ A = 1{,}5\ A$ el interruptor DDR desconecta en 40 ms.
■ Con un valor de I_{cc} de 150 A un interruptor magnetotérmico de 10 A (15 I_n) desconectaría en unos 20 ms pero un interruptor magnetotérmico de 20 A (7,5 I_n) desconectaría entre 20 ms y 5 segundos.

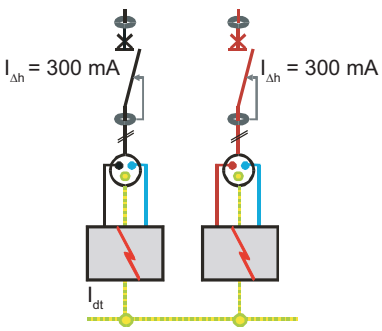


Fig. L6.4-574: *comportamiento de los interruptores automáticos y diferenciales, al segundo defecto, en un circuito de régimen IT, aguas abajo de un SAI.*

Este tiempo del interruptor automático no es adecuado para la protección del cuerpo humano.
En este caso el que provoca la desconexión es el relé a corriente diferencial residual en 40 ms. Adecuado para proteger el cuerpo humano.
Estamos acostumbrados a las alimentaciones a través de CT con intensidades de cortocircuito elevadas, donde estos problemas no se presentan en estas dimensiones. La ITC-BT-38 considera que no se deben utilizar interruptores diferenciales DDR en la protección de circuitos derivados de transformadores de aislamiento, pero sí la utilización de interruptores automáticos magnetotérmicos. Pero en los casos de muy bajas tensiones de cortocircuito, la solución más útil es el interruptor combinado, magnetotérmico más diferencial.

En la exposición realizada hasta el momento hemos dado las siguientes prioridades:
■ La separación galvánica de la red de alimentación del grupo de dependencias 2, de la red general.
■ La calidad de la onda senoidal, de la red de alimentación de las dependencias del grupo 2, independizándola de la onda senoidal de la red de régimen TT, a través de SAI.
La utilización de SAI con separación galvánica para conseguir los dos objetivos es la solución más adecuada, con los conocimientos tecnológicos y materiales que disponemos en este momento tecnológico.
La prescripción ITC-BT-38 del reglamento, de la situación de transformadores de separación galvánica para los circuitos especificados del quirófano, es una solución aplicable para redes muy grandes. En las que las intensidades de fuga a través de su capacitancia con respecto a tierra son elevadas y superan las prescripciones de 50 µA y 50 mV.

El REAL DECRETO 842|2002 de 2 agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en su promulgación considera: que las prescripciones del mismo son de mínimos y que cualquier medida que supere las condiciones de los mínimos, debidamente demostrada, es aceptada.

En línea con la reglamentación europea, las prescripciones establecidas por el propio Reglamento se considera que alcanzan los objetivos mínimos de seguridad exigibles en cada momento, de acuerdo con el estado de la técnica, pero también se admiten otras ejecuciones cuya equivalencia con dichos niveles de seguridad se demuestre por el diseñador de la instalación.
Por otro lado, a diferencia del anterior, el Reglamento que ahora se aprueba permite que se puedan conceder excepciones a sus prescripciones en los casos en que se justifique debidamente su imposibilidad material y se aporten medidas compensatorias, lo que evitará situaciones sin salida.

La norma UNE 20460-7-710, por la cual España tuvo que solicitar autorización a CENELEC.

El 91 Consejo Técnico de CENELEC, de marzo de 1997, autorizó al Comité Nacional Español a publicar esta norma UNE (20460-7-710) según aparece reflejado en su decisión D91/046, con el consiguiente levantamiento del acuerdo de *statu quo* al que están sometidos todos los miembros de CENELEC.

Hoy existe una norma IEC 60364-7-710 de 2002-11. Esta nueva norma no es consensuada por CENELEC y existen dificultades para llegar a acuerdos.
El nuevo documento IEC debería incorporar las tecnologías actuales de seguridad y calidad de la energía, para el uso médico, en los estados críticos de los pacientes.
A tal fin se ha redactado este apartado del Manual teórico-práctico.

Qué sucede al situar un transformador de aislamiento

Tal como hemos expresado en páginas anteriores, disponemos de dos circuitos con dos impedancias mayores con respecto a tierra y consecuentemente intensidades de fuga menores.
Esta práctica de subdividir los circuitos de régimen IT en dos a través de un transformador de separación galvánica, es adecuado para reduir las corrientes de fuga en dos.

Cómo deberemos conectar la red equipotencial de tierra

La lógica nos obliga a considerar dos tomas de tierra diferentes.

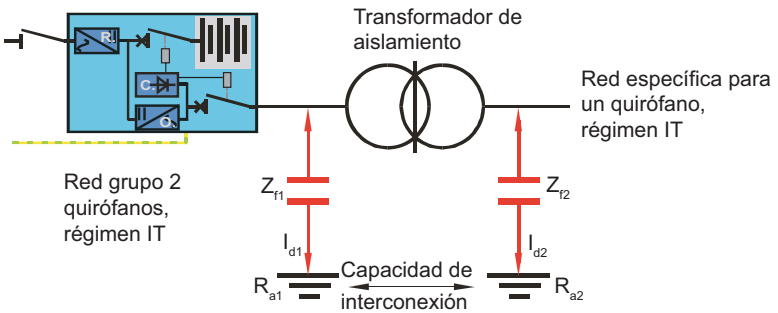


Fig. L6.4-575: *conexiones del conductor de protección de dos circuitos de régimen IT separados galvánicamente por un transformador, alternativa 1.ª.*

Una para las masas afectadas por el circuito del primario y otra para las del secundario.
En realidad en función de la calidad de la tierra y la distancia entre ellas existirá una interconexión y las masas de una quedarán afectadas por las fugas de las otras masas, en valores menores en función de la impedancia de la posible capacidad de interconexión.
Si cada uno de los dos circuitos de las redes del primario y secundario nos permiten cumplir las prescripciones principales de las intensidades de fuga y caídas de tensión, podemos conectar las dos redes equipotenciales al borne principal de toma de tierra de una sola toma de tierra.

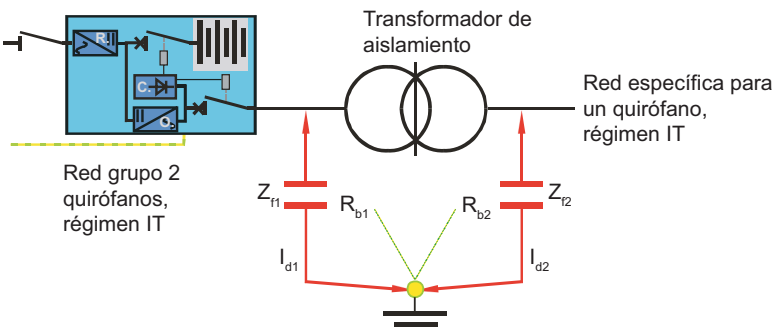


Fig. L6.4-576: *conexiones del conductor de protección de dos circuitos de régimen IT separados galvanicamente por un transformador, alternativa 2.ª.*

En el esquema que hemos descrito para las salas del grupo 2 la red de régimen IT cumple las condiciones prescritas por la norma y el reglamento, por tanto podemos considerar una sola toma de tierra para cada grupo de red.
La diferencia la podemos encontrar en el control del aislamiento, y es posible que debamos disponer de un equipo para cada circuito.

El circuito para las UVI

Un circuito equivalente al de los quirófanos lo hemos considerado para las UVIs y salas de catéteres. El reglamento de baja tensión no especifica ninguna prescripción específica para ellos y por tanto el esquema propuesto (L6.4-564, página L/1590) es válido.
Para toda la red con ECT IT, en los locales de uso médico del grupo 2 debemos mantener unos controles en el funcionamiento del mismo.

El documento UNE 20460-7-710 especifica los siguientes criterios de control del régimen IT:

■ La resistencia interna en corriente alterna debe ser al menos de 100 kW.
■ La tensión de ensayo no será superior a 25 V en corriente continua.
■ La corriente de ensayo no será superior a 1 mA, incluso en condiciones de defecto.
■ La indicación (alarma) tendrá lugar, a lo más tardar, cuando la resistencia de aislamiento disminuya hasta 50 kW. Para realizar este chequeo el equipo debe disponer de un aparato de medida.
■ La indicación (alarma) debe tener lugar si está interrumpida la tierra o el cable de conexión.
Por cada sistema IT se incorporará un dispositivo de alarma acústica y visual situado en un lugar apropiado, a fin de que pueda ser vigilado constantemente (señales acústicas y visuales) durante su utilización por el personal médico; este dispositivo poseerá los siguientes elementos:
■ Una lámpara de señalización verde para indicar que el funcionamiento es normal.
■ Una lámpara de señalización amarilla que se encienda cuando se alcance el valor mínimo fijado para la resistencia de aislamiento.
■ Una alarma acústica que emita una señal cuando se alcance el valor mínimo fijado para la resistencia de aislamiento. La señal acústica podrá ser desconectada. La señal visual sólo se podrá anular suprimiendo la causa del defecto.
Los transformadores para el sistema IT en los locales del grupo 2 deben ser transformadores de aislamiento según la IEC 60742 o UNE 20615.

Schneider Electric hace años que dispone de equipos adecuados para esta función.

Circuito de control del aislamiento

Distinguiremos dos circuitos:
■ Un circuito general para toda una red con ECT IT de amplia extensión.
■ Un circuito par una red con ECT IT reducida.
En cualquiera de los casos en el momento que alimentemos un quirófano, deberemos tener en consideracón lo que especifica:
□ El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la ITC-BT-38 en el quirófano.
□ Las recomendaciones para las dependencias del grupo 2 según la norma UNE 20460-7-710.

Circuito de control del aislamiento para una red ECT IT reducida

Schneider Electric dispone de un equipo específico para controlar el aislamiento en circuitos ECT IT reducidos, e incluso aguas abajo de un transformador de aislamiento.

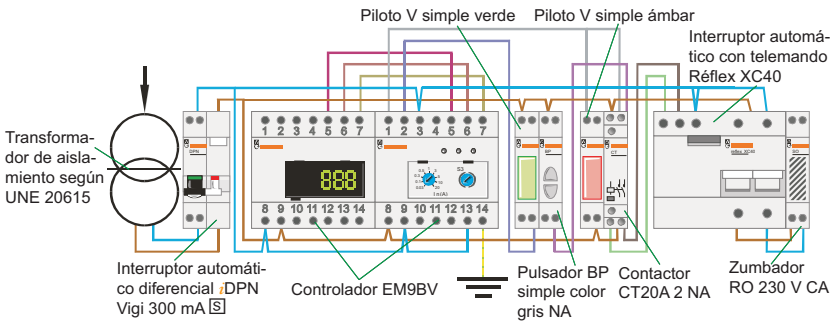


Fig. L6.4-577: *esquema circuito de control del aislamiento para una red ECT IT reducida.*

Transformador de aislamiento según UNE 20615.
Interruptor automático diferencial *i*DPN Vigi 300 mA S.
Controlador EM9BV.
■ Adecuado para redes:
□ ECT IT.
□ BT corriente alterna hasta:
– Neutro accesible: 760 V.
– Neutro no accesible: 440 V.
□ Extensión de la red de 0 a 50 km de conductores.
□ Un solo aparato para red independiente.
□ Neutro aislado o puesto a tierra a través de una impedancia capacitiva.
□ EM9BV: vigilancia para redes de aislamiento bajo o capacitativas.
■ Funcionamiento:
□ Inyección de tensión continua.
□ Un dispositivo electrónico medirá el aislamiento a partir de la corriente de fuga "artificial", creada en la red por la tensión inyectada, activándose la alarma cuando el aislamiento en inferior al umbral de alarma prefijado por el usuario.
□ La medida es independiente de las capacidades de acoplamiento a tierra.
□ El valor de la resistencia de aislamiento de la red es visible permanentemente en la cara delantera a través de un módulo display (kΩ) adicional suministrado en estándar.
□ La aplicación tipo más frecuente del controlador EM9BV es su inclusión en los paneles de aislamiento que la normativa exige utilizar en ciertas áreas de los hospitales: quirófanos, salas UVIs...
■ Características eléctricas:

□ Ohmímetro digital de	0 a 511 kΩ
□ Umbrales, señalización de defectos	1-2,5-5-10-25-50-75-100 kΩ
□ Tiempo de respuesta	⩽ 5 s
□ Test de funcionamiento	Local
□ Corriente máxima inyectada	240 μA

Interruptor automático con telemando Réflex XC40.
■ El interruptor automático Reflex XC40 asocia, en un mismo aparato, las funciones:
□ Telemando por impulsos y por órdenes mantenidas.
□ Protección contra sobrecarga y cortocircuitos.
□ Señalización "abierto", "cerrado", y "abierto por defecto".
□ Seccionamiento.
Contactor CT20A 2 NA.
Pulsador BP simple color gris NA.
Piloto V simple ámbar.
Piloto V simple verde.
Zumbador RO 230 V CA.

Detección de los circuitos con fuga

El circuito aguas abajo del transformador de aislamiento es muy reducido y la probabilidad del segundo defecto es reducida, por tanto podemos considerar que podremos buscar el primer defecto al final de la utilización, en el periodo de no utilización para el uso médico.
Un equipo portátil para circuitos de dimensiones reducidas es adecuado, formado por:

Kit de búsqueda móvil de defectos XGR + XRM + pinzas

■ Presentación. El kit de búsqueda móvil de defectos se presenta en forma de maleta conteniendo:
□ Un generador de señal de búsqueda XGR alimentado a 220-240 V CA.
□ Un receptor de señal de búsqueda XRM.
□ Tres pinzas amperimétricas: XP15, XP50 y XP100.

Los apartados que constituyen el kit, así como los generadores XGR, alimentados a otras tensiones, pueden suministrarse por separado.

■ Utilización. Este kit se utiliza en las redes BT con neutro aislado IT o impedante. Permite efectuar la búsqueda de defectos en redes:

□ Alternas, 50 a 400 Hz.

□ Continuas.

Se utiliza principalmente con CPIs que inyectan corriente continua (TR22A, EM9B o EM9BV...).

■ Funcionamiento:

□ El generador XGR inyecta, entre la red y tierra, una tensión alterna de 2,5 Hz, creando una corriente de fuga que atraviesa la impedancia de aislamiento de la red.

□ El receptor móvil XRM se asocia a una de las pinzas amperimétricas XP15, XP50 o XP100, captando la corriente de fuga a 2,5 Hz.

El XRM visualiza un valor de 1 a 19, en función de la corriente que atraviesa la pinza, permitiendo así encontrar la salida en defecto.

□ Existen tres modelos de pinzas: XP15, XP50, XP100, para cables de diámetro máximo, respectivo de 12, 50 y 100 mm.

Circuito de control del aislamiento, red ECT IT (amplio) aguas abajo de los SAI, para la alimentación de dependencias del grupo 2

Tanto para los circuitos de alimentación general de los quirófanos, como para el de las UVIs, el concepto de control del aislamiento es igual.

En todo el circuito inyectaremos una corriente de 5 mA a 2,5 Hz, prácticamente inocua para el cuerpo humano y que nos permite detectar una bajada de aislamiento en cualquier ramal.

Se debe comprobar la eficiencia de detección en los circuitos aguas abajo de un transformador de aislamiento. En caso negativo podemos incorporar un circuito de detección para redes reducidas.

Aparamenta para el control general del aislamiento de la zona de quirófanos

■ Un controlador permanente de aislamiento Vigilohm.

■ Un interface de comunicación.

■ Unidades controladores-localizadores.

■ Unidades de localizadores de fugas (toroidales):

7	uds. en el CGBT del grupo de quirófanos
8	uds. en la derivación al quirófano 1.º
9	uds. en la derivación del transformador de aislamiento del quirófano 1.º
8	uds. en la derivación al quirófano 2.º
9	uds. en la derivación del transformador de aislamiento del quirófano 2.º
8	uds. en la derivación al quirófano 3.º
9	uds. en la derivación del transformador de aislamiento del quirófano 3.º
21	uds. en la derivación a la sala de máquinas
79	uds. en total

Los localizadores de fugas (toroidales) los conectaremos a los controladores localizadores por medio de conectores y conductores multipolares:

□ Toroidales en el cuadro general:

TA-01 TA-02 TA-03 TA-04 TA-05 TA-06 TA-07

□ Toroidales para la salida al quirófano 1.º:

TA-4-1 TA-4-2 TA-4-3 TA-4-4 TA-4-5 TA-4-6 TA-4-7 TA-4-8

Toroidales para los circuitos aguas abajo del transformador de aislamiento.

TA48-1 TA48-2 TA48-3 TA48-4 TA48-5 TA48-6 TA48-7 TA48-8 TA48-9

□ Toroidales para la salida al quirófano 2.º:
TA-5-1 TA-5-2 TA-5-3 TA-5-4 TA-5-5 TA-5-6 TA-5-7 TA-5-8
Toroidales para los circuitos aguas abajo del transformador de aislamiento:
TA58-1 TA58-2 TA58-3 TA58-4 TA58-5 TA58-6 TA58-7 TA58-8 TA58-9
□ Toroidales para la salida al quirófano 3.º:
TA-6-1 TA-6-2 TA-6-3 TA-6-4 TA-6-5 TA-6-6 TA-6-7 TA-6-8
Toroidales para los circuitos aguas abajo del transformador de aislamiento:
TA68-1 TA68-2 TA68-3 TA68-4 TA68-5 TA68-6 TA68-7 TA68-8 TA68-9
□ Toroidales para la salida a la sala de máquinas:
TA-7-1 TA-7-2 TA-7-3 TA-7-4 TA-7-5 TA -7-6 TA-7-7 TA-7-8 TA-7-9
TA-7-10 TA-7-11 TA-7-12 TA-7-13 TA-7-14 TA-7-15 TA-7-16 TA-7-17 TA-7-18
TA-7-19 TA-7-20 TA-7-21

Controlador Vigilohm

Funciones y función

El controlador Vigilohm realiza la vigilancia general del aislamiento de una red inyectando una señal alterna de 5 mA a 2,5 Hz entre la red y tierra. Util hasta longitudes de 30 km de cable:
■ La medida:
□ De la resistencia de aislamiento.
□ De la capacidad de fuga de la red con respecto a tierra.
■ La señalización:
□ De un valor correcto de la resistencia de aislamiento (escala luminosa: let. verde).
□ De rebase del valor de la resistencia de aislamiento:
– Por debajo del umbral de prevención (escala luminosa: let. naranja/acondicionamiento de un relé).
– Por debajo del umbral de defecto (escala luminosa: let. rojo/accionamiento de 2 relés siendo uno de seguridad positiva).
□ De la presencia de defectos fugitivos (let. naranja).
■ La visualización:
□ De las medidas de los parámetros.
□ De los eventos detectados por los localizadores asociados.
Todos los datos son accesibles localmente sobre pantalla LCD del CPI y a distancia por bus Vigilohm System.
■ Detección de la salida en defecto.
Función realizada asociando al Vigilohm:
□ Localizadores conectados a 8 o 16 toroidales. Se unen al controlador Vigilohm por el bus Vigilohm System.
□ Detectores comunicantes XD308C. Se unen al controlador Vigilohm por el bus Vigilohm System, y se conectan a los toroidales colocados en las salidas a vigilar.
□ Detectores XD301 y XD312 conectados a los toroidales colocados en las salidas a vigilar.
□ Eventualmente un receptor portátil XRM asociado a una pinza amperimétrica permite realizar la búsqueda. Los aparatos pueden utilizarse simultáneamente.
■ Medida repartida.
Esta función se realiza asociando al CPI Vigilohm (o CPI-localizadores) los localizadores.
Estos localizadores miden la resistencia de aislamiento y la capacidad con respecto a tierra de cada una de las salidas.
Poseen un umbral de defecto regulable por salida.

Capacidad de diálogo

Comunicación con sistema de supervisión.
El interface XTU300 permite comunicar el conjunto controlador + localizadores + detectores comunicantes con un sistema de supervisión utilizando el protocolo de comunicación Jbus.

El interface XTU300 se conecta al bus Vigilohm System y permite fechar los eventos en los CPI.

Gestión de configuraciones

En las redes de configuración variable, un único CPI debe inyectar una señal entre la tierra y el conjunto de las salidas aguas abajo del interruptor automático de cabecera. Por ello, es necesario gestionar la exclusión de los CPI.
Además, cada localizador debe identificar el CPI del que capta la señal.
La exclusión de los CPI y la identificación de los CPI por los localizadores se realiza:
■ Mediante el interface XTU300 en caso de varios juegos de barras.
■ Por el Vigilohm si sólo hay un único juego de barras.
En ambos casos, los contactos que dan la posición de los interruptores automáticos se cablean en las entradas "Todo o Nada" de los CPI Vigilohm, la exclusión de los CPI se hace de manera clásica a través de contactos externos.

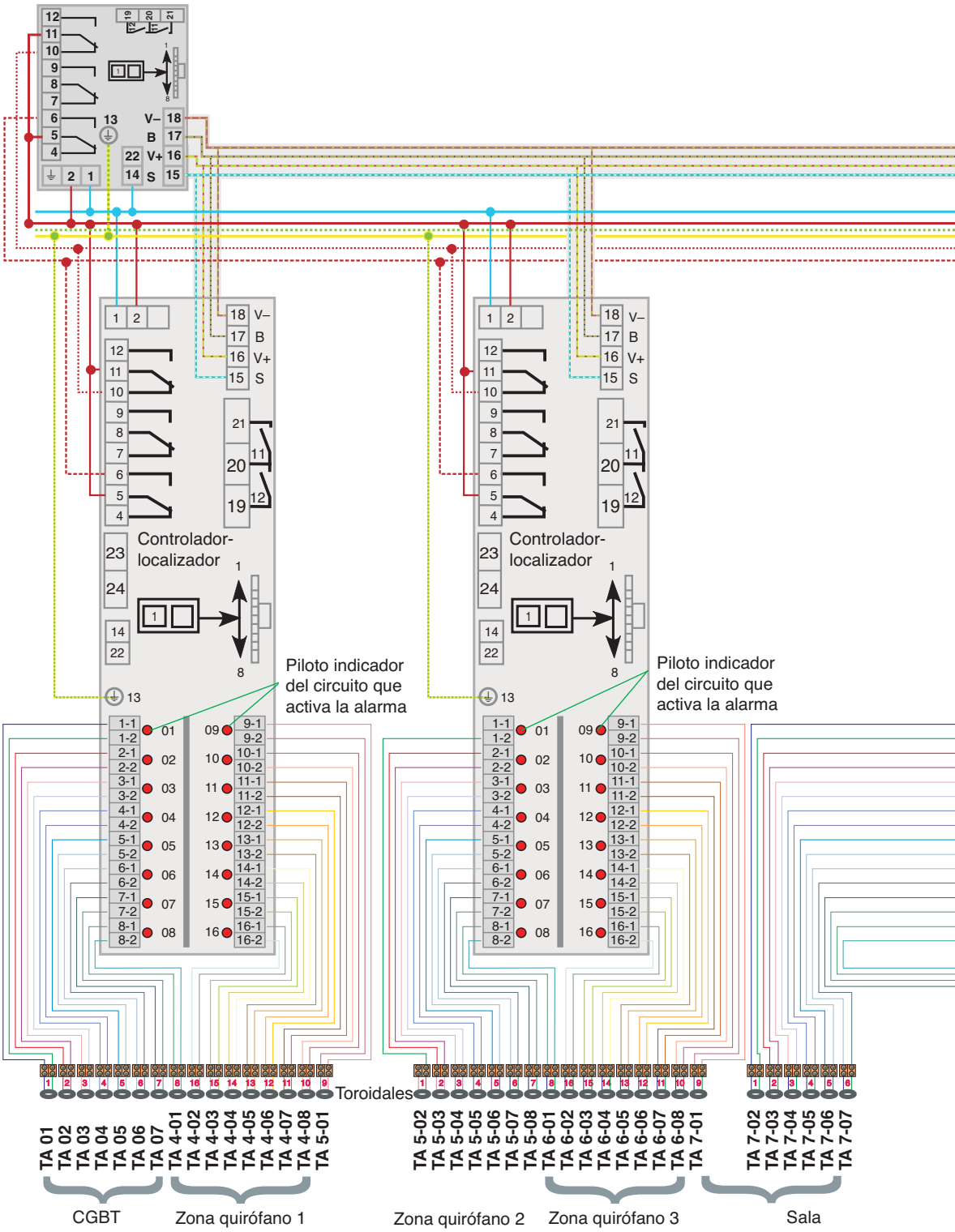
Características eléctricas

Ohmímetro	numérico	
rango de lectura del aislamiento de la red	0,1 a 999 kW	
señalización de defectos n.º de umbrales	2 (precintables)	
regulación umbrales	1.er umbral (prevención)	10 a 100 kW
	2.º umbral (defecto)	0,1 a 20 kW
temporización sobre señalización defecto	3 escalones	0 s, 15 s, 30 s
tensión dieléctrica	2.500 V	
tolerancia de la alimentación auxiliar	–15% a +10%	
consumo propio máximo	30 VA	
tensión de medida	25 V	
corriente de medida	3 mA máx.	
impedancia a 50 Hz/CC	33 kW	
test del aparato autodiagnóstico y test manual		
aparato con seguridad positiva	en estándar	
contacto de salida	inversor n.º	2 (1 con seg. posit.)
poder de corte del contacto	CA 380 V cos φ = 0,7	3 A
de salida	220 V cos φ = 0,7	5 A
	CC 220 V L/R = 0	0,45 A
	120 V L/R = 0	0,65 A
	48 V L/R = 0	2,5 A
	24 V L/R = 0	10 A
sección de conexionado conductor	rígido	1 a 1,5 mm^2
	conductor flexible	0,75 a 1,5 mm^2

Localizadores

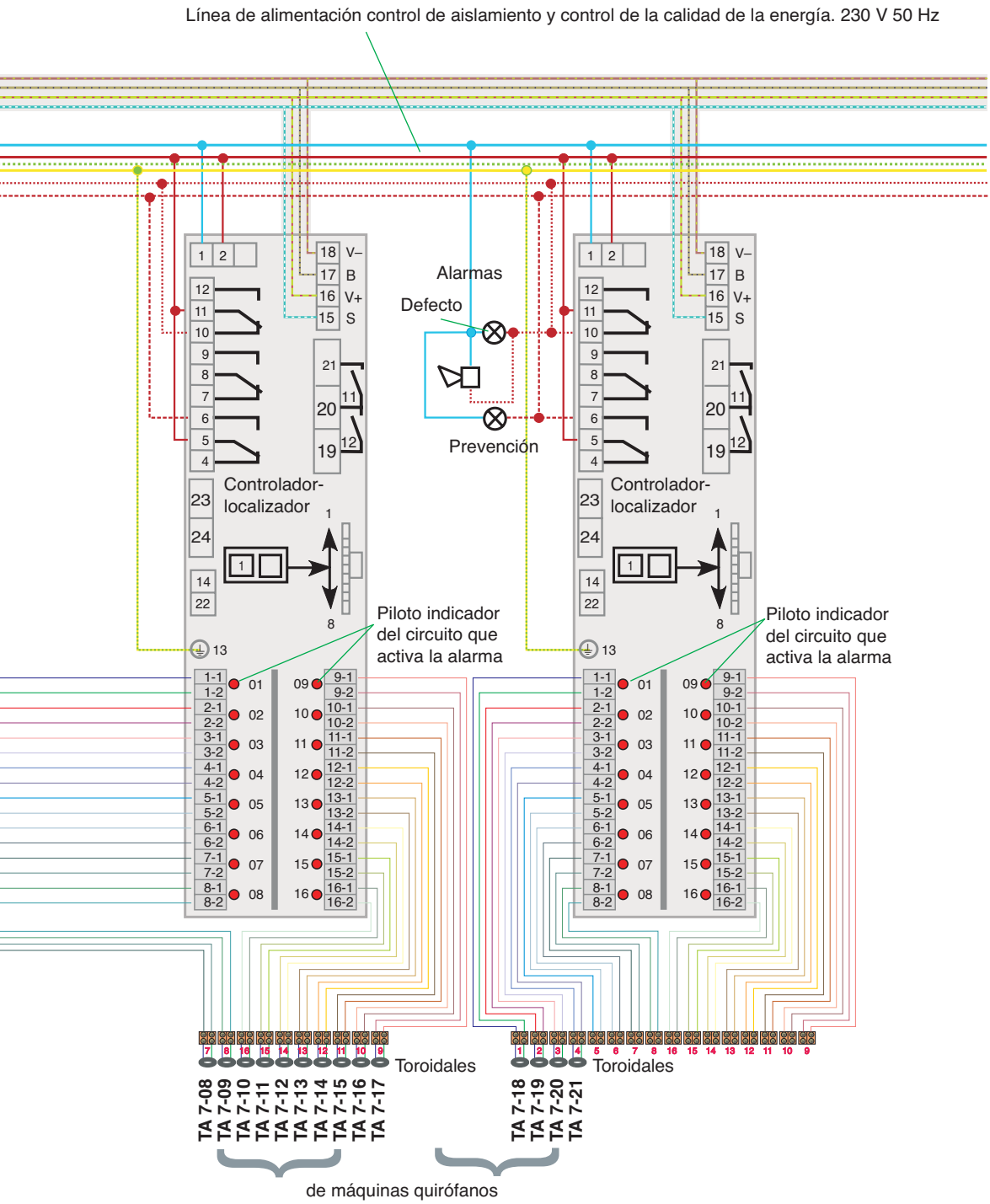
■ Funciones y función.
Los localizadores en asociación con un CPI Vigilohm, aseguran la vigilancia de aislamiento de 8 o 16 salidas y la localización automática de los defectos.
■ La medida:
□ De la resistencia de aislamiento de cada salida vigilada.
□ De la capacidad de fugas de cada salida vigilada con respecto a tierra.
■ La señalización:
□ De un valor correcto de la resistencia de aislamiento (let. verde). Del rebase del valor de la resistencia de aislamiento por debajo del umbral de defecto (let. rojo/accionamiento de dos relés, siendo uno de seguridad positiva). El umbral de defecto es regulable en cada una de las 8 o 16 vías correspondientes a una salida.

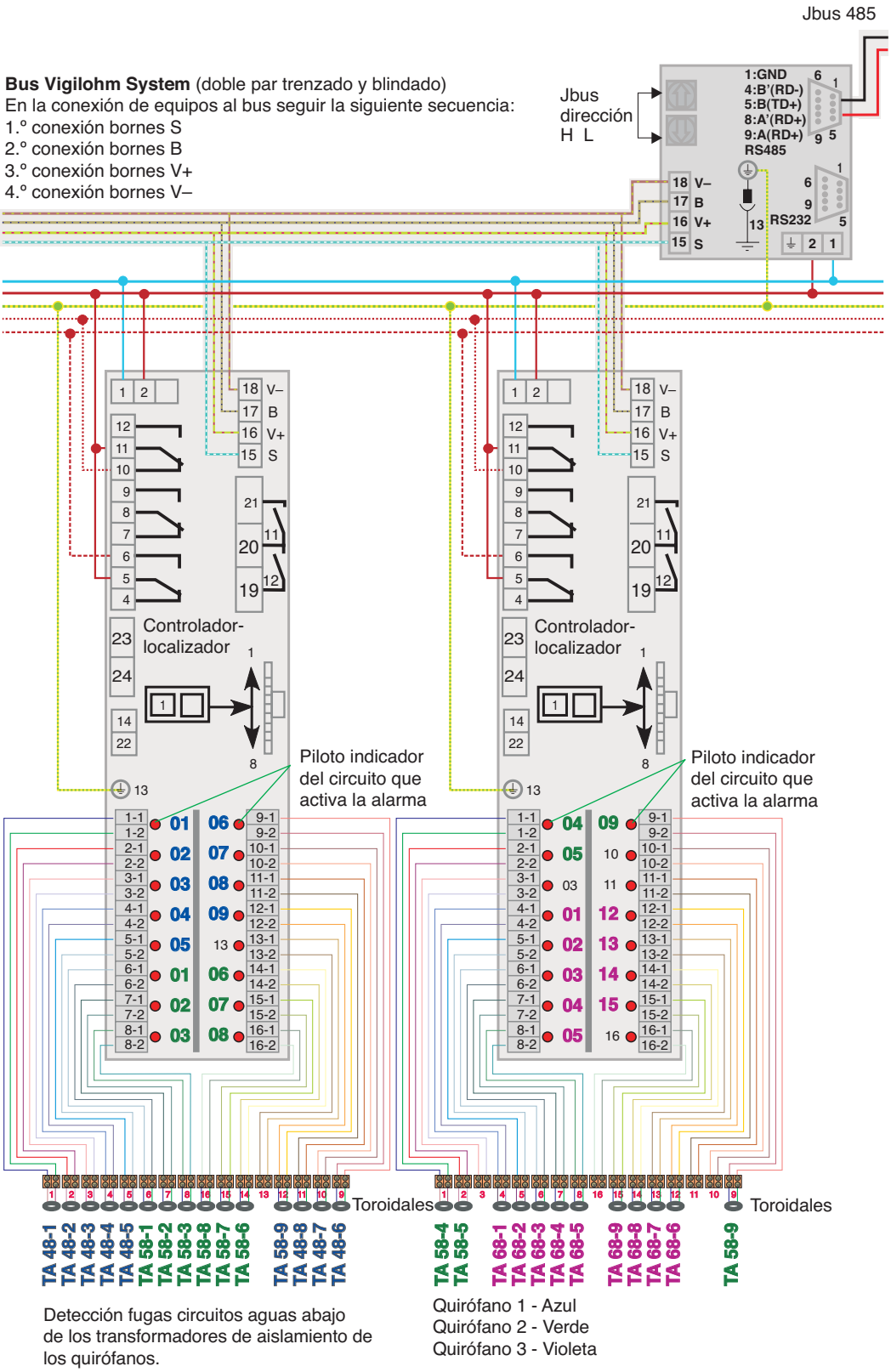
Controlador permanente
de aislamiento Vigilohm
5 mA - 2,5 Hz



L
6.4

Fig. L6.4-578: *esquema del circuito de control de aislamiento de la red de régimen IT de la zona quirófanos.*





Detección fugas circuitos aguas abajo de los transformadores de aislamiento de los quirófanos.

Quirófano 1 - Azul
Quirófano 2 - Verde
Quirófano 3 - Violeta

□ De la presencia de defectos fugitivos en cada salida.
■ La visualización:
□ De la salida en defecto: el aparato integra una señalización por 8 o 16 lets (1 por salida).
□ De los defectos fugitivos en cada salida, consultables por pantalla.
■ Capacidad de diálogo:
□ Los defectos detectados por los localizadores se pueden visualizar en el CPI que funciona con el localizador.
□ Las informaciones que transmiten al CPI se pueden transmitir a un supervisor gracias al interface XTU300 conectados al bus Vigilohm System.
■ Toroidales.
Los localizadores funcionan con toroidales de tipo A y OA.
■ Instalación, conexionado:
□ Montaje horizontal empotrado en frontal de armario o de cofret.
□ Montaje simplificado en envolventes Prisma con la ayuda de placas soporte y de tapas perforadas.
□ Conexiones entre aparatos, ejecutadas con cable blindado trenzado-doble par (4 hilos) de 0,75 mm^2. La resistencia entre los puntos más alejados no debe exceder de 12 W. La capacidad de acoplamiento entre los pares no debe exceder de 250 nF.
□ Conexionado de los toros por cable trenzado-blindado (1 par).
El bus Vigilohm System, para funcionar, debe integrar obligatoriamente un interface XAS en ausencia de interfaces XTU300.

Interface de comunicación

Cuando se utilizan al menos dos aparatos entre los Vigilohm, o se desea realizar la conexión con un supervisor, es necesario, en todos los casos, conectar un interface (y sólo uno) al bus.

Función

El interface permite comunicar Vigilohm System con un supervisor o autómata utilizando un protocolo de comunicación tipo Jbus.
Este transmite al exterior las siguientes informaciones de Vigilohm System:
■ Alarma de prevención y alarma de defecto de los CPI Vigilohm (sólo Vigilohm para XLI200).
■ Alarma de defecto de los localizadores.
■ Medidas de aislamiento y de capacidad.
■ Umbrales de regulación.
Permite la regulación de los umbrales a distancia por el supervisor.

Aparamenta para el control general del aislamiento de la zona de las UVIs

■ Un controlador permanente de aislamiento Vigilohm.
■ Un interface de comunicación.
■ Unidades controladores-localizadores.
■ Unidades de localizadores de fugas (toroidales):

7	uds. en el CGBT del grupo de quirófanos
19	uds. en la derivación a la UVI 1.º
19	uds. en la derivación a la UVI 2.º
19	uds. en la derivación a la UVI 3.º
21	uds. en la derivación a la sala de máquinas.
85	uds. en total

Los localizadores de fugas (toroidales) los conectaremos a los controladores localizadores por medio de conectores y conductores multipolares:

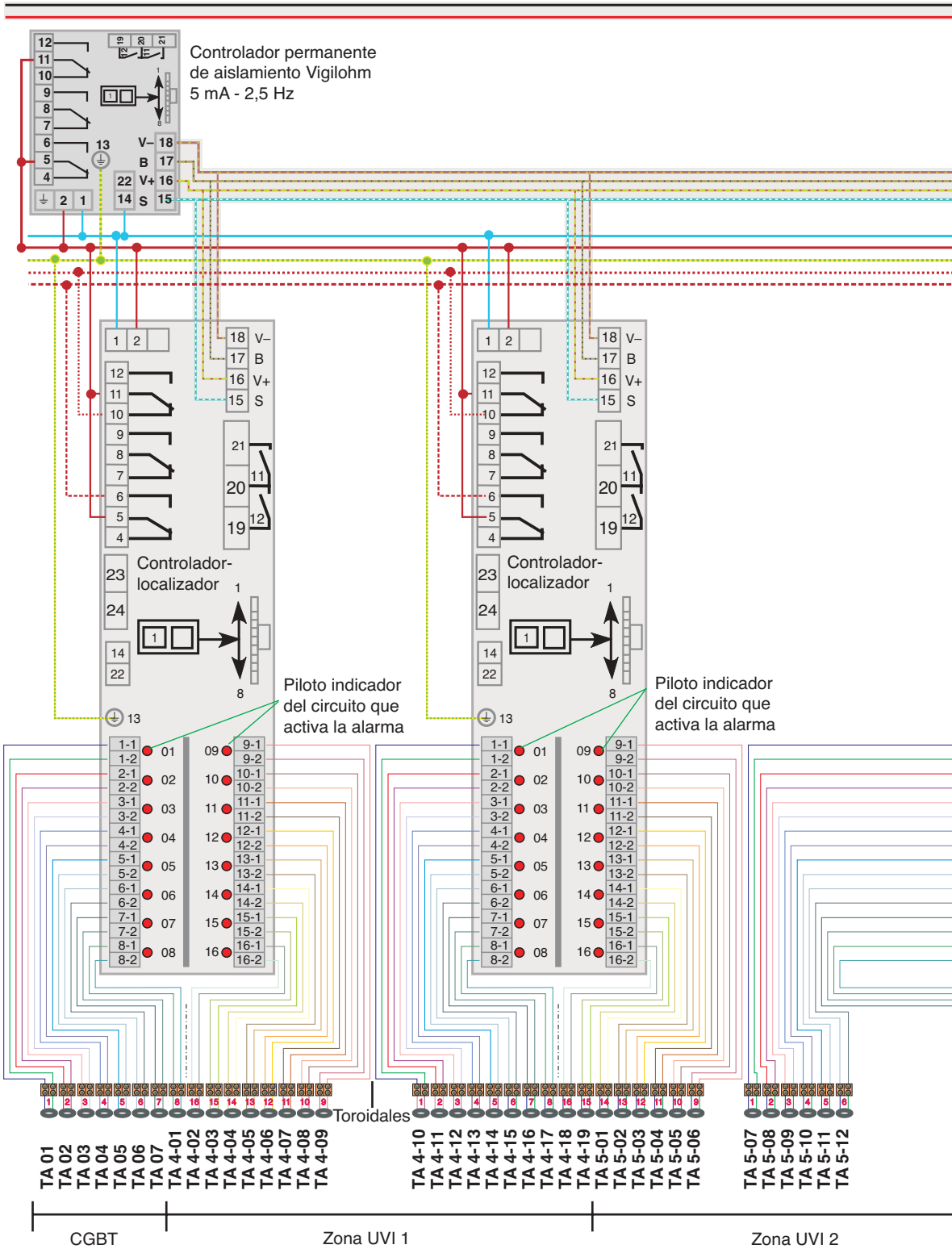
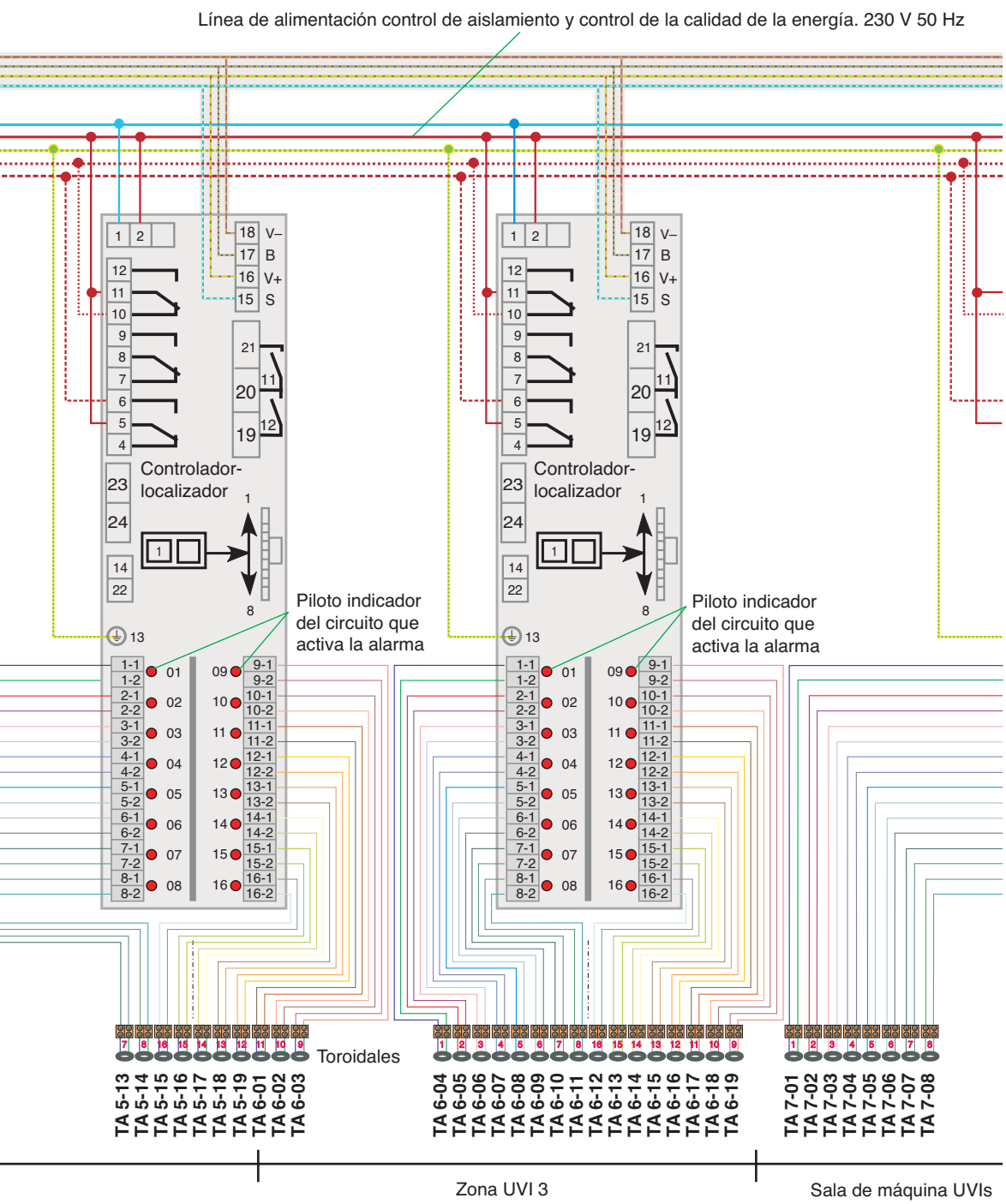
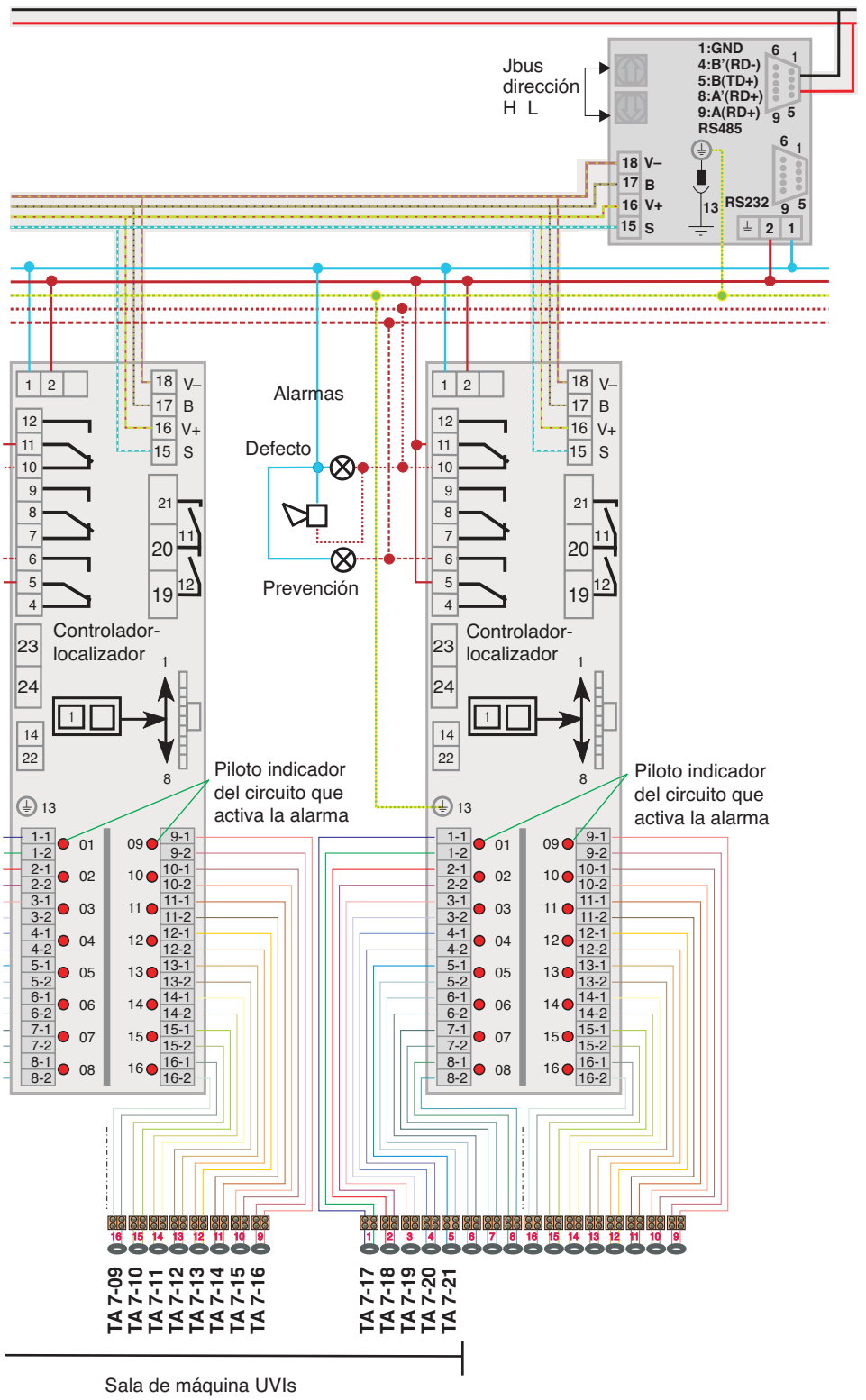

Controlador permanente
de aislamiento Vigilohm
5 mA - 2,5 Hz
Controlador-
localizador
Piloto indicador
del circuito que
activa la alarma
Toroidales
TA 01
TA 02
TA 03
TA 04
TA 05
TA 06
TA 07
TA 4-01
TA 4-02
TA 4-03
TA 4-04
TA 4-05
TA 4-06
TA 4-07
TA 4-08
TA 4-09
TA 4-10
TA 4-11
TA 4-12
TA 4-13
TA 4-14
TA 4-15
TA 4-16
TA 4-17
TA 4-18
TA 4-19
TA 5-01
TA 5-02
TA 5-03
TA 5-04
TA 5-05
TA 5-06
TA 5-07
TA 5-08
TA 5-09
TA 5-10
TA 5-11
TA 5-12
CGBT
Zona UVI 1
Zona UVI 2

Fig. L6.4-579: *esquema del circuito de control de aislamiento de la red de régimen IT de la zona UVIs.*




Jbus
dirección
H L
1:GND
4:B'(RD-)
5:B(TD+)
8:A'(RD+)
9:A(RD+)
RS485
RS232
18 V–
17 B
16 V+
15 S
Alarmas
Defecto
Prevención
Controlador-
localizador
Piloto indicador
del circuito que
activa la alarma
TA 7-09
TA 7-10
TA 7-11
TA 7-12
TA 7-13
TA 7-14
TA 7-15
TA 7-16
TA 7-17
TA 7-18
TA 7-19
TA 7-20
TA 7-21
Sala de máquina UVIs

L
6.4

□ Toroidales en el cuadro general:
TA-01 TA-02 TA-03 TA-04 TA-05 TA-06 TA-07
□ Toroidales para la salida a la UVI 1.º:
TA-4-1 TA-4-2 TA-4-3 TA-4-4 TA-4-5 TA-4-6 TA-4-7 TA-4-8 TA-4-9 TA-4-10 TA-4-11 TA-4-12 TA-4-13 TA-4-14 TA-4-15 TA-4-16 TA-4-17 TA-4-18 TA-4-19
□ Toroidales para la salida a la UVI 2.º:
TA-5-1 TA-5-2 TA-5-3 TA-5-4 TA-5-5 TA-5-6 TA-5-7 TA-5-8 TA-5-9 TA-5-10 TA-5-11 TA-5-12 TA-5-13 TA-5-14 TA-5-15 TA-5-16 TA-5-17 TA-5-18 TA-5-19
□ Toroidales para la salida al quirófano 3.º:
TA-6-1 TA-6-2 TA-6-3 TA-6-4 TA-6-5 TA-6-6 TA-6-7 TA-6-8 TA-6-9 TA-6-10 TA-6-11 TA-6-12 TA-6-13 TA-6-14 TA-6-15 TA-6-16 TA-6-17 TA-6-18 TA-6-19
□ Toroidales para la salida a la sala de máquinas:
TA-7-1 TA-7-2 TA-7-3 TA-7-4 TA-7-5 TA -7-6 TA-7-7 TA-7-8 TA-7-9 TA-7-10 TA-7-11 TA-7-12 TA-7-13 TA-7-14 TA-7-15 TA-7-16 TA-7-17 TA-7-18 TA-7-19 TA-7-20 TA-7-21

Controlador Vigilohm

Funciones y función

El controlador Vigilohm realiza la vigilancia general del aislamiento de una red inyectando una señal alterna de baja frecuencia 2,5 Hz y 5 mA entre la red y tierra. Util hasta longitudes de 30 km de cable:
■ La medida:
□ De la resistencia de aislamiento.
□ De la capacidad de fuga de la red con respecto a tierra.
■ La señalización:
□ De un valor correcto de la resistencia de aislamiento (escala luminosa: let. verde).
□ De rebase del valor de la resistencia de aislamiento:
– Por debajo del umbral de prevención (escala luminosa: let. naranja/acondicionamiento de un relé).
– Por debajo del umbral de defecto (escala luminosa: let. rojo/accionamiento de 2 relés siendo uno de seguridad positiva).
□ De la presencia de defectos fugitivos (let. naranja).
■ La visualización:
□ De las medidas de los parámetros.
□ De los eventos detectados por los localizadores asociados.
Todos los datos son accesibles localmente sobre pantalla LCD del CPI y a distancia por bus Vigilohm System.
■ Detección de la salida en defecto.
Función realizada asociando al Vigilohm:
□ Localizadores conectados a 8 o 16 toroidales. Se unen al controlador Vigilohm por el bus Vigilohm System.
□ Detectores comunicantes XD308C. Se unen al controlador Vigilohm por el bus Vigilohm System, y se conectan a los toroidales colocados en las salidas a vigilar.
□ Detectores XD301 y XD312 conectados a los toroidales colocados en las salidas a vigilar.
□ Eventualmente un receptor portátil XRM asociado a una pinza amperimétrica permite realizar la búsqueda. Los diferentes aparatos pueden utilizarse simultáneamente.
■ Medida repartida.
Esta función se realiza asociando al CPI Vigilohm (o CPI-localizadores) los localizadores.

Estos localizadores miden la resistencia de aislamiento y la capacidad con respecto a tierra de cada una de las salidas.
Poseen un umbral de defecto regulable por salida.

Capacidad de diálogo
Comunicación con sistema de supervisión.
El interface XTU300 permite comunicar el conjunto controlador + localizadores + detectores comunicantes con un sistema de supervisión utilizando el protocolo de comunicación Jbus.
El interface XTU300 se conecta al bus Vigilohm System y permite fechar los eventos en los CPI.

Gestión de configuraciones
En las redes de configuración variable, un único CPI debe inyectar una señal entre la tierra y el conjunto de las salidas de aguas abajo del interruptor automático de cabecera. Por ello, es necesario gestionar la exclusión de los CPI.
Además, cada localizador debe identificar el CPI del que capta la señal.
La exclusión de los CPI y la identificación de los CPI por los localizadores se realiza:
■ Mediante el interface XTU300 en caso de varios juegos de barras.
■ Por el Vigilohm si sólo hay un único juego de barras.
En ambos casos, los contactos que dan la posición de los interruptores automáticos se cablean en las entradas "Todo o Nada" de los CPI Vigilohm, la exclusión de los CPI se hace de manera clásica a través de contactos externos.

Características eléctricas

Ohmímetro	numérico	
rango de lectura del aislamiento de la red	0,1 a 999 kW	
señalización de defectos n.º de umbrales	2 (precintables)	
regulación umbrales	1.er umbral (prevención)	10 a 100 kW
	2.º umbral (defecto)	0,1 a 20 kW
temporización sobre señalización defecto	3 escalones	0 s, 15 s, 30 s
tensión dieléctrica	2.500 V	
tolerancia de la alimentación auxiliar	–15% a +10%	
consumo propio máximo	30 VA	
tensión de medida	25 V	
corriente de medida	3 mA máx.	
impedancia a 50 Hz/CC	33 kW	
test del aparato autodiagnóstico y test manual		
aparato con seguridad positiva	en estándar	
contacto de salida	inversor n.º	2 (1 con seg. posit.)
poder de corte del contacto	CA 380 V cos φ = 0,7	3 A
de salida	220 V cos φ = 0,7	5 A
	CC 220 V L/R = 0	0,45 A
	120 V L/R = 0	0,65 A
	48 V L/R = 0	2,5 A
	24 V L/R = 0	10 A
sección de conexionado conductor	rígido	1 a 1,5 mm^2
	conductor flexible	0,75 a 1,5 mm^2

Localizadores

■ Funciones y función.
Los localizadores, en asociación con un CPI Vigilohm, aseguran la vigilancia de aislamiento de 8 o 16 salidas y la localización automática de los defectos.
■ La medida:

□ De la resistencia de aislamiento de cada salida vigilada.
□ De la capacidad de fugas de cada salida vigilada con respecto a tierra.
■ La señalización:
□ De un valor correcto de la resistencia de aislamiento (let. verde). Del rebase del valor de la resistencia de aislamiento por debajo del umbral de defecto (let. rojo/ accionamiento de dos relés, siendo uno de seguridad positiva). El umbral de defecto es regulable en cada una de las 8 o 16 vías correspondientes a una salida.
□ De la presencia de defectos fugitivos en cada salida.
■ La visualización:
□ De la salida en defecto: el aparato integra una señalización por 8 o 16 lets (1 por salida).
□ De los defectos fugitivos en cada salida, consultables por pantalla.
■ Capacidad de diálogo:
□ Los defectos detectados por los localizadores se pueden visualizar en el CPI que funciona con el localizador.
□ Las informaciones que transmiten al CPI se pueden transmitir a un supervisor gracias al interface XTU300 conectados al bus Vigilohm System.
■ Toroidales.
Los localizadores funcionan con toroidales de tipo A y OA.
■ Instalación, conexionado:
□ Montaje horizontal empotrado en frontal de armario o de cofret.
□ Montaje simplificado en envolventes Prisma con la ayuda de placas soporte y de tapas perforadas.
□ Conexiones entra aparatos, ejecutadas con cable blindado trenzado-doble par (4 hilos) de 0,75 mm^2. La resistencia entre los puntos más alejados no debe exceder de 12 W. La capacidad de acoplamiento entre los pares no debe exceder de 250 nF.
□ Conexionado de los toros por cable trenzado-blindado (1 par).
El bus Vigilohm System, para funcionar, debe integrar obligatoriamente un interface XAS en ausencia de interfaces XTU300.

Interface de comunicación

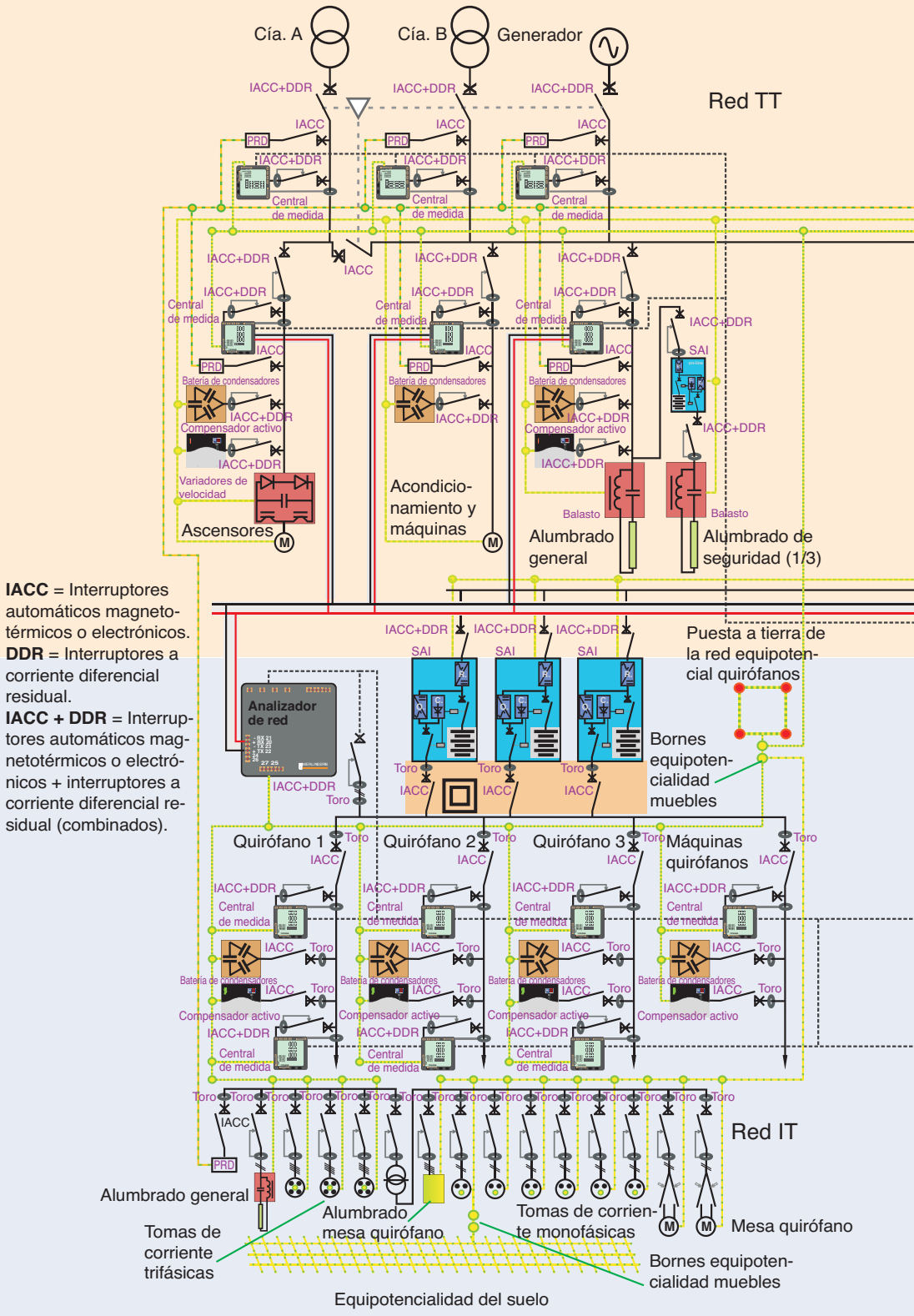
Cuando se utilizan al menos dos aparatos entre los Vigilohm, o se desea realizar la conexión con un supervisor, es necesario, en todos los casos, conectar un interface (y sólo uno) al bus.

Función

El interface permite comunicar Vigilohm System con un supervisor o autómata utilizando un protocolo de comunicación tipo Jbus.
Este transmite al exterior las siguientes informaciones de Vigilohm System:
■ Alarma de prevención y alarma de defecto de los CPI Vigilohm (sólo Vigilohm para XLI200).
■ Alarma de defecto de los localizadores.
■ Medidas de aislamiento y de capacidad.
■ Umbrales de regulación.
Permite la regulación de los umbrales a distancia por el supervisor.

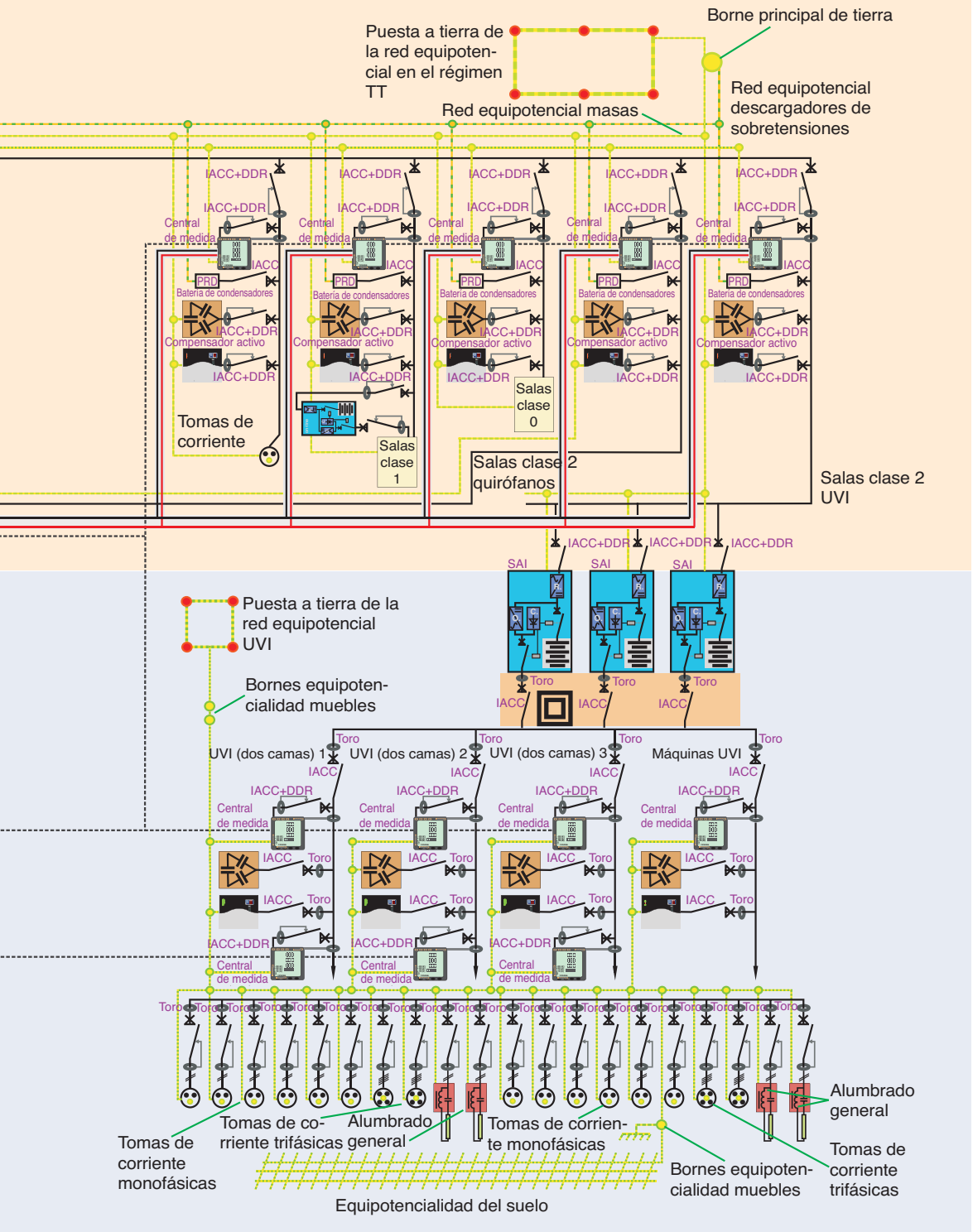
Búsqueda de averías

En el momento en que se ha perdido aislamiento hasta el umbral de prevención, se inicia la búsqueda de la avería.
El detector toroidal nos indica el tramo o salida en que se encuentra y entonces podemos tomar decisiones. Pero siempre tendremos que localizar el punto.
Esta localización puede ser muy simple e incluso evidente con una simple inspección ocular, pero en función del tipo de instalación puede ser laboriosa, sobre todo en instalaciones subterráneas.
En el ejemplo que nos ocupa la instalación está prevista para una fácil identificación, desde el cuadro general situado en la sala de máquinas.



IACC = Interruptores automáticos magneto-térmicos o electrónicos.
DDR = Interruptores a corriente diferencial residual.
IACC + DDR = Interrup-tores automáticos mag-netotérmicos o electró-nicos + interruptores a corriente diferencial re-sidual (combinados).

Fig. L6.4-580: *esquema general de un centro hospitalario o de uso clínico con control de la calidad de la energía.*



Control de la calidad

Hemos diseñado un circuito para disponer de una calidad de la onda senoidal que nos permita una correcta actuación de los equipos de electromedicina. Pero no es suficiente el hecho de un correcto diseño del circuito, si no disponemos de un control a tiempo real de la realidad, para poder detectar las posibles desviaciones.

Es obvia la necesidad del control de la calidad de la energía del circuito a tiempo real para poder actuar en operaciones correctivas que permitan el mantenimiento del nivel de calidad previsto.

A tal fin situaremos:

■ Un analizador de red.

■ Un servidor web.

■ 26 unidades de central de medida.

□ 3 unidades de central de medida a la entrada de cada fuente de alimentación.

□ 1 unidad de central de medida a la salida para los ascensores.

□ 1 unidad de central de medida a la salida para las máquinas y equipos de acondicionamiento.

□ 1 unidad de central de medida a la salida para el alumbrado general y alumbrado de seguridad (1/3).

□ 1 unidad de central de medida a la salida de la línea para las tomas de corriente

□ 1 unidad de central de medida a la salida de las dependencias de clase 0.

□ 1 unidad de central de medida a la salida de las dependencias de clase 1.

□ 1 unidad de central de medida a la salida de las dependencias de clase 2 quirófanos.

□ 1 unidad de central de medida a la salida de las dependencias de clase 2 UVIs.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del quirófano 1.º.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del quirófano 1.º aguas abajo del compensador activo de armónicos.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del quirófano 2.º.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del quirófano 2.º aguas abajo del compensador activo de armónicos.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del quirófano 3.º.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del quirófano 3.º aguas abajo del compensador activo de armónicos.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación de la sala de máquinas de los quirófanos.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del UVI 1.º.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del UVI 1.º aguas abajo del compensador activo de armónicos.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del UVI 2.º.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del UVI 2.º aguas abajo del compensador activo de armónicos.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del UVI 3.º.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación del UVI 3.º aguas abajo del compensador activo de armónicos.

□ 1 unidad de central de medida a la derivación de la sala de máquinas de las UVIs.

■ El control de calidad a la entrada de cada fuente debe controlar la calidad de la onda senoidal de cada fuente e indicarnos las desviaciones con respecto a la continuidad de suministro y la propia onda senoidal.

■ El control de calidad a la salida de la toma para los ascensores nos debe indicar si la generación de armónicos y el desfase, producido por los controladores de velocidad y los motores, quedan totalmente compensados y no interfieren a la red general.

■ El control de calidad a la salida para las máquinas de uso general y las de acondicionamiento, nos deben indicar si el desfase producido por los motores es totalmente compensado y si existe alguna otra distorsión que debemos corregir.

■ El control de calidad a la salida para el alumbrado nos debe indicar si el desfase y los armónicos producidos por los balastos es totalmente compensado y si se produce algun Flicker u otra desviación de la calidad.
■ El control de calidad a la salida para las tomas de corriente nos debe indicar qué tipo de distorsión producen las cargas para poderla corregir.
■ El control de calidad para las dependencias de clase 0 a clase 1 pretenden controlar e indicar si los equipos de corrección son suficientes para mantener una mínima calidad de la onda.
■ El control de calidad para las dependencias de clase 2 pretende controlar e indicar si los equpos de corrección son suficientes para mantener una mínia calidad de la onda senoidal, y cuál es la distorsión que se produce aguas abajo de los equipos de corrección.
■ Un analizador de red.
■ Un servidor web.
■ 26 unidades de central de medida.

Analizador de red

Son analizadores de redes de grandes prestaciones que ofrecen numerosas posibilidades de medida y una integración sencilla en los sistemas gracias a su conectividad Ethernet y a su servidor web integrado.
Son la solución ideal para aquellos usuarios para los que la disponibilidad y la calidad de la energía son imprescindibles. Normalmente se utilizan en las llegadas y las salidas sensibles. Gracias a sus numerosas funciones, entre las que destaca la detección de transitorios, se pueden resolver rápidamente problemas relacionados con una onda senoidal de mala calidad.
De igual modo, son los productos idóneos para responder a las necesidades relacionadas con la liberalización del mercado eléctrico. En lo que concierne al consumo, puede igualmente medir consumos de otras utilidades, como el agua, el gas o el vapor.

Aplicaciones

■ Análisis completo de calidad de suministro de energía según UNE-EN 50160. Análisis espectral de armónicos.
■ Supervisión exhaustiva de la instalación eléctrica en:
□ Acometidas de servicio.
□ Cargas muy críticas.
□ Instalaciones sensibles o problemáticas.
□ Grandes consumos (en control de energía, cuando prima la precisión).
Es fundamental tener en cuenta la precisión de los captadores.
■ Registrador de parametros.
■ Control de energía muy preciso. Clase 0,2 certificada.
■ Supervisión de otras señales (mediante entradas/salidas analógicas y digitales). Programable.
■ Sólo CM4000T:
□ Detección de transitorios en tensión a partir de un microsegundo. Análisis que va más allá que la normativa vigente. Solución de problemas internos de sobretensiones.

Características

■ Clase 0,2 en potencia y energía según IEC 60687 y ANSI C12.20.
Verificación del consumo, curva de carga.
■ Detección de huecos y puntas de tensión.
Identificación rápida del origen de las averías/problemas.
■ Detección y captura de transitorios inferiores a 1 ms (opción).
Identificación de averías causadas por perturbaciones breves: conmutación de condensadores...

■ Captura de onda flexible.
Duración del registro regulable o autoadaptable para capturar los sucesos largos: arranque de motor, secuencia de reenganche...
■ Adquisición de valores RMS cada 100 ms.
Mantenimiento preventivo: adquisición de la curva de arranque de un motor.
■ Conectividad en redes rápidas Ethernet 10/100 Mbits/s (opción).
Distribución rápida de la información en la intranet o en Internet.
■ Servidor de páginas HTML personalizables (opción).
Acceso a la información sin herramientas especiales, es suficiente con un navegador web.
■ Hasta 25 entradas/salidas para supervisar la instalación eléctrica.
Posición de los interruptores automáticos y control de otros servicios: agua, gas...
■ Hasta 32 Mb de memoria.
Para activar datos y formas de ondas.

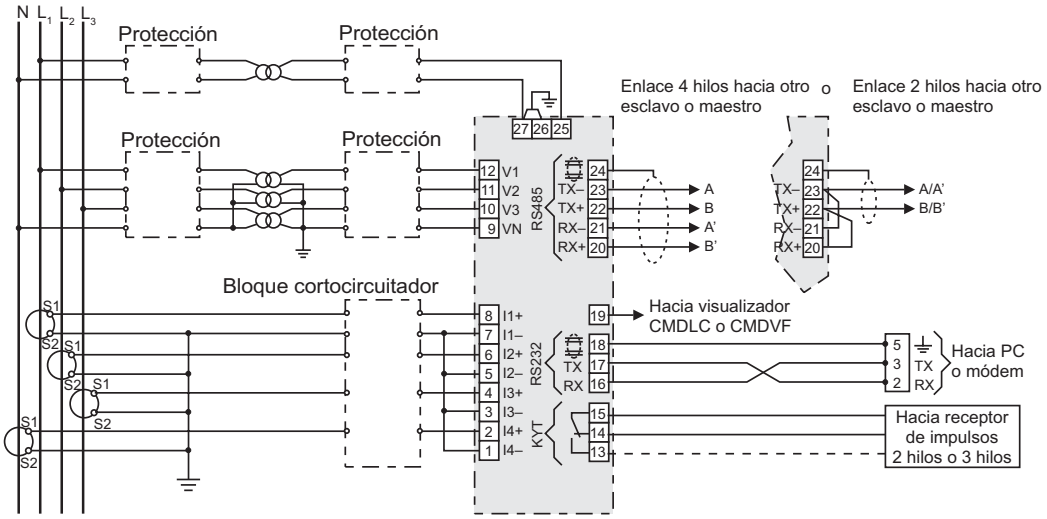


Fig. L6.4-581: *esquema de conexión de un analizador de red de 4 hilos.*

Central de medida

El sistema de monitorización de energía está formada por centrales de medida de altas prestaciones. Concentra en una unidad de tan sólo 96 · 96 mm todas las soluciones de medida requeridas para la supervisión de una instalación eléctrica. Gracias a su amplia pantalla de fácil lectura, se pueden visualizar las tres fases y el neutro simultáneamente. Dicha pantalla es antirreflejos y resistente a las rayaduras, e incorpora un interfaz intuitivo con menús autoguiados. Es de fácil lectura, incluso en condiciones de iluminación externas o ángulos difíciles, gracias a su retroiluminación con luz blanca y a sus amplios dígitos. La central de medida incorpora de serie un puerto de comunicación RS485, 1 entrada digital, 1 salida de impulsos, cálculo del THD y configuración y registro de alarmas en la unidad base. Además de estas utilidades, las centrales de medida permiten el registro personalizable de parámetros en su memoria y el espectro de armónicos en tensión e intensidad. Asimismo, la central de medida proporciona capturas de onda.

Aplicaciones

■ Instrumentación de panel, supervisión de circuitos.
■ Subcontaje/Asignación de costes/Comprobación de consumos.
■ Supervisión remota de una instalación eléctrica.
■ Supervisión básica de calidad de la energía.
■ Optimización del contrato y curvas de carga.

Características

■ Visualizador retroiluminado amplio y de fácil lectura.
La central de medida incorpora una pantalla antirreflejos, resistente a las rayaduras y de fácil lectura incluso en condiciones de iluminación extrema.
■ Visualización de múltiples parámetros simultáneamente.
Supervisa simultáneamente intensidad, tensión, potencia y energía en una sola vista.
■ Navegación inductiva en pantalla.
Con sus menús autoguiados, la central de medida es de uso sencillo y requiere una formación mínima.
■ Alta precisión en los 4 cuadrantes.
Precisión en energía IEC 60687 y ANSI C12.20 clase 0,5 S (centrales de medidas). IEC 61036 clase 1 (central de medida).
Mayor potencia de procesado - 128 muestras/ciclo, permitiendo una adquisición de datos sin puntos ciegos.
■ Curvas de tendencia y predicciones a corto plazo (sólo central de medida).
Cálculo rápido de tendencias y predicciones de valores futuros para una mejor toma de decisiones.
■ Extensa memoria interna (centrales de medidas).
Mantiene múltiples registros internos preconfigurados con información crítica, incluyendo registro de consumo, personalización de alarmas y mantenimiento.
■ Modular y expansible.
Las prestaciones de la central de medida pueden ser ampliadas mediante los módulos de E/S y la pantalla remota. Una sola central puede incorporar varios módulos para aumentar sus capacidades cuando sea necesario. Se le pueden añadir hasta 4 salidas de relé, 12 entradas digitales y 4 E/S analógicas, además del módulo PM8LOG para las centrales de medidas o la pantalla para las centrales de medidas que se haya adquirido sin ella.

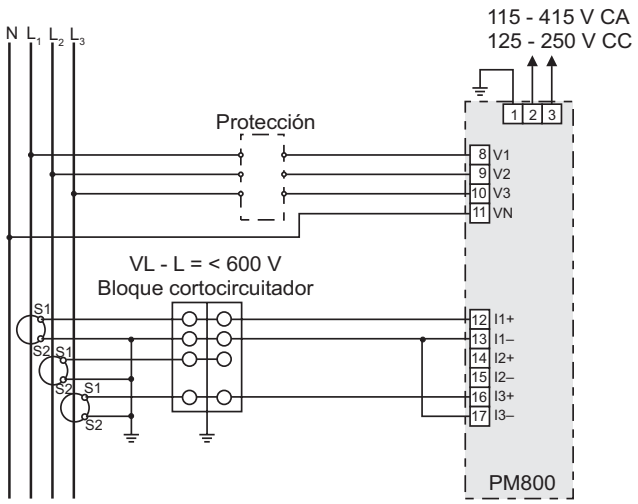
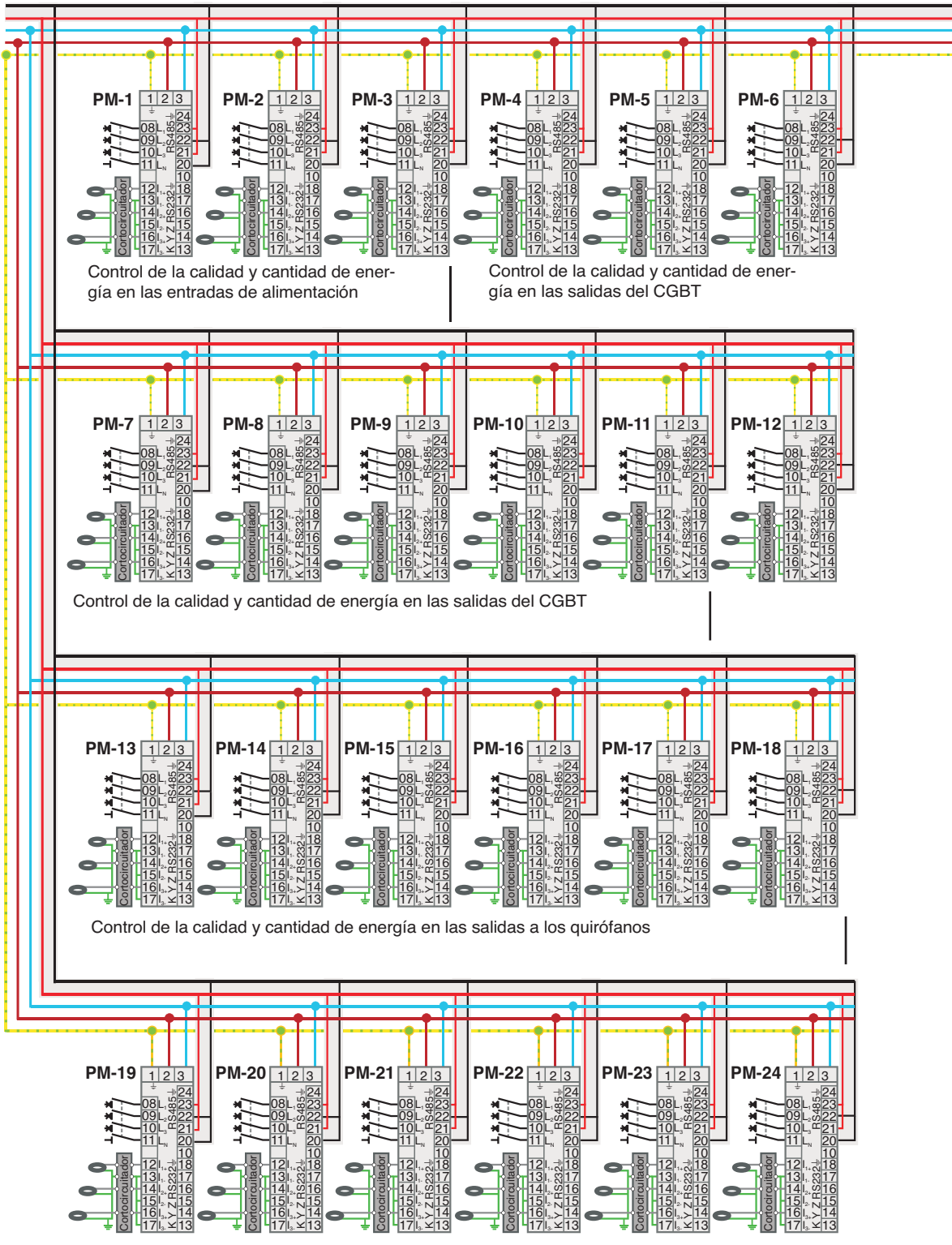
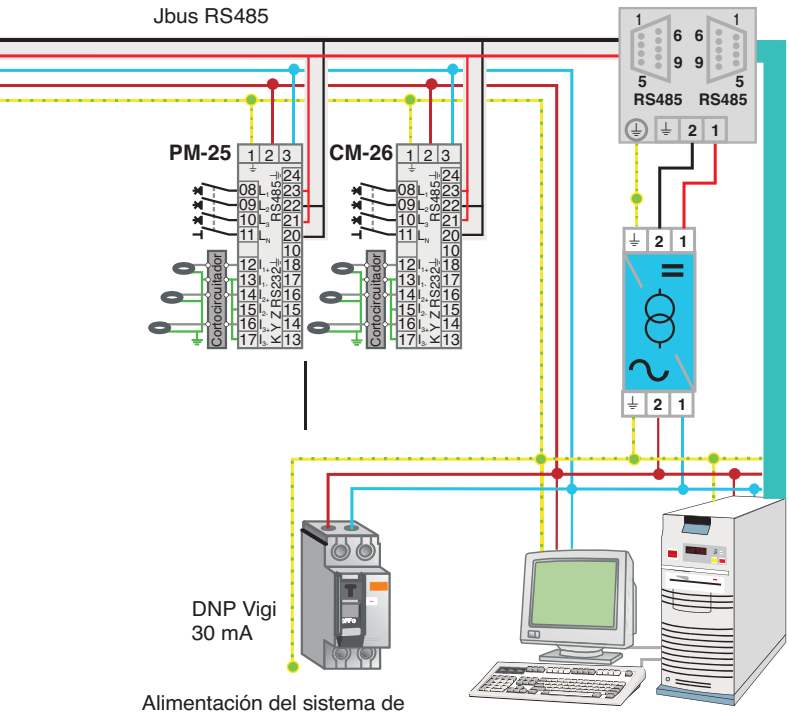


Fig. L6.4-582: *esquema de conexión de una central de medida.*

Servidor web

Ahora, más que nunca existe la necesidad de supervisar los sistemas de distribución eléctrica y ahorro energético en aplicaciones industriales y terciarias. La clave para maximizar eficiencias, reducir costes y aumentar beneficios radica en utilizar la herramienta correcta. El servidor web está diseñado para trabajar en condiciones rigurosas y para proporcionar información fluida y de fácil interpretación:


Jbus RS485
PM-1
PM-2
PM-3
PM-4
PM-5
PM-6
Control de la calidad y cantidad de energía en las entradas de alimentación
Control de la calidad y cantidad de energía en las salidas del CGBT
PM-7
PM-8
PM-9
PM-10
PM-11
PM-12
Control de la calidad y cantidad de energía en las salidas del CGBT
PM-13
PM-14
PM-15
PM-16
PM-17
PM-18
Control de la calidad y cantidad de energía en las salidas a los quirófanos
PM-19
PM-20
PM-21
PM-22
PM-23
PM-24
Control de la calidad y cantidad de energía en las salidas a las UVIs



Servidor Web, miniordenador preparado con programas para el control del aislamiento y el control de calidad y cantidad de la energía.

PC central para el control del mantenimiento general de las instalaciones.

Alimentación del sistema de control del aislamiento y del control de calidad desde la salida de los SAI para la alimentación de las UVI en régimen IT.

Fig. L6.4-583: *esquema de control de la calidad y control general del control de aislamiento y la calidad.*

■ Es un servidor web que puede proporcionar supervisión local mediante una pantalla táctil o un PC y/o trabajar en una red corporativa.
■ Es un servidor web que permite la comunicación simultánea de hasta 10 usuarios. Esta comunicación se lleva a cabo mediante un explorador web estándar. Permite visualizar información de cualquier dispositivo Modbus/Jbus que resida en la misma red Ethernet o cuelgue de alguno de sus dos puertos RS485.
La información y formato de visualización son:

Datos en tiempo real
■ Relojes analógicos.
■ Tablas.
■ Diagrama de barras.

Alarmas y eventos
■ Alarmas activas.
■ Histórico de eventos (icono de captura de onda asociada).

Históricos e informes
■ Gráficos de tendencias.
■ Gráficos circulares.
■ Informes tabulares.

Modos operativos

El servidor web dispone de dos modos operativos:

■ Modo parametrización. Mediante comunicación Netmeeting el administrador del servidor web puede configurar/diseñar:

□ Datos a registrar.

□ Umbrales de activación de alarmas.

□ Planificación de informes.

□ Diseñar esquemas unifilares

□ Tareas a ejecutar periódicamente.

■ Modo ejecución. Permite la comunicación simultánea de hasta 10 usuarios mediante un explorador web estándar (Internet Explorer. Netscape). Ejecución automática de tareas, informes, registro de alarmas, etc.

Tecnología Pull & Push

■ Pull. Permite volcar al servidor web ficheros de todo tipo:

□ Pdf's.

□ Actualización de nuevos dispositivos.

□ Páginas HTML.

■ Push. Permite enviar periódicamente ficheros a distintas bases de datos para centralización de toda la información.

Prestaciones y beneficios

■ Visualización de la información sin software propietario:

□ Proporciona páginas web para visualización de datos en tiempo real.

□ No requiere PC de dedicación exclusiva ni mantenimiento de PC.

■ Supervisión de costes energéticos:

□ Almacena consumos energéticos de agua, aire, gas, electricidad y vapor.

■ Flexibilidad en arquitecturas de comunicación:

□ Coexiste en redes Ethernet como pasarela Modbus/TCP permitiendo la conexión con todo tipo de sistemas, entre ellos ION Enterprise.

□ Acepta todo tipo de dispositivos Modbus.

Características técnicas

■ Procesador:

□ 300 Hz.

□ 256 Mb RAM.

■ Puertos de comunicación:

□ Comunicaciones remotas, preparado para conexiones internet y llamada vía módem.

□ TCP/IP puerto Ethernet, web Server, transmisión de ficheros.

□ Puertos serie:

– Dos puertos serie RS232 (módem externo).

– Dos puertos serie (RS485 (dispositivos).

■ Concentrador de datos:

□ Transmisor optimizado de datos registrados en memoria a servidor central.

□ Registro local de datos para los dispositivos conectados.

□ 20 Gb de disco duro.

■ Interface del sistema:

□ Acepta hasta 64 dispositivos del sistema de monitorización de energía y/o Modbus.

□ Compatible con ION Enterprise.

□ Compatible con terceros softwares mediante conexión Modbus/TCP.

■ Alimentación auxiliar:

□ 24 V CC.

■ Temperatura de operación:

□ 0 a 50 ºC.

■ Envolvente:
□ Envolvente metálica compacta.
□ Anchura: 242 mm.
□ Profundidad: 92 mm.
□ Altura: 145 mm.
■ Pantalla táctil opcional (SD700):
□ NEMA 4.
□ Pantalla 12".

Equipo para el control del circuito eléctrico

■ Una CPU.
■ Una pantalla.
■ Un teclado.
■ Una impresora.
(Ver el esquema del cuadro general Fig. L6.4-579, página L/1619).

Protección contra los choques eléctricos en la red de régimen TT

Consideramos una protección por doble aislamiento desde la entrada hasta el primer interruptor a corriente diferencial residual DDR y el corte de la alimentación a partir de los interruptores a corriente diferencial residual.
Las zonas hospitalarias consideradas son todas excepto las del grupo 2 correspondientes a las zonas de quirófanos y UVIs, que se alimentan a través de SAI y en régimen IT.
Las zonas de los grupos 0 y 1 disponen de servicios para el baño o ducha de pacientes y personal sanitario u otros.
La puesta a tierra la debemos dimensionar para la situación de un cuerpo humano mojado (BB3). Tensión de contacto 12 V (ver Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen).

El cálculo de la puesta a tierra del régimen TT

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB3 en el punto más alejado del borne principal de tierra.
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar la tensión de contacto máxima que un cuerpo humano puede soportar en situaciones BB3 (12 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que tarda el DDR en desconectar: Uc = 54 V.
La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de: $R_B = 10\ \Omega$.
¿Cuál debe ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación (R_A)?
A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del circuito de régimen TT (ver capítulo G, apartado 3. "La desconexión automática en esquema TT", página G/62 del 2.º Volumen).

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 54\ V.$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{54\ V} - 1} = 3{,}06818\ \Omega.$$

Cálculo de la resistencia de las diferentes partes del circuito de puesta a tierra

Resistividad para el cálculo de corrientes de choque en régimen TT, se calcula con un 20% superior a la resistividad a 20 ºC; $\rho = 1{,}25\ \rho_{20} = 0{,}0225\ \Omega\ m/mm^2$.
Del punto más alejado al borne principal de puesta a tierra tenemos los siguientes tramos:

Tramo 1.º - R1 (25 m de conductor Cu de 1,5 mm^2):

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{25\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}375\ \Omega.$$

Tramo 2.º - R2 (30 m de conductor Cu de 4 mm^2):

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{30\ m}{4\ mm^2} = 0{,}16875\ \Omega.$$

Tramo 3.º - R3 (80 m de conductor Cu de 10 mm^2):

$$R_3 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{80\ m}{10\ mm^2} = 0{,}18\ \Omega.$$

Tramo 4.º - R4 (6 m de conductor de Cu de 35 mm^2):

$$R_4 = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{6\ m}{35\ mm^2} = 0{,}003857\ \Omega.$$

La resistencia del tramo será:

$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 0{,}375\ \Omega + 0{,}16875\ \Omega + 0{,}18\ \Omega + 0{,}003857\ \Omega =$
$= 0{,}727607\ \Omega.$

La resistencia de la puesta a tierra será:

$R_{AT} = R_A - R = 3{,}06818\ \Omega - 0{,}727607\ \Omega = 2{,}340573\ \Omega.$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m?

■ En el apartado 5 del capítulo F, Tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de la resistividad del terreno. Necesitamos una resistencia de puesta a tierra de 2,340573 Ω en un terreno de resistividad 100 Ω/m.

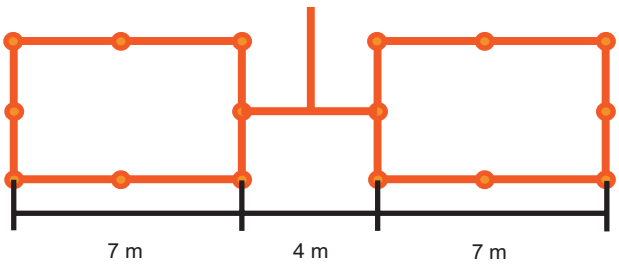
■ El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_T}{\rho} = \frac{2{,}340573\ \Omega}{100\ \Omega/m} = 0{,}02340573.$$

No existe ninguna configuración tabulada que se acerque a esta valor. La solución es situar configuraciones tabuladas en paralelo o generar otras.

El más próximo por defecto es la configuración 70-40/8/86, $K_r = 0{,}045$.

$$\text{N.º (configuraciones)} = \frac{K_r\ (\text{configuración})}{K_r\ (\text{deseado})} = \frac{0{,}045}{0{,}02340573} = 1{,}92\ \text{ud.} \cong 2\ \text{ud.}$$



■ Resistencia de dos configuraciones 70-40/8/86:

La resistencia de la toma de tierra será:

$$R_{aT} = \rho \cdot \frac{K_r}{2} = 100\ \Omega/m \cdot \frac{0{,}045}{2} = 2{,}25\ \Omega.$$

La resistencia total de puesta a tierra será:

$R_a = R_{aT} + R = 2{,}25\ \Omega + 0{,}727607\ \Omega = 2{,}977607\ \Omega.$

Elección y comprobación de los materiales de protección

1.er nivel

En el último tramo la resistencia de la red de puesta a tierra es de $R_a = 2{,}977607\ \Omega$.
La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_a + R_b} = \frac{230\ V}{2{,}977607\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}725\ A.$$

Si utilizamos un DDR de $I\Delta n = 30$ mA tendremos:

$$\frac{I_d}{I\Delta n} = \frac{17{,}725\ A}{0{,}03\ A} = 590{,}76\ ud. \approx 590\ ud.$$

El tiempo de desconexión del DDR (t_{inst} = 590 ud. > 5 ud. = 40 ms).
La tensión de contacto será:
$U_c = R_a \cdot I_d = 2{,}977607\ \Omega \cdot 17{,}725\ A = 52{,}778\ V.$

Comprobación

(Rh) resistencia del cuerpo humano a una tensión de contacto de 52,778 V es del orden de los 1.250 Ω (ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen).
Consideramos el caso más desfavorable; despreciamos el valor de la resistencia de puesta a tierra del cuerpo humano y la posible influencia de su vestimenta.
La intensidad que se derivará por el cuerpo humano que esté en contacto con la masa en tensión, es inversamente proporcional a las resistencias del circuito:

$$I_h = \frac{U_c}{R_h} = \frac{I_d \cdot R_a}{R_h} = \frac{17{,}725\ A \cdot 2{,}977607\ \Omega}{1.250\ \Omega} = \frac{52{,}778\ V}{1.250\ \Omega} = 0{,}0422\ A.$$

$$I_{d1} = \frac{R_h \cdot I_h}{R_a} = \frac{1.250\ \Omega \cdot 0{,}0422\ A}{2{,}977607\ \Omega} = \frac{52{,}75\ V}{2{,}977607\ \Omega} = 17{,}7155\ A.$$

$I_d = I_{d1} + I_h = 17{,}7155\ A + 0{,}0422\ A = 17{,}7577\ A \approx 17{,}725\ A.$

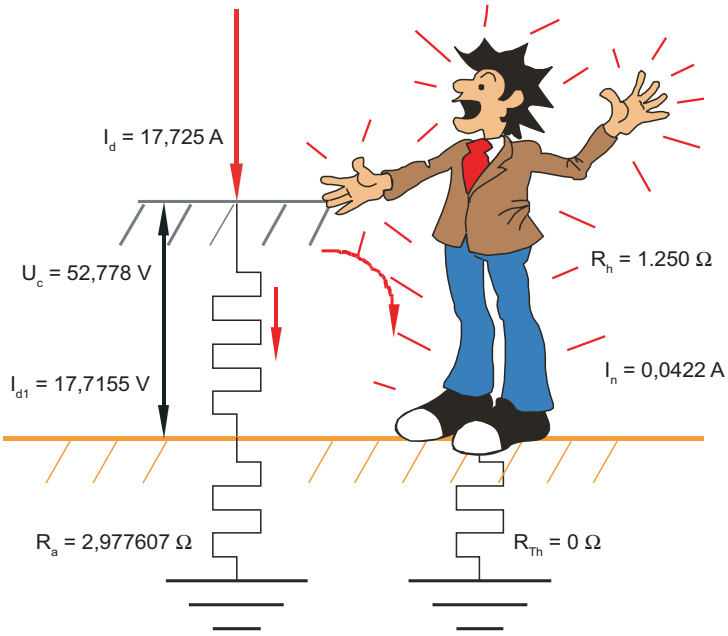


Fig. L6.4-584: *reparto de la corriente de fuga en el primer nivel.*

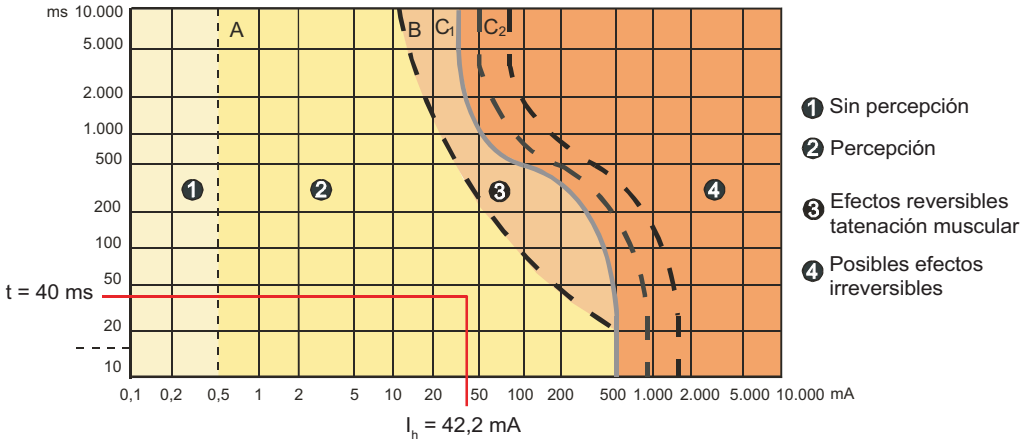


Fig. L6.4-585: *efectos de la corriente de fuga a través del cuerpo humano en el primer nivel.*

La intensidad de fuga que se deriva a través del cuerpo humano I_h = 0,0422 A y el tiempo de corte previsto t = 40 ms, sitúan el contacto de la corriente de fuga a una simple percepción. Totalmente adecuada la protección por corte de la alimentación.

2.º nivel

En un segundo nivel donde la protección debe ser selectiva con las del primer nivel nos podemos encontrar:

Que la resistencia R haya perdido el último tramo y nos encontremos en valores tales como:

$R = R_2 + R_3 + R_4 = 0{,}16875\ \Omega + 0{,}18\ \Omega + 0{,}003857\ \Omega = 0{,}352607\ \Omega$.

La resistencia de la puesta a tierra será:

$R_a = R_{AT} + R = 2{,}25\ \Omega + 0{,}352607\ \Omega = 2{,}602607\ \Omega$.

Elección y comprobación de los materiales de protección.

La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_a + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}602607\ \Omega + 10\ \Omega} = \frac{230\ V}{12{,}602607\ \Omega} = 18{,}250\ A.$$

Si utilizamos un DDR selectivo con el de aguas abajo:

$I_{\Delta n}$ = 300 mA, corresponde a una relación 1/10 con respecto al de aguas abajo de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}250\ A}{0{,}3\ A} = 60{,}83\ ud. \approx 60\ ud.$$

El tiempo de desconexión del DDR (t_{inst} = 60 ud. > 5 ud. = 40 ms).

Para que sea selectivo lo debemos retardar como mínimo 60 ms, por tanto desconectará a 100 ms.

La tensión de contacto será:

$U_c = R_a \cdot I_d = 2{,}602607\ \Omega \cdot 18{,}25\ A = 47{,}4975\ V$.

Comprobación

(Rh) resistencia del cuerpo humano a una tensión de contacto de 47,4975 V es del orden de los 1.450 Ω (ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen).

Consideramos el caso más desfavorable; despreciamos el valor de la resistencia de puesta a tierra del cuerpo humano y la posible influencia de su vestimenta.

La intensidad que se derivará por el cuerpo humano que esté en contacto con la masa en tensión, es inversamente proporcional a las resistencias del circuito:

$$I_h = \frac{U_c}{R_h} = \frac{I_d \cdot R_a}{R_h} = \frac{18{,}25\ A \cdot 2{,}602607\ \Omega}{1.450\ \Omega} = \frac{47{,}4975\ V}{1.450\ \Omega} = 0{,}03275\ A.$$

$$I_{d1} = \frac{R_h \cdot I_h}{R_a} = \frac{1.450\ \Omega \cdot 0{,}03275\ A}{2{,}602607\ \Omega} = \frac{47{,}4875\ V}{2{,}602607\ \Omega} = 118{,}2461\ A.$$

$$I_d = I_{d1} + I_h = 18{,}246\ A + 0{,}03275\ A = 18{,}27875\ A \approx 18{,}250\ A.$$

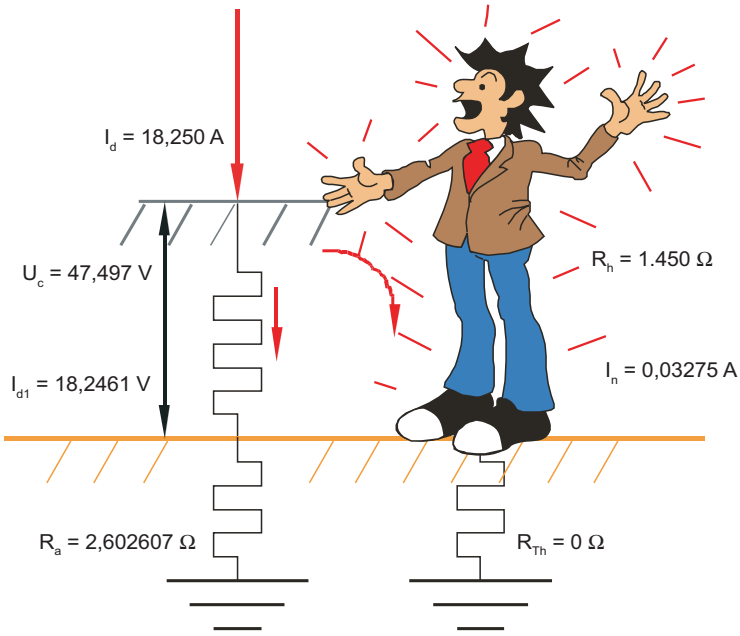


Fig. L6.4-586: *reparto de la corriente de fuga segundo nivel.*

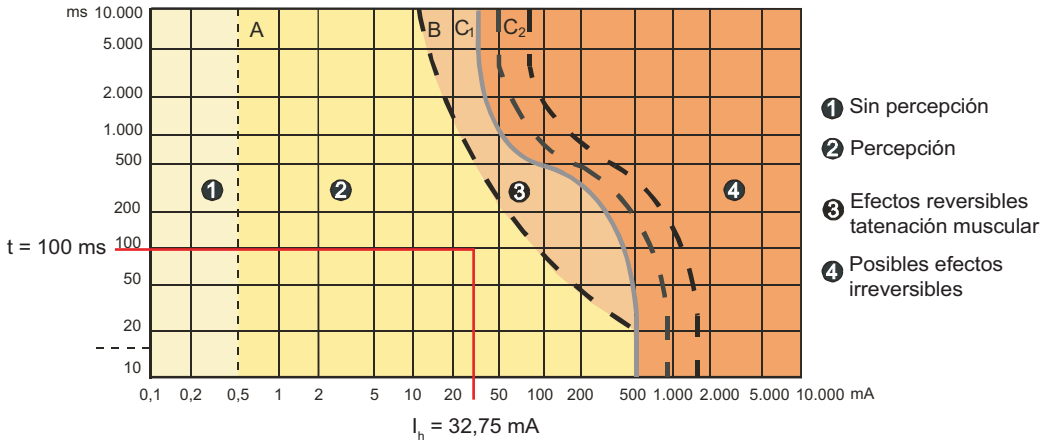


Fig. L6.4-587: *efectos de la corriente de fuga a través del cuerpo humano en el segundo nivel.*

La intensidad de fuga que se deriva a través del cuerpo humano I_h = 0,03275 A y el tiempo de corte previsto t = 40 ms + retardo 60 ms = 100 ms, sitúan el contacto de la corriente de fuga a una simple percepción. Totalmente adecuada la protección por corte de la alimentación.

3.er nivel

En un tercer nivel donde la protección debe ser selectiva con las del segundo nivel nos podemos encontrar:

Que la resistencia R haya perdido el último y penúltimo tramos y nos encontremos en valores tales como:

$R = R_3 + R_4 = 0{,}18\ \Omega + 0{,}003857\ \Omega = 0{,}183857\ \Omega$.

La resistencia de la puesta a tierra será:

$R_a = R_{AT} + R = 2{,}25\ \Omega + 0{,}183857\ \Omega = 2{,}433857\ \Omega$.

Elección y comprobación de los materiales de protección.

La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_a + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}433857\ \Omega + 10\ \Omega} = \frac{230\ V}{12{,}433857\ \Omega} = 18{,}4978\ A.$$

Si utilizamos un DDR selectivo con el de aguas abajo:

$I_{\Delta n}$ = 1.000 mA, corresponde a una relación 2/1 con respecto al de aguas abajo de 500 mA. No representa una selectividad amperimétrica eficiente.

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}4978\ A}{0{,}5\ A} = 36{,}99\ ud. \approx 36\ ud.$$

El tiempo de desconexión del DDR (t_{inst} = 36 ud. > 5 ud. = 40 ms).

Para que sea selectivo lo debemos retardar como mínimo 120 ms, por tanto desconectará a 160 ms.

La tensión de contacto será:

$U_c = R_a \cdot I_d = 2{,}433857\ \Omega \cdot 18{,}4978\ A = 45{,}021\ \Omega$.

Comprobación

(Rh) resistencia del cuerpo humano a una tensión de contacto de 45,021 V es del orden de los 1.450 Ω (ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen).

Consideramos el caso más desfavorable; despreciamos el valor de la resistencia de puesta a tierra del cuerpo humano y la posible influencia de su vestimenta:

$$I_h = \frac{U_c}{R_h} = \frac{I_d \cdot R_a}{R_h} = \frac{18{,}4978\ A \cdot 2{,}433857\ \Omega}{1.450\ \Omega} = \frac{45{,}021\ V}{1.450\ \Omega} = 0{,}03104\ A.$$

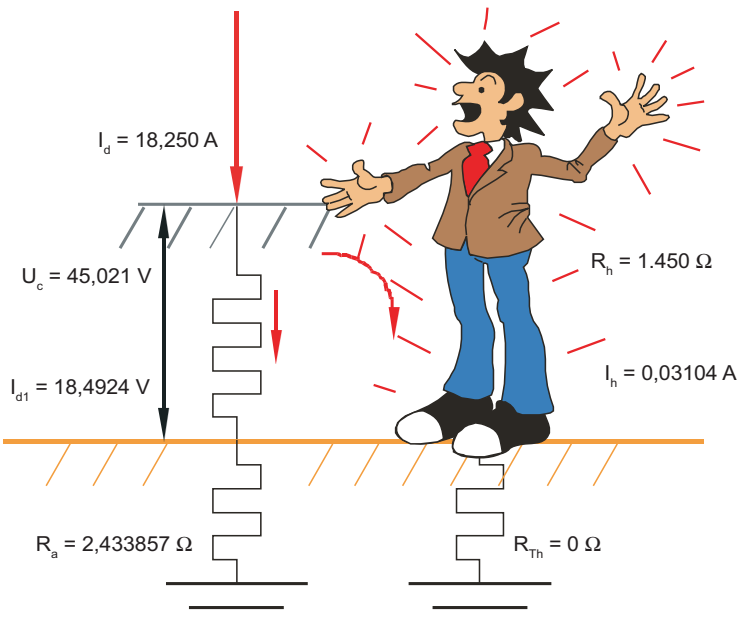


Fig. L6.4-588: *reparto de la corriente de fuga tercer nivel.*

$$I_{d1} = \frac{R_h \cdot I_h}{R_a} = \frac{1.450\ \Omega \cdot 0{,}03104\ A}{2{,}433857\ \Omega} = \frac{45{,}008\ V}{2{,}433857\ \Omega} = 18{,}4924\ A.$$

$$I_d = I_{d1} + I_h = 18{,}4924\ A + 0{,}03104\ A = 18{,}52349\ A \approx 18{,}497\ A.$$

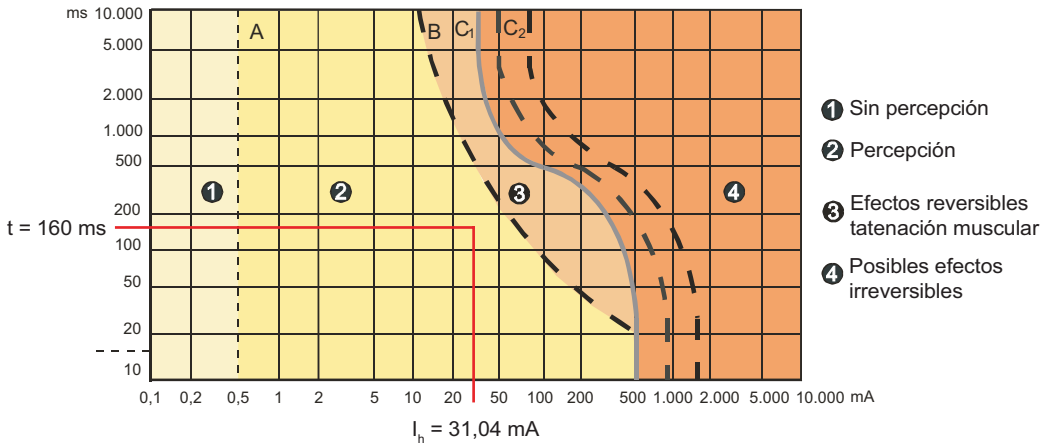


Fig. L6.4-589: *efectos de la corriente de fuga a través del cuerpo humano tercer nivel.*

La intensidad de fuga que se deriva a través del cuerpo humano I_h = 0,03104 A y el tiempo de corte previsto t = 40 ms + retardo 120 ms = 160 ms, sitúan el contacto de la corriente de fuga a una simple percepción. Totalmente adecuada la protección por corte de la alimentación.

4.º nivel

En un cuarto nivel donde la protección debe ser selectiva con las del tercer nivel nos podemos encontrar:

Que la resistencia R haya perdido los tres últimos tramos y nos encontremos en valores tales como:

$R = R_4 = 0{,}003857\ \Omega = 0{,}003857\ \Omega$.

La resistencia de la puesta a tierra será:

$R_a = R_{AT} + R = 2{,}25\ \Omega + 0{,}003857\ \Omega = 2{,}253857\ \Omega$.

Elección y comprobación de los materiales de protección.

La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_a + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}253857\ \Omega + 10\ \Omega} = \frac{230\ V}{12{,}253857\ \Omega} = 18{,}7696\ A.$$

Si utilizamos un DDR selectivo con el de aguas abajo:

$I_{\Delta n}$ = 500 mA, corresponde a una relación 5/3 con respecto al de aguas abajo de 300 mA. No representa una selectividad amperimétrica eficiente, pero la podemos lograr con la selectividad cronométrica.

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}7696\ A}{1\ A} = 18{,}769\ ud. \approx 18\ ud.$$

El tiempo de desconexión del DDR (t_{inst} = 18 ud. > 5 ud. = 40 ms).

Para que sea selectivo lo debemos retardar como mínimo 240 ms, por tanto desconectará a 280 ms.

La tensión de contacto será:

$U_c = R_a \cdot I_d = 2{,}253857\ \Omega \cdot 18{,}7696\ A = 42{,}30\ V.$

Comprobación

(Rh) resistencia del cuerpo humano a una tensión de contacto de 42,30 V es del orden de los 1.450 Ω (ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen).
Consideramos el caso más desfavorable; despreciamos el valor de la resistencia de puesta a tierra del cuerpo humano y la posible influencia de su vestimenta:

$$I_h = \frac{U_c}{R_h} = \frac{I_d \cdot R_a}{R_h} = \frac{18{,}7696\ A \cdot 2{,}253857\ \Omega}{1.450\ \Omega} = \frac{42{,}3039\ V}{1.450\ \Omega} = 0{,}02917\ A.$$

$$I_{d1} = \frac{R_h \cdot I_h}{R_a} = \frac{1.450\ \Omega \cdot 0{,}02917\ A}{2{,}253857\ \Omega} = \frac{42{,}2965\ V}{2{,}253857\ \Omega} = 18{,}766\ A.$$

$$I_d = I_{d1} + I_h = 18{,}766\ A + 0{,}02917\ A = 18{,}7954\ A \approx 18{,}769\ A.$$

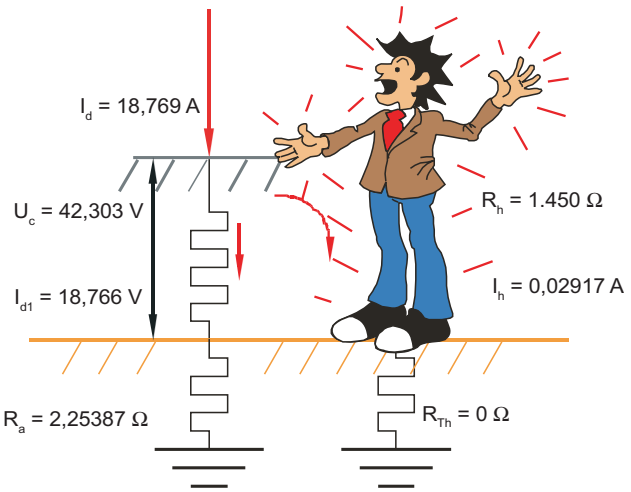


Fig. L6.4-590: *reparto de la corriente de fuga cuarto nivel.*

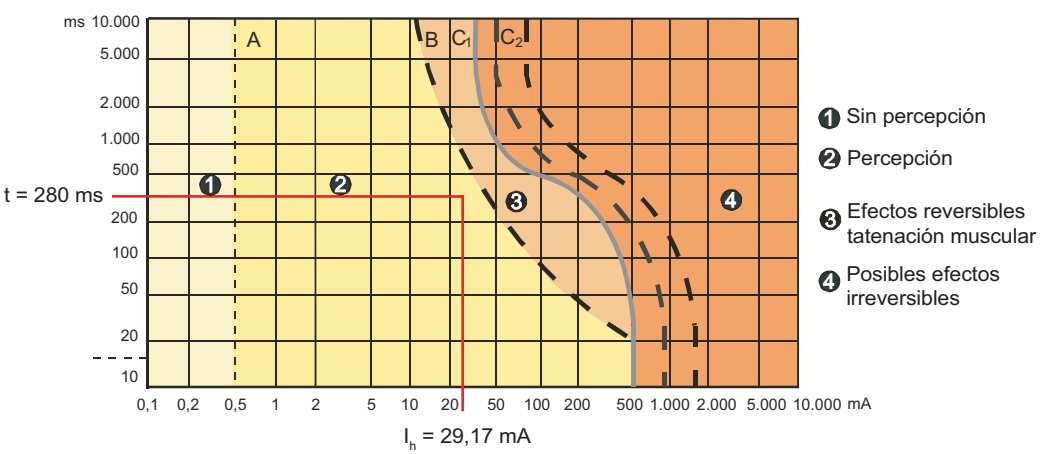


Fig. L6.4-591: *efectos de la corriente de fuga a través del cuerpo humano cuarto nivel.*

La intensidad de fuga que se deriva a través del cuerpo humano I_h = 0,02917 A y el tiempo de corte previsto t = 40 ms + retardo 240 ms = 280 ms, sitúan el contacto de la corriente de fuga a una simple percepción. Totalmente adecuada la protección por corte de la alimentación.
Podemos mantener una protección eficaz y selectiva a cuatro niveles.

En el apartado “Elección y comprobación de los materiales de protección”, página L/1312 encontraremos la elección y el dimensionado de los diferentes elementos de la aparamenta, para la protección por corte de la alimentación, de un circuito de régimen TT en una instalación para locales de pública concurrencia.
En el apartado 6.4.5.1. “Las medidas de protección contra los choques eléctricos”, página L/1292, encontraremos un capítulo con los cálculos y el dimensionado de los elementos del circuito, con todo detalle.

6.4.6.2. Las medidas de protección contra las sobretensiones

La medidas de protección contra las sobretensiones en un circuito para locales de pública concurrencia, con dos circuito uno con ECT TT y otro con ECT IT, quedan especificadas en el apartado 6.4.5.2. “Las medidas de protección contra las sobretensiones”, página L/1374.

6.4.6.3. Las medidas de protección contra las sobreintensidades

Las medidas de protección contra las sobreintensidades en un circuito para locales de pública concurrencia, con dos circuito uno con ECT TT y otro con ECT IT, quedan especificadas en el apartado 6.4.5.3. “Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades”, página L/1389.

6.4.6.4. Las medidas de protección contra los efectos térmicos

Las medidas de protección contra los efectos térmicos en circuitos eléctricos quedan reflejadas y detalladas exhaustivamente en el apartado 6.4.5.4. “Medidas de protección contra los efectos térmicos”, página L/1477.

6.4.6.5. Las medidas de protección contra las bajadas de tensión

Las medidas de protección contra las bajadas de tensión en un circuito general para edificios de pública concurrencia quedan especificadas en el apartado 6.4.5.5. “Las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión”, página L/1539.

6.4.6.6. Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas CEM

Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas en un circuito general para edificios de pública concurrencia quedan especificadas en el apartado 6.4.5.6. “Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas CEM”, página L/1539.

6.4.6.7. Las medidas de protección para la seguridad del seccionamiento y mando

Las medidas de protección para la seguridad del seccionamiento y mando, en un circuito general para edificios de pública concurrencia, quedan especificadas en el apartado 6.4.5.7. “Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando”, página L/1540.

En este apartado 6.4.6. “Instalaciones eléctricas en locales destinados al uso de la medicina”, página L/1540, se han intentado especificar las característica propias de las instalaciones para el uso de la medicina, sujetas al apartado 6.4. “Instalaciones en locales de pública concurrencia”, página L/745.
Es obvio que desde la aparición del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto 2413/1973 de 20 septiembre - B.O. n.º 242 de fecha 9 de octubre de 1973), la tecnología ha evolucionado mucho en la protección contra las corrientes de choque.

De la protección por doble aislamiento del circuito, hasta los bornes de la protección por corte de la alimentación con interruptores a corriente diferencial residual DDR, ha llovido mucho. Emilio Palazuelos, ponente del reglamento, dio un paso muy importante al reglamentar, de obligado cumplimiento, la protección contra las corrientes de choque en todas las instalaciones domésticas.

En 1985 la AEE (Asociación Electrotécnica y Electrónica Española) publicó en su Órgano de Difusión un monográfico, "El interruptor diferencial", en el que participamos: José María Ortiz González, Manuel Sanz de Bremond, Alberto Orte, Gottfried Bielgermeier (Presidente del grupo de normalización 23 E de CENELEC), Enrique Reina, Juan Carlos Campillo, Jordi Cistaré, Carlos Frías, Luis Martos y Lluís Figueras i Romagueras.

En el documento ya se exponían los primeros ábacos de los efectos de la corriente sobre el cuerpo humano, realizados por el Dr. Gottfied Bielmeier sobre su propio cuerpo, y los correspondientes a un autor que se identificaba como Jankowski, de procedencia desconocida.

El comité de ética de la IEC nunca ha aceptado unos resultados científicos sin saber su procedencia y el proceso realizado para la obtención de los datos. Sólo ha tenido en consideración los que se ubicaban en sus conceptos éticos.

En 1994 la IEC publica el Informe Técnico IEC 60479-1 "Efectos de la corriente eléctrica (15 a 100 Hz) sobre el hombre y los animales domésticos", que da lugar a la UNE 20572-1 de 1997.

Este documento normativo, expuesto en el capítulo G del 2.º Volumen, dispone de los siguientes anexos.

Anexos

Introducción

El capítulo 1 de la IEC 60479 (2.ª edición. 1984 - UNE 20572-1:1997) relativa a la impedancia eléctrica del cuerpo humano, no contenía información sobre impedancia en corriente alterna a altas frecuencias, ni en corriente continua. Tampoco era conocida la dependencia de la impedancia con la zona de contacto.

Referente a la impedancia interna, se buscaron datos suplementarios para los diversos trayectos del cuerpo humano al objeto de ser capaces de calcular las impedancias para trayectos de corriente particulares (por ejemplo, del antebrazo al tronco del cuerpo) que se puedan producir en los accidentes eléctricos.

Por otro lado, es necesario un diagrama simple de la impedancia interna del cuerpo humano que permita estimaciones para accidentes frecuentes con diversos trayectos de corriente, por ejemplo de las manos al tronco del cuerpo.

Las medidas con distintas frecuencias son difíciles de comprobar. Con motivo del decrecimiento rápido de la impedancia total del cuerpo humano, incluso a 25 V para frecuencias superiores a 500 Hz, las sensaciones son desagradables, e incluso a 25 V muy pocos individuos se han sometido hasta 20 kHz. Cincuenta individuos se han sometido a una tensión de contacto de 10 V con frecuencias de hasta 20 kHz así como con corriente continua con una tensión de contacto de hasta 25 V.

Con motivo de las sensaciones desagradables y del posible peligro inherente a los experimentos, las medidas se han realizado con un solo adulto, con superficies de contacto importantes, mano a mano, con corriente continua hasta 200 V. El mismo individuo se ha probado con diversas zonas de superficie

de contacto mano a mano y entre la punta de los dedos en corriente alterna de 50 Hz hasta 200 V.
La serie de medida entre las puntas de los dedos (índice derecho e izquierdo) y entre los pulgares derecho e izquierdo se han repetido en corriente continua hasta 200 V. Estas medidas prueban que por encima de 150 V aproximadamente, las impedancias totales del cuerpo en corriente alterna de 50 Hz difieren poco significativamente de la resistencia total del cuerpo humano en corriente continua. Todas las medidas están brevemente descritas en los anexos.

Anexo A (Normativo)
MEDIDAS REALIZADAS SOBRE SERES VIVOS Y CADÁVERES Y EXPLOTACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS.
Con objeto de obtener valores realistas de la impedancia total del cuerpo humano de los individuos vivos, se ha seguido el siguiente procedimiento:
1) Las medidas se han realizado sobre 50 personas vivas con una tensión de contacto de 15 V y sobre 100 personas a 25 V con trayectos de corriente de mano a mano y con grandes electrodos cilíndricos (alrededor de 8.000 mm^2) en condiciones secas.
Los valores de la impedancia total del cuerpo, para un rango del percentil del 5% y 95% de la población, se han determinado por los métodos estadísticos independientes que han dado los mismos resultados.
La medidas se han realizado 0,1 s después de la aplicación de la tensión.
2) Se han realizado medidas sobre una persona viva, en las condiciones del punto 1) anterior, con tensiones de contacto de hasta 150 V, y además, con duraciones de choque que alcanzan hasta los 0,03 s con tensiones de contacto de hasta 200 V.
3) Se han realizado medidas sobre un gran número de cadáveres en condiciones análogas a las del punto 1) anterior, con un trayecto de corriente mano a mano y mano a pie con grandes electrodos (aproximadamente 9.000 mm^2) para tensiones de contacto de 25 V a 5.000 V en condiciones secas y húmedas. Los valores de la impedancia total del cuerpo humano para un rango del percentil del 5%, del 50% y del 95% de la población se han determinado según se indica en el punto 1).
Las medidas se han realizado 3 s después de la aplicación de la tensión.
4) Las medidas de la impedancia total de los cadáveres (punto 3) anterior) para tensiones de contacto de hasta 220 V muestran valores de la impedancia de la piel demasiado elevados; han sido modificados adaptando las curvas a los valores medios sobre las personas vivas.

Anexo B (Normativo)
INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA SOBRE LA IMPEDANCIA TOTAL DEL CUERPO HUMANO (Z_T)
Con objeto de obtener valores realistas de la influencia de la frecuencia sobre la impedancia total Z_T de los sujetos humanos, se ha seguido el siguiente procedimiento:
1) Se han realizado medidas sobre 10 personas vivas con una tensión de contacto de 10 V y frecuencias entre 25 Hz y 20 kHz, con trayecto de mano a mano y con grandes electrodos cilíndricos (alrededor de 8.000 mm^2) en condiciones secas. Los valores de la impedancia total del cuerpo humano para unos rangos de los percentiles del 5%, del 50% y del 95% de la población se han determinado por métodos estadísticos.
2) Como consecuencia de efectos musculares importantes, se han efectuado medidas sobre una sola persona viva bajo una tensión de contacto de 25 V para frecuencias de 25 Hz a 2 kHz en las condiciones descritas en el punto 1) anterior.

Las medidas de los puntos 1) y 2) se han realizado 0,05 s después de la aplicación de la tensión.
Los resultados de estas medidas se indican en los ábacos de las figuras 6 y 7.
3) En la figura 6, para el rango del percentil del 50% de la población, con una tensión de contacto de 10 V y los valores de la tabla I (ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen) para 50 Hz y, en la figura 8 para tensiones de contacto de 25 V a 1.000 V. Esta figura muestra la dependencia de la impedancia total del cuerpo humano con la frecuencia para un rango desde 50 Hz hasta 2 kHz para un percentil del 50% de la población con tensiones de contacto que varían entre 10 V y 1.000 V en corriente alterna con una línea recta entre los valores asintóticos de 750 Ω a 50 Hz y de 600 Ω a 2 kHz.
Las curvas para las tensiones de contacto de 50 V a 1.000 V (líneas de puntos de la figura 8), se han trazado por analogía con las curvas de 10 V y 25 V, que están basadas en las medidas descritas en los puntos 1) y 2).

Anexo C (Normativo)
RESISTENCIA TOTAL DEL CUERPO (R_T) EN CORRIENTE CONTINUA.
Con objeto de definir valores realistas de la resistencia total del cuerpo R_T de los sujetos humanos, se ha seguido el siguiente procedimiento:
1) Se han realizado medidas sobre 50 personas vivas con una tensión de contacto de 10 V en corriente continua para un trayecto de corriente mano a mano y con grandes electrodos cilíndricos (aproximadamente 8.000 mm^2), en condiciones secas. Los valores de la resistencia total del cuerpo R_T para los rangos de los percentiles del 5%, del 50% y del 95% de la población se han determinado por métodos estadísticos.
2) Los valores asintóticos de las impedancias totales del grupo en corriente alterna de 50 Hz con tensiones de contacto superiores a 1.000 V y los valores a 220 V conformes a la tabla I (ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen), se han utilizado para ajustar la curvas de la resistencia total del cuerpo R_T en corriente continua para tensiones de contacto de 25 V a 220 V en corriente continua (véase figura 5).
Los valores de la resistencia total del cuerpo R_T en corriente continua determinadas por el método descrito anteriormente se indican en la tabla 2.
Las medidas sobre 50 sujetos vivos con una tensión de contactos de 25 V se han realizado aumentando lentamente la tensión hasta 25 V en algunos segundos, con objeto de evitar sensaciones dolorosas.
Nota: Por encima de 1.000 V se debe considerar que la influencia de la impedancia de la piel es despreciable y, por consecuencia, Z_T y R_T tienen prácticamente el mismo valor.

Anexo D (Normativo)
MEDIDA DE LA DEPENDENCIA DE LA IMPEDANCIA TOTAL DEL CUERPO HUMANO (Z_T) CON LA SUPERFICIE DE CONTACTO.
1) Con motivo de las sensaciones dolorosas y el riesgo con tensiones de contacto elevadas, las medidas se han realizado solamente sobre un adulto masculino en el cual la impedancia del cuerpo, comparada con aquella de una población de 100 sujetos vivos sometidos a una tensión de contacto de 25 V en corriente alterna de 50 Hz, era cercana a la media de la población. Por tanto, pueden suponerse que los valores dados en las figuras 10 y 11 corresponden aproximadamente a la media o a los valores probables del 50% de la población de las personas vivas.
2) Las impedancias totales del cuerpo se han medido con tensiones de contacto de 25 V a 200 V en corriente alterna de 50 Hz con un trayecto de corriente de mano a mano en condiciones secas. Las medidas se han realizado al final del paso de la corriente. Las superficies de las zonas de contacto utilizadas se indican en la tabla 3.

Se han utilizado las siguientes condiciones para el trayecto de la corriente y las duraciones de paso de las mismas:

Ensayo de la serie A:	Superficie de contacto 8.000 mm^2, electrodos sujetos con las dos manos, duración del paso de la corriente 0,1 s.
Ensayo de la serie B:	Superficie de contacto 1.000 mm^2, electrodos sujetos con las dos manos, duración del paso de la corriente algunos segundos hasta 75 V y 0,1 s por encima de 75 V.
Ensayo de la serie C:	Superficie de contacto 100 mm^2, electrodos apretados en el medio de las palmas de las manos, duración del paso de la corriente algunos segundos hasta 75 V y 0,1 s por encima de 75 V.
Ensayo de la serie D:	Superficie de contacto 10 mm^2, electrodos apretados en el medio de las palmas de las manos, duración del paso de la corriente algunos segundos hasta 100 V y 0,1 s a 0,3 s por encima de 100 V.
Ensayo de la serie E:	Superficie de contacto 1 mm^2, electrodos apretados en el medio de las palmas de las manos, duración del paso de la corriente algunos segundos hasta 150 V y 0,1 s a 0,2 s por encima de 150 V (a 220 V se observó la perforación de la piel).

3) La impedancia total del cuerpo se ha medido en un rango de tensiones de contacto de 25 V a 200 V, en corriente alterna de 50 Hz y en corriente continua entre las extremidades de los dedos índice derecho e izquierdo (superficie de contacto de 250 mm^2 aproximadamente). Las medidas se han efectuado 20 ms después de poner bajo tensión. En corriente alterna, la tensión se aplica durante el paso de cero de la tensión de contacto.

Los resultados se representan en la figura 11, los valores en corriente continua se aproximan a aquellos de corriente alterna con tensiones de contacto crecientes. De la figura 11 se deduce también que la impedancia adicional de un dedo (superficie de contacto de aproximadamente 250 mm^2), comparada con un trayecto de corriente con origen en la palma de la mano (zona de superficie de contacto de 8.000 mm^2) con corriente alterna de 200 V y 50 Hz, es de aproximadamente 1.000 Ω. Esto es conforme a las medidas precedentes efectuadas sobre cadáveres.

Nota: la exposición normativa corresponde a la UNE 20572-1: 1997. Esta exposición solamente tiene utilidad en este manual, para hacer patentes las dificultades de poder disponer de parámetros útiles para poder definir las consecuencias del contacto de las corrientes eléctricas con el cuerpo humano. Las tablas y figuras las encontrarán en la norma.

Este apartado 6.4.6. "Instalaciones eléctricas en locales destinados al uso de la medicina" lo hemos redactado basándonos en la UNE 20460-7-710 y hemos considerado básico un punto de partida, expuesto en la norma, que la intensidad máxima que pueda afectar a un cuerpo humano en una instalación del grupo 2 sea de 50 mA.

No disponemos de ningún ensayo que, en función de las posibles situaciones del cuerpo humano en instalaciones del grupo 2, pueda garantizar la integridad del cuerpo humano.

Partir de un valor (50 mA), de fácil obtención con la tecnología

actual y un buen control de la instalación para poder analizar datos históricos, parece un punto de partida adecuado.
Cuando el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto 2413|1973 de 20 septiembre - B.O. n.º 242 de fecha 9 de octubre de 1973) elevó a obligado cumplimiento las protecciones contra los choques eléctricos en suministros de uso doméstico, España fue el primer país que obligó a las protecciones, que ya se utilizaban en Europa pero no en rango de obligado cumplimiento.
Al cabo de unos años los índices de riesgo de las compañías aseguradoras de viviendas en Europa, detectaron que en las viviendas del territorio español el índice de accidentalidad había bajado con respecto a las medias europeas.
Algunos países elevaron a obligado cumplimiento las protecciones contra los choques eléctricos en las viviendas.
No se sabe si los 50 μA recomendados en la norma es el valor más adecuado, ni parece que nadie lo sepa, pero es un punto de partida, fácil de obtener con la tecnología actual y muy adecuado como primera opción. La acumulación histórica permitirá acomodarnos a la realidad.

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA. ITC-BT-18

1. OBJETO

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.
Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la presente instrucción.

2. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA. DEFINICIÓN

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.
Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

3. UNIONES A TIERRA

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.
La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:
– El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
– Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
– La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
– Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.
En la figura 1 se indican las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:

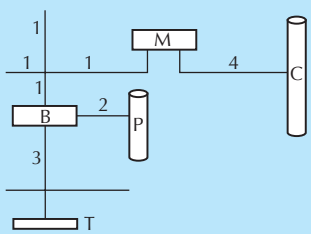


Figura 1. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra.

Leyenda:
1 Conductor de protección.
2 Conductor de unión equipotencial principal.
3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
B Borne principal de tierra.
M Masa.
C Elemento conductor.
P Canalización metálica principal de agua.
T Toma de tierra.

3.1. Tomas de tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:
– Barras, tubos.
– Pletinas, conductores desnudos.
– Placas.
– Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones.
– Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.
– Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como tomas de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

3.2. Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tienen que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4. de esta instrucción y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 1. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 1. Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm² cobre 16 mm² acero galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² cobre 50 mm² hierro	

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.
Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

3.3. Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:
– Los conductores de tierra.
– Los conductores de protección.
– Los conductores de unión equipotencial principal.
– Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.
Debe preverse, sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne especial de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

3.4. Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.
En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.
En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas:
– Al neutro de la red.
– A un relé de protección.
La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 2, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la norma UNE 20460-5-54 apartado 543.1.1.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm^2)
$S \leq 16$	$Sp = S$
$16 < S \leq 35$	$Sp = 16$
$S > 35$	$Sp = S/2$

Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.
Los valores de la tabla 2 sólo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductividad equivalente a la que resulta aplicando la tabla 2.
En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:
– 2,5 mm^2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
– 4 mm^2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.
Cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de este conductor debe dimensionarse en función de la mayoer sección de los conductores de fase.
Como conductores de protección pueden utilizarse:
– Conductores en los cables multiconductores, o
– Conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
– Conductores separados desnudos o aislados.
Cuando la instalación consta de partes de envolventes de conjuntos montadas en fábrica o de canalizaciones prefabricadas con envolvente metálica, estas envolventes pueden ser utilizadas como conductores de protección si satisfacen, simultáneamente, las tres condiciones siguientes:
a) Su continuidad eléctrica debe ser tal que no resulte afectada por deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.
b) Su conductibilidad debe ser, como mínimo, igual a la que resulta por la aplicación del presente apartado.
c) Deben permitir la conexión de otros conductores de protección en toda derivación predeterminada.
La cubierta exterior de los cables con aislamiento mineral, puede utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, si satisfacen simultáneamente las condiciones a) y b) anteriores. Otros conductos (agua, gas u otros tipos) o estructuras metálicas, no pueden utilizarse como conductores de protección (CP o CPN).
Los conductores de protección deben estar convenientemente protegidos contra deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y contra los esfuerzos electrodinámicos.

Las conexiones deben ser accesibles para la verificación y ensayos, excepto en el caso de las efectuadas en cajas selladas con material de relleno o en cajas no desmontables con juntas estancas.
Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección, aunque para los ensayos podrán utilizarse conexiones desmontables mediante útiles adecuados.
Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas mencionadas anteriormente.

4. PUESTAS A TIERRA POR RAZONES DE PROTECCIÓN

Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver la ITC-BT-24.
Cuando se utilicen dispositivos de protección contra sobreintensidades para la protección contra el choque eléctrico, será preceptiva la incorporación del conductor de protección en la misma canalización que los conductores activos o en su proximidad inmediata.

4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto

La toma de tierra auxiliar del dispositivo debe ser eléctricamente independiente de todos los elementos metálicos puestos a tierra, tales como elementos de construcciones metálicas, conducciones metálicas, cubiertas metálicas de cables. Esta condición se considera como cumplida si la toma de tierra auxiliar se instala a una distancia suficiente de todo elemento metálico puesto a tierra, tal que quede fuera de la zona de influencia de la puesta a tierra principal.
La unión a esta toma de tierra debe estar aislada, con el fin de evitar todo contacto con el conductor de protección o cualquier elemento que pueda estar conectado a él.
El conductor de protección no debe estar unido más que a las masas de aquellos equipos eléctricos cuya alimentación pueda ser interrumpida cuando el dispositivo de protección funcione en las condiciones de defecto.

5. PUESTAS A TIERRA POR RAZONES FUNCIONALES

Las puestas a tierra por razones funcionales deben ser realizadas de forma que aseguren el funcionamiento correcto del equipo y permitan un funcionamiento correcto y fiable de la instalación.

6. PUESTA A TIERRA POR RAZONES COMBINADAS DE PROTECCIÓN Y FUNCIONALES

Cuando la puesta a tierra sea necesaria a la vez por razones de protección y funcionales, prevalecerán las prescripciones de las medidas de protección.

7. CONDUCTORES CPN (TAMBIÉN DENOMINADOS PEN)

En el esquema TN, cuando en las instalaciones fijas el conductor de protección tenga una sección al menos igual a 10 mm^2, en cobre o aluminio, las funciones de conductor de protección y de conductor neutro pueden ser combinadas, a condición de que la parte de la instalación común no se encuentre protegida por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual.

Sin embargo, la sección mínima de un conductor CPN puede ser de 4 mm^2, a condición de que el cable sea de cobre y del tipo concéntrico y que las conexiones que aseguran la continuidad estén duplicadas en todos los puntos de conexión sobre el conductor externo. El conductor CPN concéntrico debe utilizarse a partir del transformador y debe limitarse a aquellas instalaciones en las que se utilicen accesorios concebidos para este fin.
El conductor CPN debe estar aislado para la tensión más elevada a la que puede estar sometido, con el fin de evitar las corrientes de fuga.
El conductor CPN no tiene necesidad de estar aislado en el interior de los aparatos.
Si a partir de un punto cualquiera de la instalación, el conductor neutro y el conductor de protección están separados, no estará permitido conectarlos entre sí en la continuación del circuito por detrás de este punto. En el punto de separación deben preverse bornes o barras separadas para el conductor de protección y para el conductor neutro. El conductor CPN debe estar unido al borne o a la barra prevista para el conductor de protección.

8. CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm^2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm^2, si es de cobre.
Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.
La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

9. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.
Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:
– 24 V en local o emplazamiento conductor.
– 50 V en los demás casos.
Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida limitación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.
La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece.
Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

La tabla 3 muestra, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con objeto de obtener una primera aproximación de la resistencia a tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medidos indicados en la tabla 4.
Aunque los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia a tierra del electrodo, la medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla 5, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno. El conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados, en condiciones análogas.

Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ω·m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.000
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad en Ω·m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo

Electrodo	Resistencia de tierra en Ω
Placa enterrada	$R = 0{,}8\ \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontal	$R = 2\rho/L$

ρ, resistividad del terreno (Ω.m).
P, perímetro de la placa (m).
L, longitud de la pica o del conductor (m).

10. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

11. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia del punto 10, entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considera que las puestas a tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condicione siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (< 100 Ω·m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará aplicando la fórmula:

$$D = \frac{\rho Id}{2\pi U}$$

siendo:

D: distancia entre electrodos, en metros.

ρ: resistividad media del terreno en Ω·m.

Id: intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica.

U: 1.200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantía de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metáli-

cos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.
Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (Id) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($Vd = Id \cdot Rt$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada, definida en el punto 1.1. de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantía de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

12. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el director de la obra o instalador autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento. Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA. ITC-BT-28

1. CAMPO DE APLICACIÓN

La presente instrucción se aplica a locales de pública concurrencia como:
Locales de espectáculos y actividades recreativas.
Cualquiera que sea su capacidad de ocupación, como por ejemplo, cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones deportivos, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones y ferias fijas, salas de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.
Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios:
– Cualquiera que sea su ocupación, los siguientes: templos, museos, salas de conferencias y congresos, casinos, hoteles, hostales, bares, cafeterías, restaurantes o similares, zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, hospitales, ambulatorios y sanatorios, asilos y guarderías.
– Si la ocupación prevista es de más de 50 personas: bibliotecas, centros de enseñanza, consultorios médicos, estableci-

mientos comerciales, oficinas con presencia de público, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos.
La ocupación prevista de los locales se calculará como 1 persona por cada 0,8 m^2 de superficie útil, a excepción de pasillos, repartidores, vestíbulos y servicios. Para las instalaciones en quirófanos y salas de intervención se establecen requisitos particulares en la ITC-BT-38. Igualmente se aplican a aquellos locales clasificados en condiciones BD2, BD3 y BD4, según la norma UNE 20460-3 y a todos aquellos locales no contemplados en los apartados anteriores, cuando tengan una capacidad de ocupación de más de 100 personas. Esta instrucción tiene por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad, en especial aquellas dedicadas a alumbrado que faciliten la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios.

2. ALIMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SEGURIDAD

En el presente apartado se definen las características de la alimentación de los servicios de seguridad tales como alumbrados de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores u otros servicios urgentes indispensables que están fijados por las reglamentaciones específicas de las diferentes autoridades competentes en materia de seguridad.
La alimentación para los servicios de seguridad, en función de lo que establezcan las reglamentaciones específicas, puede ser automática o no automática.
Una alimentación automática se clasifica, según la duración de conmutación, en las siguientes categorías:
– Sin corte: alimentación automática que puede estar asegurada de forma continua en las condiciones específicas durante el período de transición, por ejemplo, en lo que se refiere a las variaciones de tensión y frecuencia.
– Con corte muy breve: alimentación automática disponible en 0,15 segundos como máximo.
– Con corte breve: alimentación automática disponible en 0,5 segundos como máximo
– Con corte mediano: alimentación automática disponible en 15 segundos como máximo.
– Con corte largo: alimentación automática disponible en más de 15 segundos.

2.1. Generalidades y fuentes de alimentación

Para los servicios de seguridad la fuente de energía debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo apropiado.
Para que los servicios de seguridad funcionen en caso de incendio, los equipos y materiales utilizados deben presentar, por construcción o por instalación, una resistencia al fuego de duración apropiada.
Se elegirán preferentemente medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto. En el esquema IT debe preverse un controlador permanente de aislamiento que al primer defecto emita una señal acústica o visual.

Los equipos y materiales deberán disponer de forma que faciliten su verificación periódica, ensayos y mantenimiento.
Se pueden utilizar las siguientes fuentes de alimentación:
– Baterías de acumuladores. Generalmente las baterías de arranque de los vehículos no satisfacen las prescripciones de alimentación para los servicios de seguridad.
– Generadores independientes.
– Derivaciones separadas de la red de distribución, efectivamente independientes de la alimentación normal.
Las fuentes para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal. Además, con excepción de los equipos autónomos, deberán cumplir las siguientes condiciones:
– Se instalarán en emplazamiento apropiado, accesible solamente a las personas cualificadas o expertas.
– El emplazamiento estará convenientemente ventilado, de forma que los gases y los humos que produzcan no pueden propagarse en los locales accesibles a las personas.
– No se admiten derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública, salvo si se asegura que las dos derivaciones no puedan fallar simultáneamente.
– Cuando exista una sola fuente para los servicios de seguridad, ésta no debe ser utilizada para otros usos. Sin embargo, cuando se dispone de varias fuentes, pueden utilizarse igualmente como fuentes de reemplazamiento, con la condición de que en caso de fallo de una de ellas la potencia todavía disponible sea suficiente para garantizar la puesta en funcionamiento de todos los servicios de seguridad, siendo necesario generalmente el corte automático de los equipos no concernientes a la seguridad.

2.2. Fuentes propias de energía

Fuente propia de energía es la que está constituida por baterías de acumuladores, aparatos autónomos o grupos electrógenos.
La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal.
La capacidad mínima de una fuente propia de energía será, como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de seguridad en las condiciones señaladas en el apartado 3.1. de esta instrucción.

2.3. Suministros complementarios o de seguridad

Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de alumbrado de emergencia.
Deberán disponer de suministro de socorro los locales de espectáculos y actividades recreativas cualquiera que sea su ocupación y los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios con una ocupación prevista de más de 300 personas.

Deberán disponer de suministro de reserva:
– Hospitales, clínicas, sanatorios, ambulatorios y centros de salud.
– Estaciones de viajeros y aeropuertos.
– Estacionamientos subterráneos para más de 100 vehículos.
– Establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m^2 de superficie.
– Estadios y pabellones deportivos.
Cuando un local se pueda considerar tanto en el grupo de locales que requieren suministro de socorro como en el grupo que requieren suministro de reserva, se instalarán suministros de reserva.
En aquellos locales singulares, tales como los establecimientos sanitarios, grandes hoteles de más de 300 habitaciones, locales de espectáculos con capacidad para mas de 1.000 espectadores, estaciones de viajeros, estacionamientos subterráneos con más de 100 plazas, aeropuertos y establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m^2 de superficie, las fuentes propias de energía deberán poder suministrar, con independencia de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes indispensables cuando sean requeridos por la autoridad competente.

3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.
La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve.
Se incluye dentro de este alumbrado el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento.

3.1. Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacúen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.
El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.
La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

3.1.1. Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación en todo momento ya sea si el alum-

brado general funcione correctamente o si se produce un fallo del mismo y cuando los locales estén o puedan estar ocupados.
En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia mínima de 1 lux.
En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.
La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.
El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

3.1.2. Alumbrado de ambiente o antipánico
Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.
El alumbrado ambiente o antipánico debe proporcionar una iluminancia mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta la altura de 2 m.
La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.
El alumbrado ambiente o antipánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

3.1.3. Alumbrado de zonas de alto riesgo
Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.
El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de 15 lux o el 10% de la iluminancia normal, tomando siempre el mayor de los valores. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.
El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo.

3.2. Alumbrado de reemplazamiento
Parte del alumbrado de emergencia que permite la continuidad de las actividades normales.
Cuando el alumbrado de reemplazamiento proporcione una iluminancia inferior a la normal, se usará únicamente para terminar el trabajo de seguridad.

3.3. Lugares en que deberá instalarse alumbrado de emergencia

3.3.1. Con alumbrado de seguridad

Es obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas de los locales de pública concurrencia:

a) En todos los recintos cuya ocupación sea mayor de 100 personas.

b) Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a usos residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.

c) En los aseos generales de planta en edificios de acceso público.

d) En los estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquéllos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.

e) En los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.

f) En las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.

g) En todo cambio de dirección de la ruta de evacuación.

h) En toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.

i) En el exterior del edificio, en la vecindad inmediata de la salida.

j) Cerca[1] de las escaleras, de forma que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.

k) Cerca[1] de cada cambio de nivel.

l) Cerca[1] de cada puesto de primeros auxilios.

m) Cerca[1] de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.

n) En los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente.

[1] Cerca significa a una distancia inferior a 2 metros, medida horizontalmente.

En las zonas incluidas en los apartados m) y n), el alumbrado de seguridad proporcionará una iluminancia mínima de 5 lux al nivel de operación.

Solo se instalará alumbrado de seguridad para zonas de alto riesgo en las zonas que así lo requieran, según lo establecido en 3.1.3.

También será necesario instalar alumbrado de evacuación, aunque no sea un local de pública concurrencia, en todas las escaleras de incendios, en particular toda escalera de evacuación de edificios para uso de viviendas excepto las unifamiliares; así como toda zona clasificada como de riesgo especial en el artículo 19 de la Norma Básica de Edificación NBE-CPI-96 ADVANCE.

3.3.2. Con alumbrado de reemplazamiento

En las zonas de hospitalización, la instalación de alumbrado de emergencia proporcionará una iluminancia no

inferior de 5 lux y durante 2 horas como mínimo. Las salas de intervención, las destinadas a tratamiento intensivo, las salas de curas, paritorios, urgencias, dispondrán de un alumbrado de reemplazamiento que proporcionará un nivel de iluminancia igual al del alumbrado normal durante 2 horas como mínimo.

3.4. Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia

3.4.1. Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a 1 m de ella.

Los aparatos autónomos destinados a alumbrado de emergencia deberán cumplir las normas UNE-EN 60698-2-22 y las normas UNE 20392 o UNE 20062, según sea la luminaria para lámparas fluorescentes o incandescentes, respectivamente.

3.4.2. Luminaria alimentada por fuente central

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente y que está alimentada a partir de un sistema de alimentación de emergencia central, es decir, no incorporado en la luminaria.

Las luminarias que actúan como aparatos de emergencia alimentados por fuente central deberán cumplir lo expuesto en la norma UNE-EN 60598-2-22.

Los distintos aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones del alumbrado de emergencia por fuente central entre los que figurará un voltímetro de clase 2,5 por lo menos, se dispondrán en un cuadro único, situado fuera de la posible intervención del público (ADVANCE).

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central, estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 A como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz o, si en la dependencia o local considerado existiesen varios puntos de luz para alumbrado de emergencia, éstos deberán ser repartidos, al menos, entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central se dispondrán, cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, a 5 cm como mínimo, de otras canalizaciones eléctricas y, cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de éstas por tabiques incombustibles no metálicos.

4. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan:

a) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocarán junto o sobre él los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección.
Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectarán mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente del cuadro general o desde los secundarios.
b) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.
c) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
d) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición con relación al total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estará protegida en el origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.
e) Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20 y estarán constituidas por:
– Conductores aislados, de tensión nominal o inferior a 750 V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados en especial en las zonas accesibles al público.
– Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción totalmente constituidos de materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120, como mínimo.
– Conductores rígidos aislados, de tensión nominal no inferior a 1.000 V, armados, colocados directamente sobre paredes.

f) Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de forma que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.
Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la forma UNE 21128 parte 4 o 5; o a la norma UNE 21102 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.
Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como "no propagadores de la llama" de acuerdo con las normas UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1, cumplen con esta prescripción.
Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios con fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21123, apartado 3.4.6, cumplen con esta prescripción.
g) Las fuentes propias de energía de corriente alterna a 50 Hz, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de baja tensión pública que alimenten al local de pública concurrencia.

5. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTÁCULOS Y ACTIVIDADES RECREATIVAS

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo anterior, se cumplirán en los locales de espectáculos las siguientes prescripciones complementarias:
a) A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares con la debida protección al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:
– Sala de público.
– Vestíbulo, escaleras y pasillos de acceso a la sala desde la calle, y dependencias anexas a ellos.
– Escenario y dependencias anexas a él, tales como camerinos, pasillos de acceso a éstos, almacenes, etc.
– Cabinas cinematográficas o de proyectores para alumbrado.
Cada uno de los grupos señalados dispondrá de su correspondiente cuadro secundario de distribución, que deberá contener todos los dispositivos de protección. En otros cuadros se ubicarán los interruptores, conmutadores, combinadores, etc., que sean precisos para las distintas líneas, baterías, combinaciones de luz y demás efectos obtenidos en escena.
b) En las cabinas cinematográficas y en los escenarios así como en los almacenes y talleres anexos a éstos, se utilizarán únicamente canalizaciones constituidas por conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V,

colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados. Los dispositivos de protección contra sobreintensidades estarán constituidos siempre por interruptores automáticos magnetotérmicos; las canalizaciones móviles estarán constituidas por conductores con aislamiento del tipo doble o reforzado y los receptores portátiles tendrán un aislamiento de la clase II.
c) Los cuadros secundarios de distribución deberán estar colocados en locales independientes o en el interior de un recinto construido con material no combustible.
d) Será posible cortar, mediante interruptores omnipolares, cada una de las instalaciones eléctricas correspondientes a:
Camerinos.
Almacenes.
Talleres.
Otros locales con peligro de incendio.
Los reostatos, resistencias y receptores móviles del equipo escénico.
e) Las resistencias empleadas para efectos o juegos de luz o para otros usos, estarán montadas a suficiente distancia de los telones, bambalinas y demás material del decorado y protegidas suficientemente para que una anomalía en su funcionamiento no pueda producir daños. Estas precauciones se hacen extensivas a cuantos dispositivos eléctricos se utilicen y especialmente a las linternas de protección y a las lámparas de arco de las mismas.
f) El alumbrado general deberá ser completado por un alumbrado de evacuación, conforme a las disposiciones del apartado 3.1.1., el cual funcionará permanentemente durante el espectáculo y hasta que el local sea evacuado por el público.
g) Se instalará iluminación de balizamiento en cada uno de los peldaños o rampas con una inclinación superior al 8% del local con la suficiente intensidad para que puedan iluminar la huella. En el caso de pilotos de balizado, se instalará a razón de 1 por cada metro lineal de la anchura o fracción.
La instalación de balizamiento debe estar constituida de forma que el paso de alerta al de funcionamiento de emergencia se produzca cuando el valor de la tensión de alimentación descienda por debajo del 70% de su valor nominal.

6. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNIÓN Y TRABAJO

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo 5, se cumplirán en los locales de reunión las siguientes prescripciones complementarias:
– A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares, al menos para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:
Salas de venta o reunión, por planta del edificio.
Escaparates.
Almacenes.
Talleres.
Pasillos, escaleras y vestíbulos.

INSTALACIONES DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, GESTIÓN TÉCNICA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS. ITC-BT-51

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta instrucción establece los requisitos específicos de la instalación de los sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios, también conocidos como sistemas domóticos.

El campo de aplicación comprende las instalaciones de aquellos sistemas que realizan una función de automatización para diversos fines, como gestión de la energía, control y accionamiento de receptores de forma centralizada o remota, sistemas de emergencia y seguridad en edificios, entre otros, con excepción de aquellos sistemas independientes e instalados como tales, que puedan ser considerados en su conjunto como aparatos, por ejemplo, los sistemas automáticos de elevación de puertas, persianas, toldos, cierres comerciales, sistemas de regulación de climatización, redes privadas independientes para transmisión de datos exclusivamente y otros aparatos, que tienen requisitos específicos recogidos en las Directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Quedan excluidas también las instalaciones de redes comunes de telecomunicaciones en el interior de los edificios y la instalación de equipos y sistemas de Telecomunicaciones (ICT), aprobado por el R.D. 279/1999.

Igualmente están excluidos los sistemas de seguridad reglamentados por el Ministerio del Interior y Sistemas de Protección contra Incendios, reglamentados por el Ministerio de Fomento (NBE-CPI) y el Ministerio de Industria y Energía (RIPCI). No obstante, a las instalaciones excluidas anteriormente, cuando formen parte de un sistema más complejo de automatización, gestión de la energía o seguridad de viviendas o edificios, se les aplicarán los requisitos de la presente instrucción además de los requisitos específicos reglamentarios correspondientes.

2. TERMINOLOGÍA

Sistemas de automatización, gestión de la energía y seguridad para viviendas y edificios: son aquellos sistemas centralizados o descentralizados, capaces de recoger información proveniente de unas entradas (sensores o mandos), procesarla y emitir órdenes a unos actuadores o salidas, con el objeto de conseguir confort, gestión de la energía o la protección de personas, animales y bienes.

Estos sistemas pueden tener la posibilidad de accesos a redes exteriores de comunicación, información o servicios, como por ejemplo red telefónica conmutada, servicios internet, etc.

Nodo: cada una de las unidades del sistema capaces de recibir y procesar información comunicando, cuando proceda contra unidades o nodos, dentro del mismo sistema.
Actuador: es el dispositivo encargado de realizar el control de algún elemento del sistema, como por ejemplo electroválvulas (suministro de agua, gas, etc.), motores (persianas, puertas, etc.), sirenas de alarma, reguladores de luz, etc. Dispositivo de entrada: sensor, mando a distancia, teclado u otro dispositivo que envía información al nodo. Los elementos definidos anteriormente pueden ser independientes o estar combinados en una o varias unidades distribuidas.
Sistemas centralizados: sistema en el cual todos los componentes se unen a un nodo central que dispone de funciones de control y mando. Sistema descentralizado: sistema en que todos sus componentes comparten la misma línea de comunicación, disponiendo cada uno de ellos de funciones de control y mando.

3. TIPOS DE SISTEMAS

Los sistemas de automatización, gestión de la energía y seguridad, considerados en la presente instrucción, se clasifican en los siguientes grupos:
– Sistemas que usan en todo o en parte señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de baja tensión, tales como sistemas de corrientes portadoras.
– Sistemas que usan en todo o en parte señales transmitidas por cables específicos para dicha función, tales como cables de pares trenzados, paralelo, coaxial, fibra óptica.
– Sistemas que usan señales radiadas, tales como ondas de infrarrojo, radiofrecuencia, ultrasonidos, o sistemas que se conectan a la red de telecomunicaciones.
Un sistema domótico puede combinar varios de los sistemas anteriores, debiendo cumplir los requisitos aplicables en cada parte del sistema. La topología de la instalación puede ser de distintos tipos, tales como, anillo, árbol, bus o lineal, estrella o combinaciones de éstas.

4. REQUISITOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Todos los nodos, actuadores y dispositivos de entrada, deben cumplir, una vez instalados, los requisitos de seguridad y compatibilidad electromagnética que le sean de aplicación, conforme a lo establecido en la legislación nacional que desarrolla la Directiva de Baja Tensión (73/23/CEE) y la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (89/336/CEE). En el caso de que estén incorporados en otros aparatos se atenderán, en lo que sea aplicable, a los requisitos establecidos para el producto o productos en los que vayan a ser integrados.
Todos los nodos, actuadores y dispositivos de entrada que se instalen en el sistema, deberán incorporar instrucciones o referencias a las condiciones de instalación y uso que deban cumplirse para garantizar la seguridad y compatibilidad electromagnética de la instalación, como por ejemplo, tipos de cable a utilizar, aislamiento mínimo,

apantallamientos, filtros y otras informaciones relevantes para realizar la instalación. En el caso de que no se requieran condiciones especiales de instalación, esta circunstancia deberá indicarse expresamente en las instrucciones.
Dichas instrucciones se incorporarán en el proyecto de memoria técnica de diseño, según lo establecido en la ITC-BT-04.
Toda instalación nueva, modificada o ampliada de un sistema de automatización, gestión de la energía y seguridad deberá realizarse conforme a lo establecido en la presente instrucción y lo especificado en las instrucciones del fabricante, anteriormente citadas.
En lo relativo a la compatibilidad electromagnética, las emisiones voluntarias de señal, conducidas o radiadas, producidas por las instalaciones domóticas para su funcionamiento, serán conformes a las normas de armonización aplicables y, en ausencia de tales normas, las señales voluntarias emitidas en ningún caso superarán los niveles de inmunidad establecidos en las normas aplicables a los aparatos que se prevea puedan ser instalados en el entorno del sistema, según el ambiente electromagnético previsto.
Cuando el sistema domótico esté alimentado por muy baja tensión, o la interconexión entre nodos y dispositivos de entrada de éste realizada en muy baja tensión, las instalaciones e interconexiones entre dichos elementos seguirán lo indicado en la ITC-BT-36.
Para el resto de los casos, se seguirán los requisitos de instalación aplicables a las tensiones ordinarias.

5. CONDICIONES PARTICULARES DE INSTALACIÓN

Además de las condiciones generales establecidas en el apartado anterior, se establecen los siguientes requisitos particulares.

5.1. Requisitos para sistemas que usan señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de baja tensión

Los nodos que inyectan en la instalación de bajas señales de 3 kHz hasta 148,5 kHz cumplirán lo establecido en la norma UNE-EN 50065-1 en lo relativo a compatibilidad electromagnética. Para el resto de frecuencias se aplicará la norma armonizada en vigor y en su defecto se aplicará lo establecido en el apartado 4.

5.2. Requisitos para sistemas que usan señales transmitidas por cables específicos para dicha función

Sin perjuicio de los requisitos que los fabricantes de nodos, actuadores o dispositivos de entrada establezcan para la instalación, cuando el circuito que transmite la señal transcurra por la misma canalización que otro de baja tensión, el nivel de aislamiento de los cables del circuito de señal será equivalente a los de los cables del circuito de baja tensión adyacente, bien en un único o en varios aislamientos.

Los cables coaxiales y los pares trenzados usados en la instalación serán de características equivalentes a los cables de las normas de la serie EN 61196 e IEC 60189-2.

5.3. Requisitos para sistemas que usan señales radiadas
Adicionalmente, los emisores de los sistemas que usan señales de radiofrecuencia o señales de telecomunicación, deberán cumplir la legislación nacional vigente del "Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias de Ordenación de las Telecomunicaciones".

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. REQUISITOS PARTICULARES PARA LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN QUIRÓFANOS Y SALAS DE INTERVENCIÓN. ITC-BT-38

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de la presente instrucción es determinar los requisitos particulares para las instalaciones eléctricas en quirófanos y salas de intervención así como las condiciones de instalación de los receptores utilizados en ellas.
Los receptores objeto de esta instrucción cumplirán los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
Además de las prescripciones generales para locales de usos sanitarios señaladas en la ITC-BT-28, se cumplirán las prescripciones particulares incluidas en la presente instrucción.

2. CONDICIONES GENERALES DE SEGURIDAD E INSTALACIÓN

Las salas de anestesia y demás dependencias donde puedan utilizarse anestésicos u otros productos inflamables, serán considerados como locales con riesgo de incendio o ex-plosión Clase I, Zona 1, salvo indicación en contra, y como tales las instalaciones deberán satisfacer las indicaciones que para ellas se establecen en la ITC-BT-29.
Las bases de tomas de corriente para diferentes tensiones, tendrán separaciones o formas distintas para las espigas de las clavijas correspondientes.
Cuando la instalación de alumbrado general se sitúe a una altura del suelo inferior a 2,5 metros, o cuando sus interruptores presenten partes metálicas accesibles, deberá ser protegida contra los contactos indirectos mediante un dispositivo diferencial, conforme a lo establecido en la ITC-BT-24.
Las características de aislamiento de los conductores responderán a lo dispuesto en la ITC-BT-19 y, en su caso, la ITC-BT-29.

2.1. Medidas de protección
2.1.1. Puestas a tierra de protección
La instalación eléctrica de los edificios con locales para la práctica médica, y en concreto para quirófanos o salas de intervención, deberán disponer de un suministro

trifásico con neutro y conductor de protección. Tanto el neutro como el conductor de protección serán conductores de cobre, tipo aislado, a lo largo de toda la instalación. La impedancia entre el embarrado común de puesta a tierra de cada quirófano o sala de intervención y las conexiones a masa, o los contactos de tierra de las bases de tomas de corriente, no deberá exceder de 0,2 ohmios.

2.1.2. Conexión de equipotencialidad

Todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas al embarrado de equipotencialidad (EE en la figura 1) mediante conductores de cobre aislados e independientes. La impedancia entre estas partes y el embarrado (EE) no deberá exceder de 0,1 ohmios.

Se deberá emplear la identificación verde-amarillo para los conductores de equipotencialidad y para los de protección.

El embarrado de equipotencialidad (EE) estará unido al de puesta a tierra de protección (PT en la figura 1) por conductor aislado con la identificación verde-amarillo, y de sección no inferior a 16 mm^2 de cobre.

La diferencia de potencial entre las partes metálicas accesibles y el embarrado de equipotencialidad (EE) no deberá exceder de 10 mV eficaces en condiciones normales.

2.1.3. Suministro a través de un transformador de aislamiento

Es obligatorio el empleo de transformadores de aislamiento o de separación de circuitos, como mínimo uno por cada quirófano o sala de intervención, para aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro puede poner en peligro, directa o indirectamente, al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse (ver figura 1).

Se realizará una adecuada protección contra sobreintensidades del propio transformador y de los circuitos por él alimentados. Se concede importancia muy especial a la coordinación de las protecciones contra sobreintensidades de todos los circuitos y equipos alimentados a través de un transformador de aislamiento, con objeto de evitar que una falta de uno de los circuitos pueda dejar fuera de servicio la totalidad de los sistemas alimentados a través del citado transformador

El transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento cumplirán la norma UNE 20615.

Se dispondrá de un cuadro de mando y protección por quirófano o sala de intervención, situado fuera del mismo, fácilmente accesible y en sus inmediaciones. Éste deberá incluir la protección contra sobreintensidades, el transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento. Es muy importante que en el cuadro de mando y panel indicador del estado de aislamiento, todos los mandos queden perfectamente identificados y sean de fácil acceso. El cuadro de alarma del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento deberá estar en el interior del quirófano

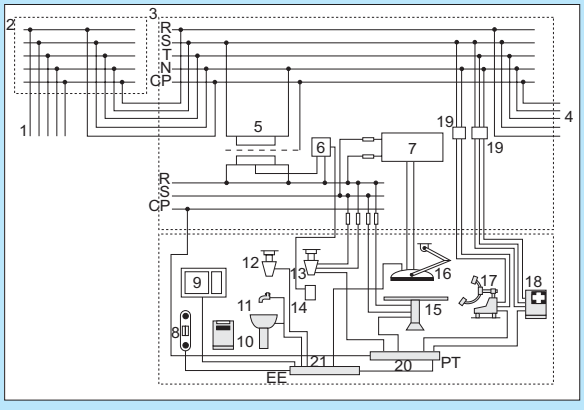
o sala de intervención y ser fácilmente visible y accesible, con posibilidad de sustitución fácil de sus elementos.

2.1.4. Protección diferencial y contrasobreintensidades
Se emplearán dispositivos de protección diferencial de alta sensibilidad (⩽ 30 mA) y de clase A, para la protección individual de aquellos equipos que no estén alimentados a través de un transformador de aislamiento, aunque el empleo de los mismos no exime de la necesidad de puesta a tierra y equipotencialidad.
Se dispondrán las correspondientes protecciones contra sobreintensidades.
Los dispositivos alimentados a través de un transformador de aislamiento no deben protegerse con diferenciales en el primario ni en el secundario del transformador.

2.1.5. Empleo de muy baja tensión de seguridad
Las instalaciones de muy baja tensión de seguridad (MBTS) tendrán una tensión asignada no superior a 24 V en corriente alterna y 50 V en corriente continua y cumplirá lo establecido en la ITC-BT-36.

2.2. Suministros complementarios
Además del suministro complementario de reserva requerido en la ITC-BT-28 será obligatorio disponer de un suministro especial complementario, por ejemplo con baterías, para hacer frente a las necesidades de la lámpara del quirófano o sala de intervención y equipos de asistencia vital, debiendo entrar en servicio automáticamente en menos de 0,5 segundos (corte breve) y con una autonomía no inferior a 2 horas. La lámpara de quirófano o sala de intervención siempre estará alimentada a través de un transformador de aislamiento (ver figura 1).
Todo el sistema de protección deberá funcionar con idéntica fiabilidad tanto si la alimentación es realizada por el suministro normal como por el complementario.

Figura 1. Ejemplo de un esquema general de la instalación eléctrica de un quirófano.



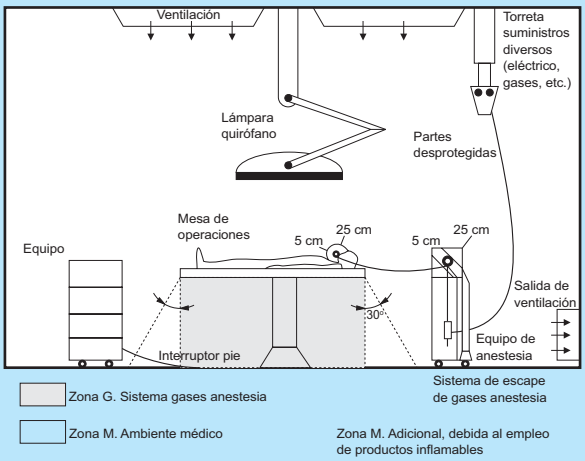
1. Alimentación general o línea general de alimentación.
2. Distribución en planta o derivación individual.

3. Cuadro de distribución en la sala de operaciones.
4. Suministro complementario.
5. Transformador de aislamiento tipo médico.
6. Dispositivo de vigilancia de aislamiento o monitor de detección de fugas.
7. Suministro normal y especial complementario para alumbrado lámpara de quirófano.
8. Radiadores de calefacción central.
9. Marco metálico de la ventana.
10. Armario metálico para instrumentos.
11. Parte metálica de lavabos y suministro de agua.
12. Torreta aérea de tomas de suministro de gas.
13. Torreta aérea de tomas de corriente (con terminales para conexión equipotencial envolvente conectada al embarrado conductor de protección).
14. Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento.
15. Mesa de operaciones (de mando eléctrico).
16. Lámpara de quirófano.
17. Equipo de rayos X.
18. Esterilizador.
19. Interruptor de protección diferencial.
20. Embarrado de puesta a tierra.
21. Embarrado de equipotencialidad.

2.3. Medidas contra el riesgo de incendio o explosión

Para los quirófanos o salas de intervención en los que se empleen mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables, la figura 2 muestra las zonas G y M, que deberán ser consideradas como zonas de la Clase I: Zona 1 - Clase I: Zona 2, respectivamente, conforme a lo establecido en la ITC-BT-29. La zona M situada debajo de la mesa de operaciones (ver figura 2), podrá considerarse como zona sin riesgo de incendio o explosión cuando se asegure una ventilación de 15 renovaciones de aire/hora.

Figura 2. Zonas con riesgo de incendio y explosión en el quirófano, cuando se empleen mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables.



Los suelos de los quirófanos o salas de intervención serán del tipo antielectrostático y su resistencia de aislamiento no deberá exceder de 1 MΩ, salvo que se asegure que un valor superior, pero siempre inferior a 100 MΩ, no favorezca la acumulación de cargas electroestáticas peligrosas.
En general, se prescribe un sistema de ventilación adecuado que evite las concentraciones de los gases empleados para la anestesia y desinfección.

2.4. Control y mantenimiento

2.4.1. Antes de la puesta en servicio de la instalación

La empresa instaladora autorizada deberá proporcionar un informe escrito sobre los resultados de los controles realizados al término de la ejecución de la instalación, que comprenderá, al menos:
– El funcionamiento de las medidas de protección.
– La continuidad de los conductores activos y de los conductores de protección y de las conexiones de equipotencialidad.
– La resistencia de aislamiento entre conductores activos y tierra en cada circuito.
– La resistencia de puesta a tierra.
– La resistencia de aislamiento de suelos antielectrostáticos.
– El funcionamiento de todos los suministros complementarios.

2.4.2. Después de su puesta en servicio

Se realizará un control, al menos semanal, del correcto funcionamiento del dispositivo de vigilancia de aislamiento y de los dispositivos de protección.
Así mismo, se realizarán medidas de continuidad y de resistencia de aislamiento, de los diversos circuitos en el interior de los quirófanos o salas de intervención, como mínimo mensualmente.
El mantenimiento de los diversos equipos deberá efectuarse de acuerdo con las instrucciones de sus fabricantes. La revisión periódica de las instalaciones, en general, deberá realizarse conforme a lo establecido en la ITC-BT-05, incluyendo en cualquier caso, las verificaciones indicadas en 2.4.1.
Además de las inspecciones periódicas establecidas en la ITC-BT-05, se realizará una revisión anual de la instalación por una empresa instaladora autorizada, incluyendo, en ambos casos, las verificaciones indicadas en 2.4.1. anterior.

2.4.3. Libro de mantenimiento

Todos los controles realizados serán recogidos en un "Libro de Mantenimiento" de cada quirófano o sala de intervención, en el que se expresen los resultados obtenidos y las fechas en que se efectuaron, con firma del técnico que los realizó. En el mismo, deberán reflejarse con detalle las anomalías observadas, para disponer de antecedentes que puedan servir de base a la corrección de deficiencias.

3. CONDICIONES ESPECIALES DE INSTALACIÓN DE RECEPTORES EN QUIRÓFANOS Y SALAS DE INTERVENCIÓN

Todas las masas metálicas de los receptores invasivos eléctricamente deben conectarse a través de un conductor de protección a un embarrado común de puesta a tierra de protección (PT en figura 1) y éste, a su vez, a la puesta a tierra general del edificio.

Se entiende por receptor invasivo eléctricamente aquel que desde el punto de vista eléctrico penetra parcial o completamente en el interior del cuerpo bien por un orificio corporal o bien a través de la superficie corporal. Esto es, aquellos productos que por su utilización endocavitaria pudieran presentar riesgo de microchoque sobre el paciente. A título de ejemplo pueden citarse, electrobisturíes, equipos radiológicos de aplicación cardiovascular de intervención, ciertos equipos de monitorización, etc. Los receptores invasivos deberán conectarse a la red de alimentación a través de un transformador de aislamiento.

La instalación de receptores no invasivos eléctricamente, tales como, resonancia magnética, ultrasonidos, equipos analíticos, equipos radiológicos no de intervención, se tendrán a las reglas generales de instalación de receptores indicadas en la ITC-BT-43.

6.5. Instalaciones eléctricas en función de la actividad

6.5.1. Instalaciones eléctricas en unidades móviles o transportables

Campo de aplicación

■ Las prescripciones particulares del apartado 4.10, página L/216, son aplicables a unidades móviles o transportables.
■ El concepto "unidad" es aplicable a un vehículo o a una estructura móvil o transportable que incorpora una o parte de una instalación eléctrica.

Las unidades pueden ser

■ De tipo móvil, por ejemplo vehículos (autopropulsados o remolcables).
■ De tipo transportable, por ejemplo contenedores o cabinas instaladas en obras.
■ Su utilización puede consistir en: emisiones de radio-TV, servicios médicos, publicidad, extinción de incendios, talleres, etc.
Dos o varias unidades pueden ser interconectadas eléctricamente.

Estas prescripciones no son aplicables a

■ Grupos generadores.
■ Marinas y barcos de recreo.
■ Máquinas móviles de conformidad a la IEC 60204-1.
■ Caravanas.
■ Materiales de tracción de vehículos eléctricos.

Protección para asegurar la seguridad

En términos generales las protecciones se han descrito a lo largo de la obra, no obstante se especificarán las características propias de cada alimentación y distribución.

Se aceptan todos los esquemas de conexión ECT establecidos en el REBT, en el interior de las unidades, excepto el TN-C.

Medidas de protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos directos

(Ver "La protección contra los choques eléctricos", página G/31 del 2.º Volumen.)
■ La protección contra los choques eléctricos por distanciamiento al alcance, no son aceptados
■ La protección contra los contactos directos se asegura por doble aislamiento hasta los bornes de salida del dispositivo de protección por corte de la alimentación.
■ Una protección complementaria, a todas las tomas de corriente utilizables por materiales situados fuera de la unidad, por dispositivos de protección a corriente diferencial residual DDR de como máximo 30 mA, es necesaria, a excepción de tomas de corriente alimentadas por MBTS o MBTP o mediante transformadores de aislamiento.

Protección contra los contactos indirectos

Especificaremos las diferentes protecciones en función de los esquemas ECT de cada circuito de alimentación (Unión equipotencial principal). Las partes conductoras accesibles de unidades tales como el chasis, la estructura, etc. deben ser unidas al conductor de protección PE, formando parte de la protección equipo-

tencial principal. Los conductores de protección PE deberán dimensionarse de conformidad al apartado 3.2.4. “Los conductores de protección PE”, página H1/108 del 2.º Volumen.

Medidas de protección contra los efectos térmicos
(Ver apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra las sobreintensidades
(Ver apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra las sobretensiones
(Ver apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, página H1/157 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas CEM
(Ver apartado 5. “Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)”, página H1/197 del 2.º Volumen, y apartado 7.3. “Las conducciones y la compatibilidad electromagnética (CEM)”, página F/264 del 1.er Volumen.)

Medidas de protección contra las bajadas de tensión
(Ver apartado 6. “Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión”, página H1/205 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando
(Ver apartado 7. “Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando”, página H1/207 del 2.º Volumen.)

Alimentación

Diferentes formas pueden ser utilizadas para la alimentación de las unidades e incluso diferentes esquemas de conexión a tierra.

Conexión a un grupo generador a BT de clase I o II situado en el interior de una unidad, con o sin toma de tierra

La protección por corte automático de la alimentación está asegurada por un interruptor a corriente diferencial residual DDR.

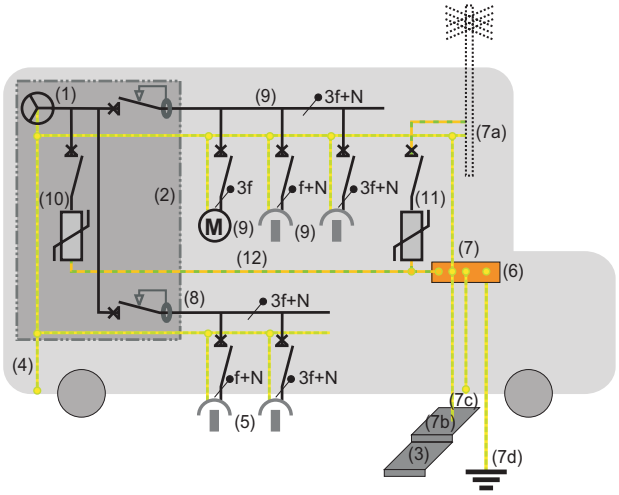


Fig. L6.5-001: *equipo con grupo generador a BT de clase I o clase II.*

1 Grupo generador de BT en el interior de la unidad.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.

Es la equivalencia al doble aislamiento que en España se utiliza en las acometidas.

3 Toma de tierra eventual, de escalones.
4 Conexión del punto neutro (o si no existe, un conductor activo) a la envolvente conductora de la unidad.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el interior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.
7 Unión equipotencial principal.
7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.
7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la toma de tierra eventual, de escalones.
7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la envolvente conductora de la unidad.
7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.

En el caso de que la toma de tierra eventual, de escalones, no obtenga la resistencia de toma de tierra necesaria para la protección de las personas, será necesario situar una toma de tierra función para la protección.

8 Dispositivos de protección de las tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas, protegida por un DDR.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.

Protección por corte automático de la alimentación específicos

En el esquema de alimentación de la Fig. L6.5-001 de la página anterior, sólo están autorizados los esquemas TN e IT.

Esquema TN

Ver apartados 3.2.2. “Corte automático en sistema TN”, página G/65, y 5. “Instalación régimen TN”, página G/140 del 2.º Volumen.

■ En las unidades con envolvente conductora, ésta debe ser conectada al punto neutro, y si no es posible a un conductor activo.

■ En las unidades con envolventes no conductoras, las masas metálicas del interior de la unidad deben ser conectadas al punto neutro, y si no es posible a un conductor activo.

Esquema IT

Ver apartados 3.2.3. “Corte automático al segundo defecto en redes IT”, página G/70, y 6. “Instalación régimen IT”, página G/149 del 2.º Volumen.

■ En las unidades con envolvente conductora, debe realizarse una conexión equipotencial entre las masas de los materiales y la envolvente.

■ En las unidades con envolventes no conductoras, las masas de los materiales y las partes metálicas internas deben estar conectadas a un conductor equipotencial de PE.
■ El esquema IT puede ser realizado por un transformador de aislamiento o un generador de baja tensión con controlador permanente de aislamiento.

Conexión a un grupo generador a BT de clase II situado en el exterior de una unidad, con o sin toma de tierra

La protección por corte automático de la alimentación está asegurada por un interruptor a corriente diferencial residual DDR.

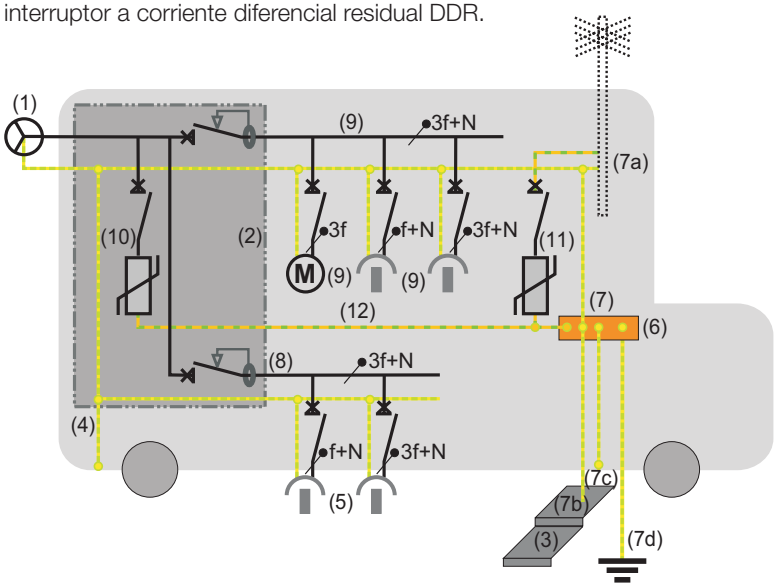


Fig. L6.5-002: *equipo con grupo generador a BT de clase II.*

1 Grupo generador de BT en el exterior de la unidad.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.

Es la equivalencia al doble aislamiento que en España se utiliza en las acometidas.

3 Toma de tierra eventual, de escalones.
4 Conexión del punto neutro (o si no existe, un conductor activo) a la envolvente conductora de la unidad.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el interior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.
7 Unión equipotencial principal.
7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.
7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la toma de tierra eventual, de escalones.
7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la envolvente conductora de la unidad.
7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.

En el caso de que la toma de tierra eventual, de escalones, no obtenga la resistencia de toma de tierra necesaria para la protección de las personas, será necesario situar una toma de tierra función para la protección.

8 Dispositivos de protección de las tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial, DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas, protegida por un DDR.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.

Protección por corte automático de la alimentación específicos

En la alimentación de la Fig. L6.5-002 de la página anterior, sólo están autorizados los esquemas TN e IT.

Esquema TN

Ver apartados 3.2.2. “Corte automático en sistema TN”, página G/65, y 5. “Instalación régimen TN”, página G/140 del 2.º Volumen.
■ En las unidades con envolvente conductora, ésta debe ser conectada al punto neutro, y si no es posible a un conductor activo.
■ En las unidades con envolventes no conductoras, las masas metálicas del interior de la unidad deben ser conectadas al punto neutro, y si no es posible a un conductor activo.

Esquema IT

Ver apartados 3.2.3. “Corte automático al segundo defecto en redes IT”, página G/70, y 6. “Instalación régimen IT”, página G/149 del 2.º Volumen.
■ En las unidades con envolvente conductora, debe realizarse una conexión equipotencial entre las masas de los materiales y la envolvente.
■ En las unidades con envolventes no conductoras, las masas de los materiales y las partes metálicas internas deben estar conectadas a un conductor equipotencial de PE.
■ El esquema IT puede ser realizado por un transformador de aislamiento o un generador de baja tensión con controlador permanente de aislamiento.

Conexión a una instalación fija, para cualquier esquema de conexión a tierra de los homologados, con corte automático de la alimentación, con o sin toma de tierra

La protección por corte automático de la alimentación está asegurada por un interruptor a corriente diferencial residual DDR.

1 Alimentación desde una instalación fija.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.

Es la equivalencia al doble aislamiento que en España se utiliza en las acometidas.

3 Toma de tierra eventual, de escalones.
4 Conexión del punto neutro (o si no existe, un conductor activo) a la envolvente conductora de la unidad.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el interior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.
7 Unión equipotencial principal.

7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.
7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la toma de tierra eventual, de escalones.
7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la envolvente conductora de la unidad.
7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.

En el caso de que la toma de tierra eventual, de escalones, no obtenga la resistencia de toma de tierra necesaria para la protección de las personas, será necesario situar una toma de tierra función para la protección.

8 Dispositivo de protección de las tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas, protegida por un DDR.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.

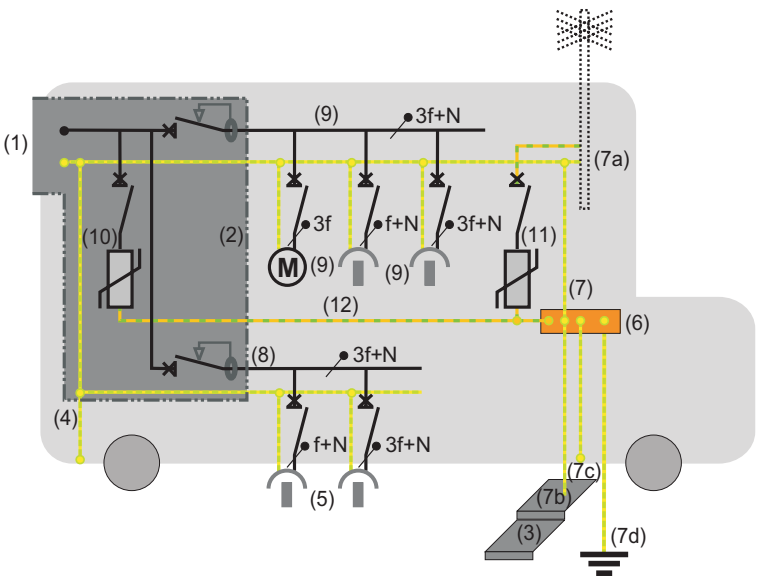


Fig. L6.5-003: *equipo con alimentación exterior.*

Protección por corte automático de la alimentación específicos

Sólo los esquemas TN y TT están autorizados y el corte automático de la alimentación debe asegurarse con un dispositivo a corriente diferencial residual DDR, de como máximo 30 mA.

Conexión a una instalación fija, para cualquier esquema de conexión a tierra de los homologados, con corte automático de la alimentación. Utilización de una envolvente de clase II (doble aislamiento) en todo el interior de la unidad

La protección por corte automático de la alimentación está asegurada, en los circuitos para alimentación de cargas externas, por un interruptor a corriente diferencial residual DDR.

1 Alimentación desde una instalación fija.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, en todo el espacio de la unidad.

Es la equivalencia al doble aislamiento que en España se utiliza en las acometidas.

5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el exterior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal, conectado al conductor PE de la red de alimentación.
7 Unión equipotencial de las masas del circuito cargas internas.
7a Unión equipotencial de las cargas externas.
8 Dispositivo de protección de las tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.

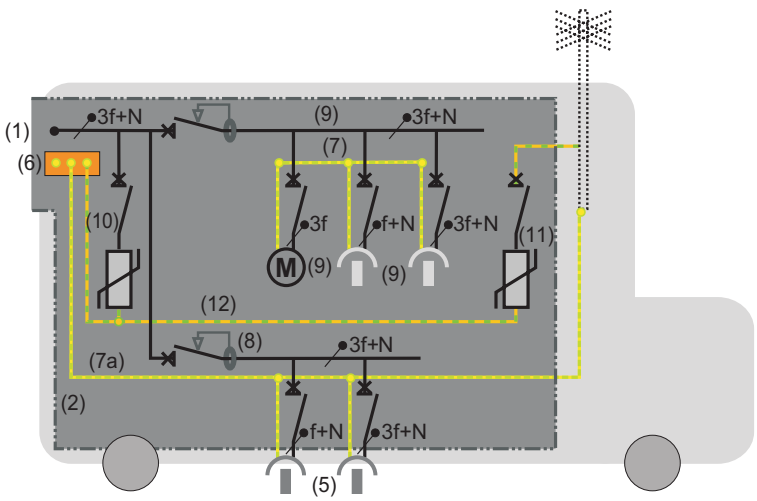


Fig. L6.5-004: *equipo con alimentación exterior.*

Protección por corte automático de la alimentación específicos

Sólo los esquemas TN y TT están autorizados y el corte automático de la alimentación no es necesario para los circuitos situados en el interior de una envolvente de doble aislamiento, donde la interconexión equipotencial de las masas no está puesta a tierra.

En el caso de utilización de un esquema TN el conductor equipotencial de las masas del circuito interno debe conectarse al conductor neutro y si no es posible a un conductor activo.
Los circuitos que alimentan materiales al exterior de la envolvente de doble aislamiento, las masas deben estar conectadas al conductor de protección PE de la alimentación. Cualquiera que sea el esquema de conexión ECT elegido.

Conexión a una instalación fija con cualquier esquema de conexión a tierra de los homologados, por medio de un transformador de separación simple, para alimentar un circuito con esquema de conexión a tierra IT, con toma de tierra

La protección por corte automático de la alimentación, al segundo defecto, está asegurada por un interruptor automático y a corriente diferencial residual DDR.

1 Alimentación desde una instalación fija, por medio de un transformador de aislamiento simple.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.

Es la equivalencia al doble aislamiento que en España se utiliza en las acometidas.

3 Toma de tierra eventual, de escalones.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el exterior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.
7 Unión equipotencial principal.
7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.
7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la toma de tierra eventual, de escalones.
7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la envolvente conductora de la unidad.
7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.

En el caso de que la toma de tierra eventual, de escalones, no obtenga la resistencia de toma de tierra necesaria para la protección de las personas, será necesario situar una toma de tierra función para la protección.

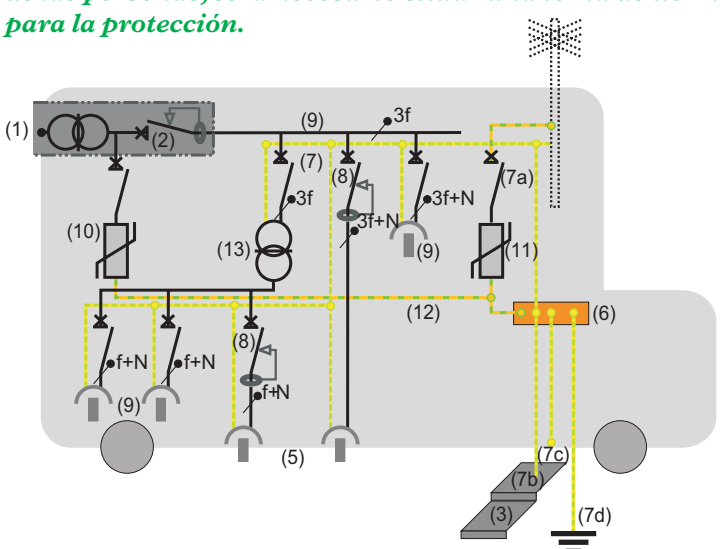


Fig. L6.5-005: *equipo con alimentación exterior fija y alimentación interna en ECT IT.*

8 Dispositivo de protección de las tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas, protegida por un DDR.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.
13 Transformador para la obtención de tensión simple, por ejemplo 230 V.

Protección por corte automático de la alimentación específicos

Esquema IT

Un dispositivo a corriente diferencial residual y una toma de tierra adecuada son los requisitos necesarios para la protección a corrientes de choque en el caso de un fallo del aislamiento simple del transformador.
Los materiales situados en el exterior de la unidad deben estar protegidos por interruptores a corriente diferencial residual DDR de sensibilidad máxima de 30 mA.

Conexión a una instalación fija con cualquier esquema de conexión a tierra de los homologados, por medio de un transformador de separación simple, para alimentar un circuito con esquema de conexión a tierra IT y controlador de aislamiento, con toma de tierra

La protección por corte automático de la alimentación, al segundo defecto, está asegurada por un interruptor automático.

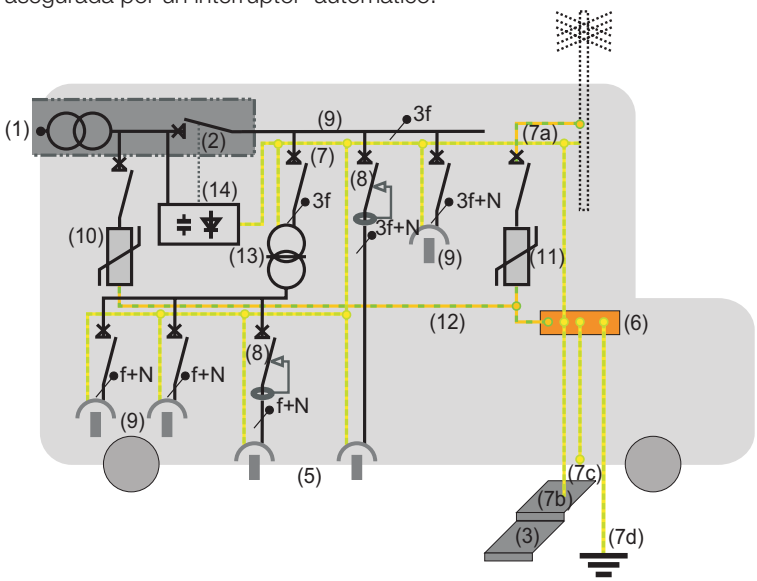


Fig. L6.5-006: *equipo con alimentación exterior fija y alimentación interna en ECT IT con control de aislamiento.*

1 Alimentación desde una instalación fija, por medio de un transformador de aislamiento simple.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.

Es la equivalencia al doble aislamiento que en España se utiliza en las acometidas.

3 Toma de tierra eventual, de escalones.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el exterior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.
7 Unión equipotencial principal.
7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.
7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la toma de tierra eventual, de escalones.
7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la envolvente conductora de la unidad.
7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.

En el caso de que la toma de tierra eventual, de escalones, no obtenga la resistencia de toma de tierra necesaria para la protección de las personas, será necesario situar una toma de tierra función para la protección.

8 Dispositivo de protección de las tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.
13 Transformador para la obtención de tensión simple, por ejemplo 230 V.
14 Controlador de aislamiento con indicación del primer defecto y alarma en el segundo, con posibilidad de orden de desconexión de la alimentación con seguridad positiva.

Protección por corte automático de la alimentación específicos

Esquema IT

Un controlador permanente de aislamiento, instalado en el circuito (14), con o sin toma de tierra, asegura el corte automático de la alimentación, en el caso de un primer defecto entre una parte activa y la envolvente de la unidad.

Conexión a una instalación fija con cualquier esquema de conexión a tierra de los homologados, por medio de un transformador de separación simple, para alimentar un circuito con esquema de conexión a tierra TN, con toma de tierra

La protección por corte automático de la alimentación está asegurada por un interruptor automático y a corriente diferencial residual DDR.

1 Alimentación desde una instalación fija, por medio de un transformador de aislamiento simple.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.

Es la equivalencia al doble aislamiento que en España se utiliza en las acometidas.

3 Toma de tierra eventual, de escalones.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el exterior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.
7 Unión equipotencial principal.
7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.
7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la toma de tierra eventual, de escalones.
7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la envolvente conductora de la unidad.
7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.

En el caso de que la toma de tierra eventual, de escalones, no obtenga la resistencia de toma de tierra necesaria para la protección de las personas, será necesario situar una toma de tierra función para la protección.

8 Dispositivo de protección de las tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas, protegida por un DDR.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.

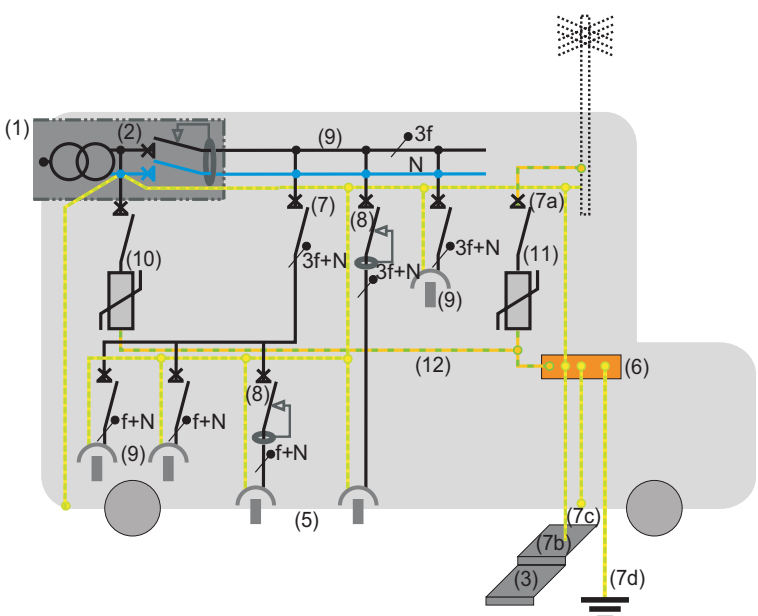


Fig. L6.5-007: *equipo con alimentación exterior fija y alimentación interna en ECT TN.*

Protección por corte automático de la alimentación específicos

Esquema TN

Ver apartados 3.2.2. “Corte automático en sistema TN”, página G/65, y 5. “Instalación régimen TN”, página G/140 del 2.º Volumen.

■ En las unidades con envolvente conductora, ésta debe ser conectada al punto neutro, y si no es posible a un conductor activo.

■ En las unidades con envolventes no conductoras, las masas metálicas del interior de la unidad deben ser conectadas al punto neutro, y si no es posible a un conductor activo.

Conexión a una instalación fija con cualquier esquema de conexión a tierra de los homologados, por medio de un transformador de aislamiento, para alimentar un circuito sin toma de tierra

1 Alimentación desde una instalación fija, por medio de un transformador de aislamiento.

2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.

Es la equivalencia al doble aislamiento que en España se utiliza en las acometidas.

3 Toma de tierra eventual, de escalones, en previsión de una posible utilización.

5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el exterior de la unidad.

7 Unión equipotencial principal no conectada a tierra.

8 Dispositivos de protección de las tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.

9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas.

13 Transformador para la obtención de tensión simple, por ejemplo 230 V.

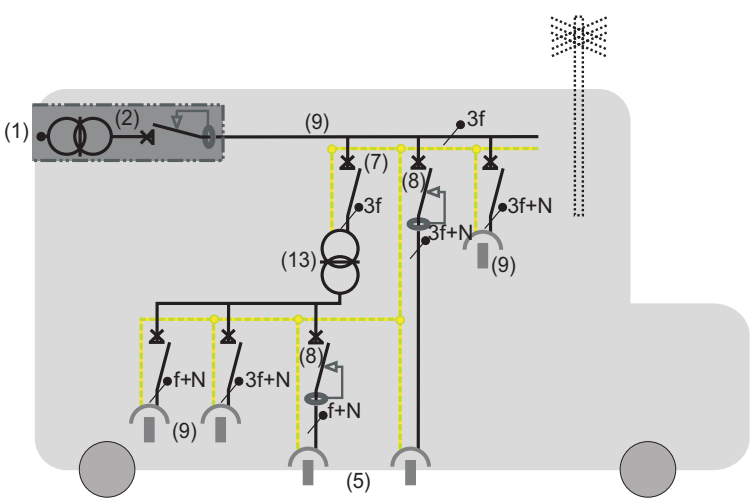


Fig. L6.5-008: *equipo con alimentación exterior fija a través de un transformador de aislamiento.*

Protección específica contra los choques eléctricos

La protección se realiza asegurando una separación galvánica de la alimentación.

Elección de los materiales para la instalación

Identificación

Debe instalarse una placa, situada en un punto visible para el utilizador de la unidad, que indique de forma clara y sin ambigüedades:

■ Los tipos de alimentación que pueden ser conectados a la unidad.

■ Si la unidad corresponde a un tipo de conexión de las descritas en las alimentaciones expuestas o a una combinación de ellas.

Las canalizaciones

■ Los conductores deben ser conformes al tipo 245 de la IEC 60245-4 o conductores de cobre de características equivalentes y de una sección mínima de 2,5 mm^2 para la conexión de la alimentación de la unidad.

■ Los cables flexibles deben penetrar en la unidad, a través de una protección aislante para evitar cualquier conexión accidental con las masas.

■ Los soportes o conductos de los cables deben estar sólidamente unidos a la unidad, con capacidad para soportar las vibraciones propias del transporte.

■ Los conductores para la instalación de la unidad deben ser del tipo IEC o UNE indicado o de características equivalentes:

□ Cables monoconductores aislados con PVC conforme a la IEC 60227-3 o en los conductos conformes a la IEC 60614-2-2 y a la IEC 60614-2-3.

□ Cables apantallados, aislados con PVC conformes a la IEC 60227-4 o conductores apantallados conforme al tipo 245 de la IEC 60245-4, deben tomarse medidas para evitar los impactos mecánicos y la posible abrasión de los conductores.

■ Los conductores para el tratamiento de la información son los propios a los correspondientes a su función.

Otros materiales

■ Los bornes y las tomas de corriente deben ser de conformidad a la IEC 60309-1 o a la IEC 60884-1.

■ Los dispositivos de conexión de la entrada de la unidad deben satisfacer a la IEC 60309-2 y a las siguientes consideraciones:

□ Las clavijas deben disponer de una envolvente aislante.

□ Las clavijas y las bases exteriores deben disponer de un grado de protección como mínimo de IP44.

□ Las entradas de los aparatos y sus envolventes deben disponer de un grado de protección de como mínimo igual a IP55.

□ Las tomas de corriente deben situarse en el interior de la unidad.

□ Las tomas de corriente situadas al exterior deben disponer de un grado de protección de como mínimo IP54.

Este tipo de instalaciones no está contemplado de forma explícita en el REBT de 2002, ni se dispone de una norma UNE específica, por lo que nos debemos guiar por las prescripciones generales de Instalaciones de Receptores ITC-BT-43, así como lo establecido en la norma IEC 60364-7-717.

6.5.2. Instalaciones eléctricas de células fotovoltaicas (PV)

La abreviación (PV) se utiliza para indicar “instalaciones fotovoltaicas”:
- En castellano: **Instalaciones fotovoltaicas (PV)**.
- En inglés: **Solar photovoltaic (PV)** power supply systems.
- En francés: Alimentations **photovoltaïques solaires (PV)**.

Campo de aplicación

Las instalaciones fotovoltaicas (PV) incluyen la parte de corriente continua y corriente alterna, según la IEC 60364-712 de 2002 y el apartado 4.11. “Prescripciónes particulares para las instalaciones eléctricas de células fotovoltaicas (PV)”, página L/224 del Volumen 5.1.

Notas:
- Los materiales para PV están en estudio por la CE82.
- Las prescripciones relativas a las alimentaciones con PV, de forma autónoma está en estudio por la IEC.

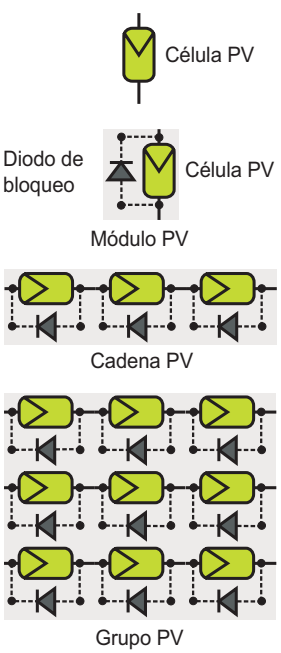
Referencias normativas

- IEC 60904-3. Dispositivos Fotovoltaicos - parte 3.ª.

Principios de medida para los dispositivos solares fotovoltaicos (PV), de uso en la tierra. Incluyendo los datos del espectro lumínico de referencia.
- IEC 61215. Módulos fotovoltaicos (PV) de silicio cristalino para aplicaciones terrestres - clasificación de la concepción y homologación.

Definiciones

Además de las definiciones del presente capítulo, son de aplicación las de la IEC 60050(826). Vocabulario Electrotécnico Internacionmal.



Célula PV

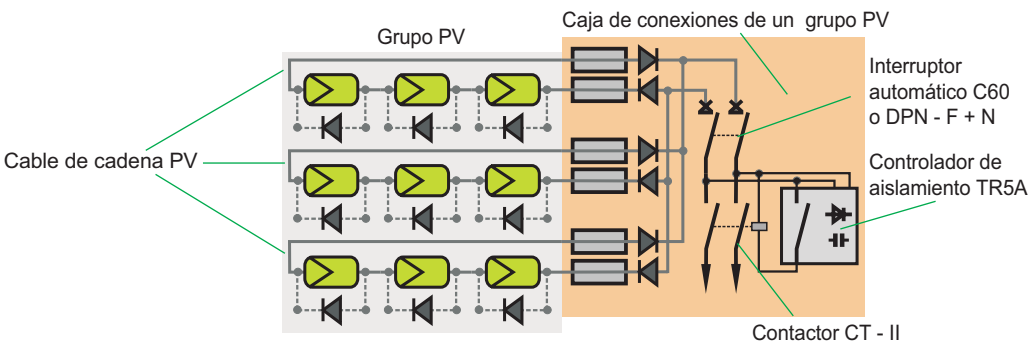
Dispositivo PV básico para generar electricidad en el momento que está sometido a la luz, tal como los rayos solares.

Módulo PV
El conjunto más pequeño de células fotovoltaicas, interconectadas entre ellas, protegido contra el entorno.

Cadena PV
Circuito en el que los módulos PV están conectados en serie, con el fin de formar componentes en función de la tensión de salida.

Grupo PV
Conjunto mecánico y eléctrico, formado por módulos y otros componentes análogos, para construir una unidad de producción de potencia en CC.

Caja de conexiones de un grupo PV
Envolvente en la que se ubican las conexiones y las protecciones eléctricas correspondientes a todas las cadenas PV y los grupos PV correspondientes.



Generador PV
Unión de grupos PV.

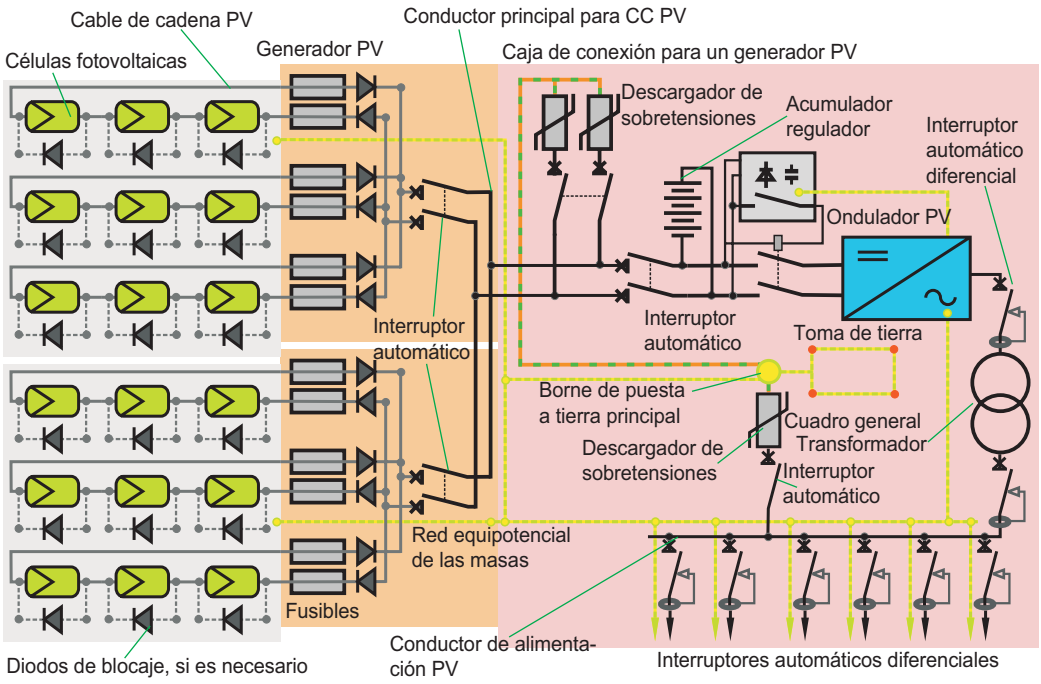
Caja de conexión para un generador PV
Caja de conexión de los componentes de un generador PV, y de los dispositivos de protección utilizados.

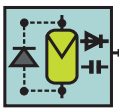
Cable de cadena PV
Conductor de unión de los módulos PV para formar una cadena PV.

Conductor principal para CC PV
Cable de conexión de la caja de conexión de los componentes de un generador PV, hasta los bornes de CC de un ondulador PV.

Ondulador PV
Dispositivo para transformar la corriente continua en corriente alterna senoidal.

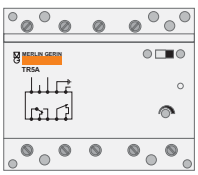
Conductor de alimentación PV
Conductor de conexión de los bornes de CA, del ondulador PV hasta el origen de un circuito de distribución de energía eléctrica (una red).





Módulo alternativo PV
Módulo integrado de célula u onduladores con acceso directo a la salida de corriente alterna.

Instalación PV
Componentes y materiales usados en una red PV.



Controlador TR5A

Utilización

Red IT:
- BT continua tensión ⩽ 420 V
- Con neutro aislado de tierra

Funcionamiento

- Un dispositivo de alta impedancia de entrada mide la variación de potencial de los polos de la red por comparación a tierra

Estas variaciones se transforman en señalización de aislamiento
- La alimentación auxiliar se obtiene de la red a controlar
- Si se exige la vigilancia y la señalización en caso de defecto eléctrico, repartido por igual entre los dos polos, debe utilizarse entonces el controlador Vigilohm System XM200

Tipo de red a controlar

BT continua	Tensión entre polaridades		24-42-48-120-220-260-420 V
Extensión de la red			0 a 50 km de cables

Características eléctricas

Señalización de defectos	Número de umbrales		1 (precintable)
	Regulación del umbral	Red CC 24 a 48 V	5 a 25 kΩ
		Red CC 120 V	10 a 50 kΩ
		Red CC 220 V	30 a 150 kΩ
		Red CC260 a 420 V	30 a 150 kΩ
Tiempo de respuesta bajo defecto franco		⩽ 1 s	

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Test de funcionamiento del aparato			Sí
Aparato con seguridad positiva(1)		Sí	En opción
Contacto de salida	Número		1
	Tipo de contacto		Inversor
	Poder de corte	CA 220 V cos φ=0,7	5 A
		CC 120 V L/R = 0 ms	0,65 A
Margen de funcionamiento de la red controlada			–20% a +20%
Impedancia interna	Entre polaridad 0 y la tierra	100 kΩ	
	Entre la red y tierra		50 kΩ

Características mecánicas

Peso			0,5 kg
Caja de plástico	Desenchufable	Montaje	Horizontal
Índice de protección			
	Empotrado		IP30
	En superficie		IP20

Otras características

Límite térmico	Funcionamiento		–20 °C a +70 °C
	Almacenamiento		–40 °C a +100 °C
Condiciones climáticas tropicalización			Tipo T2(2)

Búsqueda de defecto asociado

Búsqueda móvil Generador XGR portátil y receptor XRM + pinzas

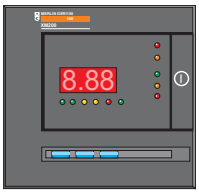
Instalación

Parte activa en caja termoplástica, aislada, desenchufable, modular de 11 pasos de 9 mm, con tapa transparente precintable
Montaje horizontal, sobre carril DIN simétrico, empotrado o en superficie
Conexionado: clips de 6,35 mm para cables de 2,5 mm²

Normas

UTE C 63-080
IEC 364, capítulos 4 y 5
NF C 15-100$ 413.4-3

(1) Seguridad positiva: el relé se desexcita en caso de defecto de aislamiento o cuando desaparece de forma accidentada la tensión auxiliar de alimentación.
(2) Tropicalización tipo T2:
Calor húmedo: 55 °C, 95% de humedad relativa, 28 ciclos (según norma IEC 68-2-30).
Niebla salina: 5% NaCl, 48 horas, 3 meses de almacenamiento (según norma IEC 68-2-11).



Controlador XM200

Función de base: vigilancia de aislamiento general

El controlador XM200 realiza la vigilancia general del aislamiento de una red aplicando una tensión alterna de baja frecuencia entre dicha red y tierra

Funciones principales

■ La medida:
□ De la resistencia de aislamiento
□ De la capacidad de fugas de la red con respecto a tierra
■ La señalización:
□ De un valor correcto de la resistencia de aislamiento (led verde)
□ Del rebase del valor de la resistencia de aislamiento:
Por debajo del umbral de prevención (led rojo/accionamiento de un relé con seguridad positiva)
Por debajo del umbral de defecto (led rojo/accionamiento de un relé)
□ De la presencia de defectos fugitivos (led naranja)
■ La visualización:
□ De las medidas accesibles localmente en la pantalla del CPI
□ Del valor del último defecto fugitivo

Funciones en asociación con otros aparatos

■ Detección de la salida en defecto
Esta función se realiza asociando al XM200 detectores de defecto XD301/XD312
La búsqueda de defectos puede completarse mediante el receptor móvil XRM asociado a su pinza amperimétrica

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Normas

El controlador de aislamiento XM200 está conforme a las normas:
- Clase CPI/XA según UTE C &-080
- IEC 364, capítulos 4 y 5

Su puesta en servicio se realiza en aplicación de la norma UNE 20460
- IEC 61557-8

Tensión de utilización

- Red IT alterna hasta:
  - 440 V si el neutro no es accesible
  - 760 V si el neutro es accesible
- Red continua hasta 500 V

XM200 no puede conectarse a la pletina PHT100 para vigilar redes de tensión más elevada. Elegir Vigilohm en este caso

Instalación

- Montaje horizontal empotrado en frontal de armario o de cofret
- Montaje simplificado en envolventes. Prisma con la ayuda de placas de soporte y tapas perforadas

Auxiliares

- Cardew: limitador de sobretensiones
- Impedancia ZX: permite crear un neutro impedante

Tipo de red a vigilar

Red alterna o mixta IT (neutro aislado o puesto a tierra por impedancia capacitativa)	Tensión entre fases	
	Con XM200 conectado al N	< 760 V CA
	Con XM200 conectado a una f	< 440 V CA
	Frecuencia	45-400 Hz
	Longitud de la red	0 a 30 km de cable
Continua o rectificada Aislada de tierra	Tensión de línea	< 500 V CC

Características eléctricas

Ohmímetro			Numérico
Rango de lectura del aislamiento de la red			0,1 a 999 kΩ
Señalización de defectos	Número de umbrales		2 (precintables)
	Regulación umbrales	1.er umbral (prevención)	10 a 100 kΩ
		2.º umbral (defecto)	0,1 a 20 kΩ
Temporización sobre señalización de defecto		3 escalones	0 s,15 s, 30 s
Tensión dieléctrica			2.500 V
Tolerancia de la alimentación auxiliar			–15% a +10%
Consumo propio máximo			30 VA
Tensión de medida			25 V
Corriente de medida			3 mA máx
Impedancia a 50 Hz/CC			33 kΩ
Test del aparato		Autodiagnóstico y test	Manual
Aparato de seguridad positiva (1)			En estándar
Contacto de salida	Inversor	Número	2 (1 con seg. posit.)
Poder de corte del contacto de salida		CA 380 V cos φ = 0,7	3 A
		220 V cos φ = 0,7	5 A
		CC 220 V L/R = 0	0,45 A
		120 V L/R = 0	0,65 A
		48 V L/R = 0	2,5 A
		24 V L/R = 0	10 A
Sección de conexionado		Conductor rígido	1 a 1,5 mm²
		Conductor flexible	0,75 a 1,5 mm²

Características mecánicas

Peso		2,5 kg
Envolvente metálica (montaje horizontal)	Borne con tornillo desconectable	
Índice de protección empotrado		IP30

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Otras características		
Protección de las regulaciones por tapa precintable		
Temperatura	De funcionamiento	–5 ºC a +55 ºC
	De almacenamiento	–25 ºC a +70 ºC
Búsqueda de defectos asociada		
Automática	Detectores XD301/312	
Manual	Receptor XRM + pinzas	

(1) Seguridad positiva: un relé con seguridad positiva conmuta en caso de corte accidental de alimentación auxiliar o de defecto.

Esquema eléctrico

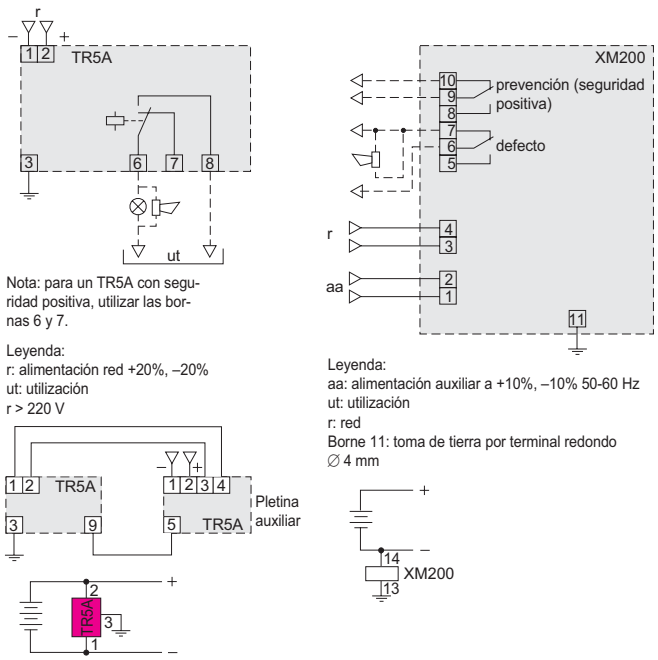


Fig. L6.5-009: *esquema de conexión de los dispositivos para el control del aislamiento de circuitos de CC, TR5A y XM200.*

¿Qué entendemos por una instalación PV?

El conjunto de componentes y líneas situados en una red PV.

Condiciones de ensayo normalizadas

Corresponden a las condiciones de ensayo descritas en la IEC 60904-3 para las célula y módulos PV.

Tensión en circuito abierto, bajo las condiciones de ensayo normalizadas $U_{oc\ ztc}$

Es la tensión, en condiciones de ensayo normalizadas, en los bornes de un módulo PV, una cadena PV, un grupo PV, de un generador PV o en los bornes para CC de un ondulador PV.

Corriente de cortocircuito en las condiciones de ensayo normalizadas $I_{sc\ stc}$

Es la corriente de cortocircuito, en condiciones de ensayo normalizadas, en los bornes de un módulo PV, una cadena PV, un grupo PV, de un generador PV o en los bornes para CC de un ondulador PV.

Lado continuo de una instalación PV

Corresponde a la parte de una instalación PV situada entre una célula PV y los bornes para CC del ondulador.

Lado alterno de una instalación PV

Corresponde a la parte de una instalación PV situada entre los bornes para CA de un ondulador PV y el punto de conexión de la red de distribución de la instalación eléctrica.

Separación simple

Separación entre circuitos o entre un circuito y tierra, por medio de un aislamiento principal.

Tipos de esquemas de unión a tierra

La puesta a tierra de una de las partes activas del lado de continua es adecuado si existe una separación entre el lado de continua y el de alterna.
Es recomendable que todas las instalaciones de corriente continua dispongan de una conexión a tierra para reducir la corrosión producida por la ionización propia de la bipolarización.
Si el esquema del ondulador garantiza una separación simple o galvánica, es suficiente para los efectos de separación del lado de continua y alterna. En caso contrario debemos incorporar un transformador de aislamiento.
Si pretendemos considerar un circuito separado del lado de continua con respecto al de alterna, deberemos disponer de dos puestas a tierra, una para cada parte y separadas entre ellas para evitar cualquier interferencia.
Si efectuamos una conexión a tierra de un conductor activo no podemos utilizar un controlador de aislamiento del circuito.

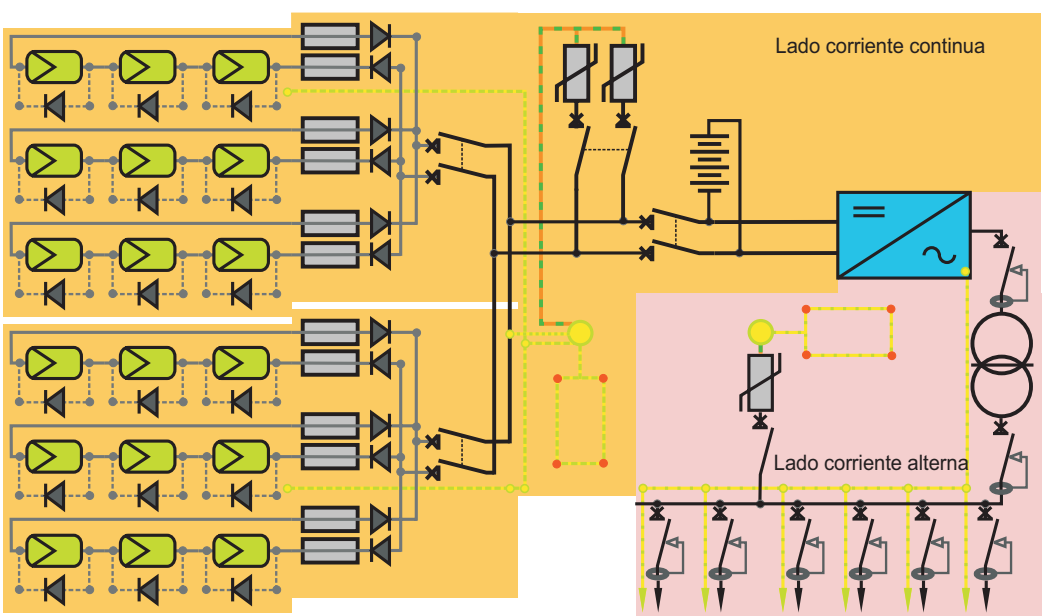


Fig. L6.5-010: *circuitos separados con puestas a tierra independientes.*

Protección para asegurar la seguridad

Las medidas de protección contra los choques eléctricos

(Ver “La protección contra los choques eléctricos”, página G/31 del 2.º Volumen y “Los diferentes tipos de sobretensiones transitorias”, página H1/157 del 2.º Volumen.)

Los materiales PV del lado de corriente continua se deben considerar en tensión, aunque desconectemos el lado de corriente alterna.
Los materiales y su instalación, utilizados para un circuito PV, deben permitir el mantenimiento de los mismos y la conformidad a las prescripciones de los fabricantes, para permitir un funcionamiento con seguridad.

Lado de corriente continua

Protección por MBTS y/o MBTP

Para las redes MBTS y/o MBTP (Muy Baja Tensión de Seguridad o Muy Baja Tensión de Protección), la $U_{OC\ STC}$ es equivalente a la U_n y no deben superar los 120 V CC.

Protección por corte automático de la alimentación

En el lado de corriente continua

Según la IEC 60364-7-712 de 2002, la protección por corte automático de la instalación en el lado de corriente continua está en estudio.
En espera de una resolución de la IEC, CENELEC o UNE, y partiendo de las técnicas conocidas hoy, podemos considerar:

■ Circuitos con un conductor activo con puesta a tierra: las protecciones de MBTS o MBTP hasta una tensión nominal de 60 V CC, son adecuadas.

■ Circuitos sin puesta a tierra de un conductor activo: el control del aislamiento con un dispositivo de la gama Vigilohm System TR5A o XM200 que controlan el aislamiento entre las partes activas o las partes activas y el circuito equipotencial de las masas puesto a tierra. En el que en el momento que bajamos del valor de resistencia del aislamiento, que puede permitir una fuga, desconectamos el circuito a través del propio contacto del aparato medidor o por medio de un contactor con seguridad positiva.

La forma de cálculo de los umbrales y de las resistencias de puesta a tierra las encontraremos en el 2.º Volumen, en los apartados:

■ 3.2. “Protección por corte automático de la alimentación”, página G/59.

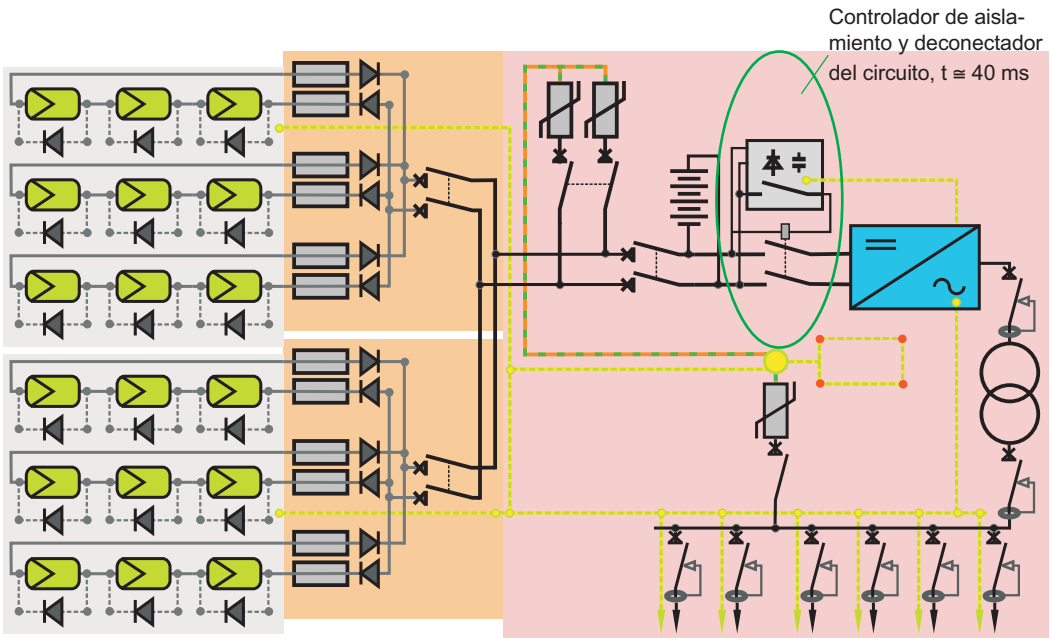


Fig. L6.5-011: *controladores de aislamiento y contactores de desconexión de la alimentación.*

□ 3.2.1. “Corte automático con esquema TT”, página G/62.
□ 3.2.2. “Corte automático con esquema TN”, página G/65.
□ 3.2.3. “Corte automático al segundo defecto en redes IT”, página G/70.
■ 3.3. “Coordinación de los materiales eléctricos y de las medidas de protección con la instalación eléctrica”, página G/76.
■ 4. “Instalación régimen TT”, página G/81.
■ 5. “Instalación régimen TN”, página G/140.
■ 6. “Instalación régimen IT”, página G/149.

■ Debemos tener en consideración que el tiempo efectivo de desconexión del contacto del relé del controlador TR5A o XM200 y el contactor CT, es del orden de los 40 ms.

■ La protección por locales (o emplazamientos) no conductores, al lado de la corriente continua, no son autorizados.

■ La protección por circuitos equipotenciales no conectados a tierra no son autorizados.

Lado de corriente alterna

El conductor de alimentación PV debe conectarse aguas abajo del dispositivo de protección por corte de la alimentación, en función del esquema de conexión a tierra utilizado en la parte alterna.

En los casos en que en el esquema de conexión a tierra deba utilizarse un interruptor a corriente diferencial residual, si no existe una separación simple entre la parte de continua y alterna, el interruptor a corriente diferencial residual DDR deberá ser del tipo B según la IEC 60755 2.ª modificación.

Si el ondulador PV no puede, por construcción, inyectar corrientes de fuga de origen de CC al circuito de corriente alterna como un ondulador con separación galvánica, entonces no es preceptivo la utilización de DDR del tipo B.

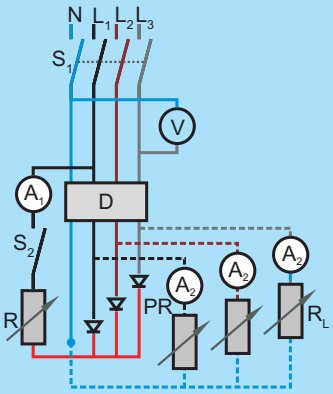
Es aconsejable la utilización de materiales de clase II o un aislamiento equivalente del lado de corriente continua (ondulador con aislamiento galvánico o transformador de separación).

Norma IEC 755 2.ª enmienda. Apartado 4.2.10.3 Dispositivo diferencial tipo B.
Dispositivo diferencial en el que la desconexión es asegurada bajo las siguientes características:

■ Para corrientes residuales alternas senoidales.
■ Para corrientes diferenciales continuas pulsantes.
■ Para corrientes diferenciales continuas pulsantes con una componente continua de 0,006 A.
■ Para corrientes residuales provenientes de rectificadores, es decir:
□ Rectificadores simples, de alternancia mediante carga capacitativa, produciendo una corriente continua lisa.
□ Rectificador trifásico de simple alternancia (Fig. 3h) o por rectificador trifásico de doble alternancia.
□ Puente rectificador de doble alternancia entre fases (Fig. 3i).
Con o sin control del ángulo de fase, independientemente de la polaridad, que sean aplicados bruscamente o por incremento progresivo lentamente.

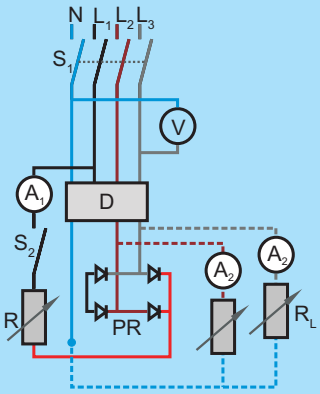
■ Esquema de ensayo con rectificador trifásico de simple alternancia.

■ Esquema de ensayo con puente rectificador de doble alternancia entre fases.



A_1 = Amperímetro (valores eficaces)
A_2 = Amperímetro (medida, CA)
D = Dispositivo diferencial
PR = Rectificador trifásico de simple alternancia o puente rectificador de doble alternancia
R = Resistencia variable para corriente residual
R_L = Cargas resistentes
S = Alimentación en CA
S_1 = Interruptor tetrapolar
S_2 = Interruptor unipolar
V = Voltímetro

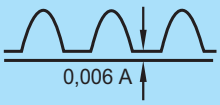
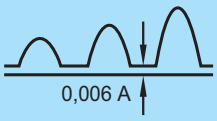
Fig. 3h: Circuito de ensayo para la verificación del funcionamiento de los dispositivos diferenciales a corriente residual, para un defecto en un circuito alimentado por un rectificador trifásico de simple alternancia.



A_1 = Amperímetro (valores eficaces)
A_2 = Amperímetro (medida, CA)
D = Dispositivo diferencial
PR = Puente rectificador doble alternancia entre fases
R = Resistencia variable para corriente residual
R_L = Cargas resistentes
S = Alimentación en CA
S_1 = Interruptor tetrapolar
S_2 = Interruptor unipolar
V = Voltímetro

Fig. 3i: Circuito de ensayo para la verificación del funcionamiento de los dispositivos diferenciales a corriente residual, para un defecto en un circuito alimentado por un rectificador trifásico de simple alternancia.

Tipos de onda en que un DDR tipo B puede actuar:

Corriente alterna sinusoidal	Bruscamente aplicada	
	Aumentando lentamente	
Corriente continua pulsante con o sin componente continua 0,006 A	Bruscamente aplicada	
	Aumentando lentamente	
Corriente continua alisada		

L
6.5

Las medidas de protección contra los efectos térmicos

(Ver el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.)

■ La regla general a cumplir contra los efectos térmicos queda en que: las personas, los animales domésticos, los materiales, los objetos próximos a los materiales y el entorno no deben estar sometidos a temperaturas que puedan destruirlos o lesionar sus características normales. Las posibles manifestaciones térmicas, por conducción, radiación o convección deben ser aisladas por materiales resistentes y no accesibles a las personas, animales domésticos, materiales no resistentes, a los objetos próximos y al entorno.

■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen y al apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.

■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen y al apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.

■ Las líneas en interiores deberán dimensionarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen.

■ Los cuadros eléctricos se deberán dimensionar de conformidad al apartado 6. “Los cuadros eléctricos”, página F/109 del 1.er Volumen y al apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.

■ En el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.

■ Independientemente de lo expuesto en estos apartados, también deberemos tener una especial consideración a los requisitos sobre el tema de la protección contra incendios, debemos dotar a las redes con interruptores DDR de como mínimo 500 mA. UNE 20460-93/7-705.

Las medidas de protección contra las sobreintensidades

(Ver apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.)

Debemos atender:

■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen y al apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.

■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen y al apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.

■ Las líneas de interiores deberán dimensionarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen.

■ En el apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.

Para poder seguir un ejemplo detallado de un proceso de cálculo, ver el apartado 6.4.4. “La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales”, página L/836 de este Volumen.

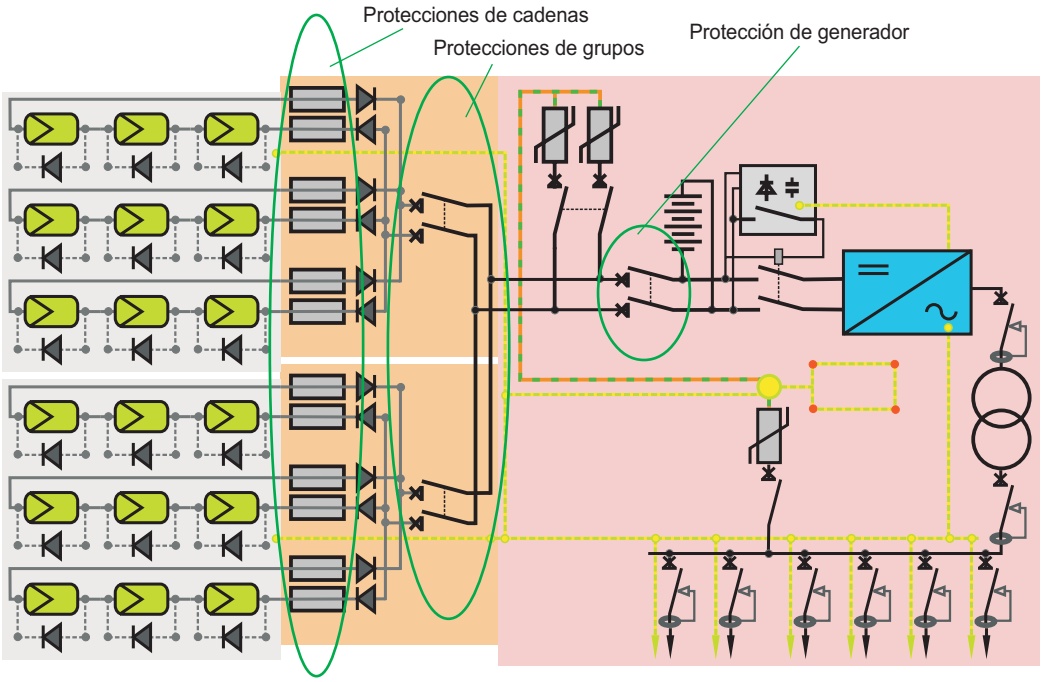


Fig. L6.5-012: *situación de las protecciones contra sobreintensidades.*

Consideraciones específicas en el circuito de corriente continua

■ La protección contra las sobrecargas puede omitirse en la protección de las cadenas PV y los grupos PV, si las conexiones son capaces de conducir, en condiciones normales, 1,25 veces la $I_{SC\ STC}$, en todo el circuito considerado.

■ La protección del generador debe realizarse con un dispositivo de protección contra las sobreintensidades y los cortocircuitos.

Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias

En el apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 del 2.º Volumen trataremos el tema desde las dos vertientes de las fuentes de generación de las sobretensiones:

■ Atmosféricas.

■ De red.

Las instalaciones PV pueden situarse en zonas ya protegidas de las descargas atmosféricas o no:

■ Si está bajo una cobertura contra las descargas atmosféricas no se deberá incrementar la instalación. Pero sí que se deberá proteger el circuito de las posibles sobretensiones inducidas.

■ Si no está dentro de una cobertura general, se procurará una cobertura propia para la instalación. Ver capítulo H1, apartado 4.2. "Las protecciones contra las sobretensiones", página H1/166 y capítulo H2, apartado 4. "Los materiales para la protección contra las sobretensiones, página H2/249 del 2.º Volumen.

Sobretensiones atmosféricas en las instalaciones PV

Debemos efectuar una instalación que sea capaz de derivar las descargas de las cargas atmosféricas, procurando controlar el camino a tierra.

Este camino puede ser provocado por una instalación con la intención de alejar las descargas atmosféricas de las instalaciones PV.
Considero adecuado limitar con un círculo el área de la instalación PV con pararrayos que descarguen a tierra las posibles cargas atmosféricas del entorno.

El pararrayos
Debemos procurar que sean las partes más altas de la zona. Los 10 o 12 m de poste más los 2 m de perfil metálico pueden ser adecuados.

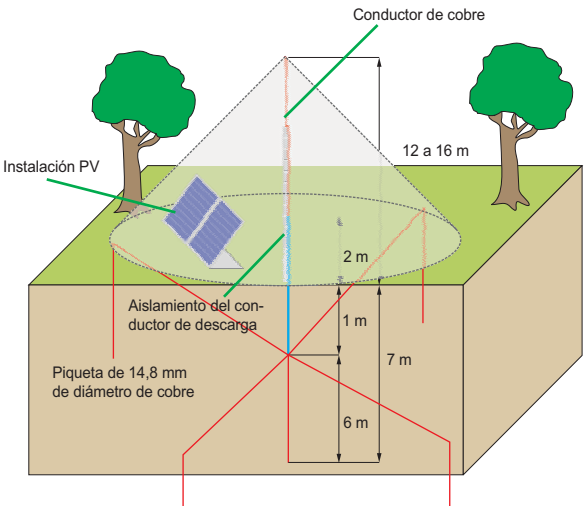


Fig. L6.5-013: *placas solares al aire libre y protecciones con pararrayos.*

La conducción de los dos metros de perfil metálico a tierra debe realizarse con conductor de cobre de como mínimo 50 mm^2 u otro material de resistencia equivalente.
Esta conducción a tierra debe protegerse en un espacio accesible a las personas y animales domésticos de dos metros por sobre el nivel del suelo y un metro por debajo del nivel del suelo.
Es adecuado que la descarga sea absorbida por la tierra y se reparta en un volumen suficiente, para evitar la ionización de la tierra y facilitar la absorción.
La forma de pata de pato o circular de tres o cuatro piquetas de cuatro metros de longitud, al entorno de un radio de seis metros del poste, incados a partir de dos metros del suelo, interconectadas con conductor de cobre de como mínimo 50 mm^2 u otro material de resistencia equivalente, son adecuados.
En la edificación fija también debemos instalar un pararrayos de conformidad al apartado 4.2. “Las protecciones contra sobretensiones”, página H1/166 del 2.º Volumen.

Sobretensiones de red

La sobretensiones de red pueden situarse en ella por causas propias o por causas externas que inducen sobretensiones a la red.
Para apaciguar el efecto de la sobretensiones transitorias en la red podemos utilizar los descargadores de sobretensiones. En el apartado 4.4. “Reglas generales de instalación”, página H1/179 del 2.º Volumen, y en el apartado 4. “Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones”, página H2/249 del 2.º Volumen.

Consideraciones sobre las puestas a tierra

Las puestas a tierra de los pararrayos las hemos diseñado con más de una derivación a tierra, con el fin de dividir la intensidad en diferentes ramales y reducir el

valor de un ramal. Con la finalidad de que la interferencia con otras tierras sea menor. Desconocemos la intensidad real del rayo que pueda ser captado, pero una distancia entre tierras de como mínimo 20 m es una medida prudente, tanto como disponer de más de cuatro derivaciones a tierra. Ver el apartado "Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra", página F/101 del 1.er Volumen.

Las medidas de protección contra las influencias de la CEM

(Ver apartado 5. "Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)", página H1/197 del 2.º Volumen y apartado 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética (CEM)", página F/264 del 1.er Volumen.)

Una consideración para las instalaciones PV

■ Estas instalaciones por su propia función son exteriores.
■ Para minimizar las tensiones inducidas por descargas atmosféricas, debe minimizarse la superficie de los bucles de conexión al máximo.
■ Procurar que los conductores de los circuitos equipotenciales se conduzcan por los mismos conductos de los conductores activos.

Las medidas de protección contra las bajadas de tensión

(Ver apartado 6. "Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión", página H1/205 del 2.º Volumen.)

Las medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando

(Ver apartado 7. "Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando", página H1/207 del 2.º Volumen.)

Consideraciones de seccionamiento en instalaciones PV

■ Para permitir el mantenimiento del ondulador se ha de prever un seccionador en la parte continua y otro en la parte alterna.
■ Las condiciones de seccionamiento para la interconexión de una instalación PV a la red pública se adecuarán a las normas de la Cía. receptora y aceptadas por la autoridad competente.
■ Para las interconexiones de las instalaciones PV a la red pública. Para los dispositivos de protección, mando y seccionamiento se debe considerar:
□ La red pública como la fuente de energía.
□ La instalación PV como la carga.
■ Todas las cajas de conexión (generador PV, grupos PV y cadenas PV) deben llevar un indicador que alerte de que aunque se haya seccionado del ondulador PV de la red, los bornes de las cajas pueden estar bajo tensión propia de las células.

Los materiales para las instalaciones PV

Conformidad a normas

■ Los módulos PV deben ser conformes a las normas de construcción propias, por ejemplo los módulos cristalinos con la IEC 61215. Es recomendable utilizar preferencialmente módulos PV de clase II o con un aislamiento equivalente si la tensión de los módulos PV $U_{OC\ STC}$ es igual o superior a 120 V.
■ Las cajas de conexiones y los cuadros para la aparamenta deben ser de conformidad a la IEC 60439-1 y UNE 60439-1.
■ Los materiales eléctricos del lado continuo deben estar homologados para ser utilizados en corriente continua.
■ Los módulos PV pueden ser unidos en serie siempre que la tensión máxima autorizada en el circuito abierto de módulo PV y del ondulador PV, no sea superada. Las especificaciones apropiadas deben ser indicadas por los fabricantes.

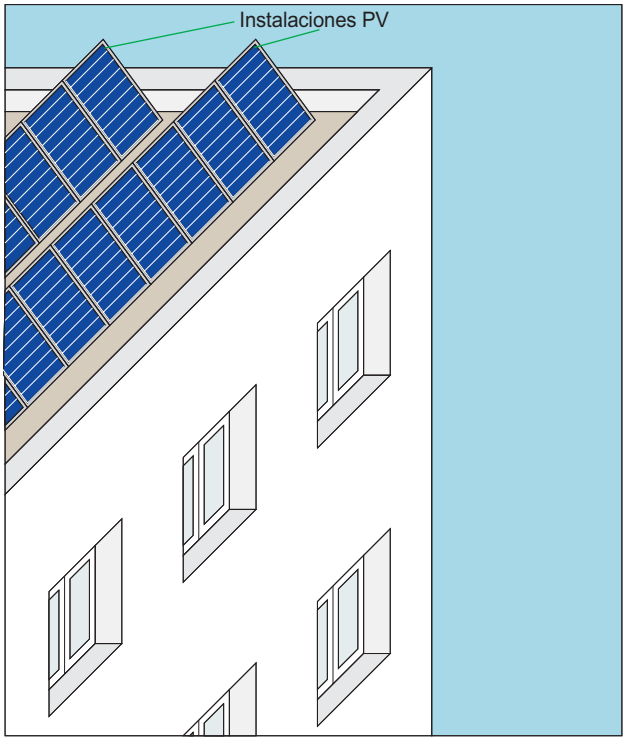


Fig. L6.5-014: *placas solares al aire libre en zonas urbanas.*

■ Si se utilizan diodos de blocaje, la tensión asignada inversa debe ser 2 · $U_{OC\ STC}$ de las cadenas PV. Los diodos de blocaje deben estar conectados en serie con respecto a las cadenas PV.
■ El fabricante debe indicar la forma de instalación para que la temperatura interna de las células, con la máxima radiación solar, pueda ser evacuada sin generar perjuicios a la instalación.
■ Los cables de las cadenas PV, los grupos PV y los conductores principales de la parte de continua, deben ser elegidos y situados de forma que se eviten los calentamientos, los riesgos de cortocircuito y de fugas.

Nota: *Se puede lograr, por ejemplo, reforzando la protección de la instalación con conductores armados.*

Las instalaciones PV deben resistir las influencias externas tales como el viento, la formación de hielo, la nieve, la temperatura y los rayos solares.

Este tipo de instalaciones no está contemplado, de forma explícita, en el REBT de 2002, ni se dispone de norma UNE específica, a tal fin nos hemos guiado con la norma internacional IEC 60364-7-712.

INSTALACIONES DE RECEPTORES. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-43

1. INTRODUCCIÓN

La presente instrucción establece los requisitos generales de instalación de receptores dependiendo de su clasificación y utilización que están destinados a ser alimentados por una red de suministro exterior con tensiones que no excedan de 440 V en valor eficaz entre fases (254 V en valor eficaz entre fase y tierra).
De acuerdo al Artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, los requisitos de todas las instrucciones relativas a receptores no sustituyen ni eximen el cumplimiento de lo establecido en la Directiva de Baja Tensión (73/23/CEE) y en la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (89/336/CEE) para dichos receptores y sus elementos constitutivos, aun cuando los receptores no se suministren totalmente montados y el montaje final se realice durante la instalación, como por ejemplo algunos tipos de luminarias o equipos eléctricos de máquinas industriales, etc.

2. GENERALIDADES

2.1. Condiciones generales de instalación

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y las condiciones de ventilación, necesarias para que en funcionamiento no pueda producirse ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.
Los circuitos que formen parte de los receptores, salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades, siendo de aplicación, para ello, lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

2.2. Clasificación de los receptores

La clasificación de los receptores en lo relativo a la protección contra los choques eléctricos es la siguiente:

Tabla 1. Clasificación de los receptores

	Clase 0	Clase I	Clase II	Clase III
Características principales de los aparatos	Sin medios de protección por puesta a tierra	Previstos medios de conexión a tierra	Aislamiento suplementario pero sin medios de protección por puesta a tierra	Previstos para ser alimentados con baja tensión de seguridad (MBTS)
Precauciones de seguridad	Entorno aislado de tierra	Conexión a la toma de tierra de protección	No es necesaria ninguna protección	Conexión a muy baja tensión de seguridad

Esta clasificación no implica que los receptores puedan ser de cualquiera de los tipos descritos anteriormente. Las condiciones de seguridad del receptor tanto en su uso como en su instalación, de conformidad a lo requerido en la Directiva de Baja Tensión, pueden imponer restricciones al uso de receptores de alguno de los tipos anteriores.
El empleo de aparatos previstos para ser alimentados a muy baja tensión de seguridad (según ITC-BT-36), pero que incorporan circuitos que funcionan a una tensión superior a ésta, no se considerarán de Clase III a menos que las disposiciones constructivas aseguren entre los circuitos a distintas tensiones, un aislamiento equivalente al correspondiente a un transformador de seguridad según UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4.

2.3. Condiciones de utilización

Las condiciones de utilización de los receptores dependerán de su clase y de las características de los locales donde sean instalados. A este respecto se tendrá en cuenta lo dispuesto en la ITC-BT-24. Los receptores de Clase II y los de Clase III se podrán utilizar sin tomar medidas de protección adicional contra los contactos indirectos.

2.4. Tensiones de alimentación

Los receptores no deberán, en general, conectarse a instalaciones cuya tensión asignada sea diferente a la indicada en el mismo. Sobre éstos podrá señalarse una única tensión asignada o una gama de tensiones que señale con sus límites inferior o superior las tensiones para su funcionamiento asignadas por el fabricante del aparato.
Los receptores de tensión asignada única podrán funcionar en relación con ésta, dentro de los límites de variación de tensión admitidos por el reglamento por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
Los receptores podrán estar previstos para el cambio de su tensión asignada de alimentación, y cuando este cambio se realice por medio de dispositivos conmutadores, estarán dispuestos de manera que no pueda producirse una modificación accidental de los mismos.

2.5. Conexión de receptores

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación alimentadora. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-19.
Se admitirá, cuando las prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecte a un conjunto de receptores.
Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por inmediato de un cable apto para usos móviles, que podrá incorporar una clavija de toma de corriente. Cuando esta conexión se efectúe directamente

a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectúa por intermedio de un cable movible, éste incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.
En cualquier caso, los cables en la entrada al aparato estarán protegidos contra los riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anular los cables o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán una longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos a ésta después de que la hayan soportado los conductores de alimentación.
En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su cable de alimentación alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, los aislamientos y cubierta del cable no serán de material termoplástico.
La conexión de los cables aptos para usos móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:
– Clavija y toma de corriente.
– Cajas de conexión.
– Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.
La conexión de cables aptos para usos móviles a los aparatos destinados a usos domésticos o análogos se realizará utilizando:
– Cable flexible, con cubierta de protección, fijado permanentemente al aparato.
– Cable flexible, con cubierta de protección, fijado al aparato por medio de un conector, de manera que las partes activas del mismo no sean accesibles cuando estén bajo tensión.
La tensión asignada de los cables utilizados será como mínimo la tensión de alimentación y nunca inferior a 300/300 V. Sus secciones no serán inferiores a 0,5 mm^2. Las características del cable a emplear serán coherentes con su utilización prevista.
Las clavijas utilizadas para la conexión de los receptores a las base de tomas de corriente de la instalación de alimentación serán de los tipos indicados en las figuras ESC 10-1b, C2b, C4, C6 o ESB 25-5b, de la norma UNE 20315 o clavija conforme a la norma UNE-EN 50075. Adicionalmente, los receptores no destinados a uso en viviendas podrán incorporar clavijas conforme a la serie de normas UNE-EN 60309.

2.6. Utilización de receptores que desequilibren las fases o produzcan fuertes oscilaciones de la potencia absorbida

No se podrán instalar sin consentimiento expreso de la empresa que suministra la energía, aparatos receptores

que produzcan desequilibrios importantes en las distribuciones polifásicas.
En los motores que accionen máquinas de par resistente muy variables y en otros receptores como hornos, aparatos de soldadura y similares, que puedan producir fuertes oscilaciones por la potencia de ellos absorbida, se tomarán medidas oportunas para que las mismas no puedan ser mayor del 200% de la potencia asignada del receptor.
Cuando se compruebe que tales receptores no cumplen la condición indicada, o que producen perturbaciones en la red de distribución de energía de la empresa distribuidora, ésta podrá, previa autorización del organismo competente, negar el suministro a tales receptores y solicitar que se instalen los sistemas de corrección apropiados.

2.7. Compensación del factor de potencia

Las instalaciones que suministren energía a receptores que resulte un factor de potencia inferior a 1, podrán ser compensadas, pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitativa.
La compensación del factor de potencia podrá hacerse de una de las dos formas siguientes:
– Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen simultáneamente y se conecten por medio de un sólo interruptor. En este caso el interruptor debe cortar la alimentación simultáneamente al receptor o grupo de receptores y al condensador.
– Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación debe estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea mayor de un +/– 10% del valor medio obtenido durante un prolongado período de funcionamiento.
Cuando se instalen condensadores y la conexión de éstos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, los condensadores irán provistos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.
Los condensadores utilizados para la mejora del factor de potencia en los motores asíncronos, se instalarán de forma que, al cortar la alimentación de energía eléctrica al motor, queden simultáneamente desconectados los indicados condensadores.
Las características de los condensadores y su situación deberán ser conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 60831-1 y UNE-EN 60831-2.

6.6. Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales

6.6.1. Instalaciones eléctricas en elementos de mobiliario (muebles)

El objeto de este apartado es determinar las características específicas para las instalaciones eléctricas en elementos para muebles y en los propios muebles. Deberemos distinguir en los muebles destinados en locales que contengan una bañera o ducha y los demás.

Muebles para locales de baño o ducha

Para la instalación de muebles con equipo eléctrico en locales o espacios con baño o aseo o locales que contengan una bañera o ducha, se tendrán en cuenta los volúmenes y prescripciones definidas en el apartado 6.2. "Instalaciones eléctricas en zonas con agua", página L/361 del Volumen 5.1, y en el apartado 6.2.2. "Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar mojado (BB3)", página L/362 del Volumen 5.1, y la ITC-BT-27 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Muebles para locales sin baños o duchas (sin zonas con agua)

Por ejemplo: muebles de oficina, mesas, armarios, camas, aparadores, muebles para televisores, muebles de cocina, mostradores, expositores, o los paneles tanto fijos como móviles, de uso en viviendas, comercios o industrias.

■ Las especificaciones de este apartado no alcanzan:

□ A los equipos eléctricos especialmente diseñados para ser instalados en elementos de mobiliario y que están sujetos a normas y especificaciones de construcción propias (tales como radios, neveras, etc.).

□ A los elementos empotrados que forman parte de un edificio, los cuales deberán seguir las prescripciones propias de edificios, según el carácter del mismo.

■ Todos los elementos eléctricos montados en los muebles deben cumplir con sus normas constructivas correspondientes.

Selección y montaje de material eléctrico

Aspectos generales

■ Los equipos y accesorios eléctricos que se coloquen en los elementos de mobiliario se seleccionarán y colocarán en función de la ubicación y el entorno previsible del elemento.

■ En particular se tendrán en cuenta los esfuerzos mecánicos y térmicos a que éste se pueda hallar sometido, así como el riesgo de incendio. Especialmente las luminarias, elementos de altas temperaturas, instaladas sobre elementos inflamables tales como madera, tela, plásticos, etc., deben ser de calidad F según la UNE-EN 60598-1 y marcados con el símbolo F.

■ Toda parte metálica accesible o que pueda ser accidentalmente accesible por una parte conductora, deberá conectarse al conductor de protección PE.

■ Cuando la potencia disipada por los equipos eléctricos, instalados en un espacio cerrado de un mueble, o que en una situación del mueble pueda quedar cerrado, deberá instalarse un interruptor de seguridad, que al quedar cerrado el equipo quede desconectado (por ejemplo, las luminarias instaladas en las camas plegables).

Sistema de cableado

Conexión entre la instalación fija del edificio y el mobiliario

■ Los equipos eléctricos que se hallen colocados en los elementos de mobiliario se conectarán al suministro eléctrico monofásico.

■ La corriente total máxima del elemento de mobiliario no sobrepasará los 16 A y la tensión no será superior a los 250 V.
■ La conexión entre la red de suministro del edificio y el elemento de mobiliario se realizará a través una conexión fija o por medio de una clavija a una toma de corriente.
■ Cuando la conexión a la instalación fija se realice mediante una clavija, ésta será conforme a la UNE 20315.

Tipos de cables

■ Los cableados, tanto dentro del mueble como hasta su conexión a la instalación fija del edificio, se realizarán:
□ Con cable rígido según norma UNE 21123-2 o norma UNE 21031-3 (equivalente como mínimo al tipo H07V-U o Ho7V-R) si la conexión se realiza mediante cableado fijo.
□ Con cable flexible aislado con goma según norma UNE 21027-4 (equivalente como mínimo al tipo H05RR-F.
□ Con cable flexible aislado con policloruro de vinilo según norma UNE 21031-5 (equivalente como mínimo al tipo H05VV-F) si la conexión se realiza mediante clavija y toma de corriente.
■ Cualquier cableado dentro del mueble que pueda estar sometido a movimientos, será flexible según norma UNE 21027-4 (equivalente como mínimo al tipo H05RR-F) o según norma UNE 21031-5 (equivalente como mínimo al tipo H05VV-F).
■ Para poder determinar las referencias de los conductores ver Tabla F7-091: "Tabla de designación de los conductores y cables según CENELEC", página F/218, y Tabla F7-093: "Tabla de los principales conductores y cables estandarizados por CENELEC", página F/219 del 1.er Volumen.

Naturaleza y sección de los conductores

■ La sección mínima de los conductores, en cobre, será de:
□ 0,75 mm^2 de cobre para instalación de alumbrado exclusivamente. Se emplean conductores flexibles si la longitud entre la conexión en la instalación fija del local o vivienda y el aparato más alejado contenido en el mueble no es superior a 10 m y éste no lleva ninguna base de toma de corriente.
□ 1,5 mm^2 de cobre, flexible o rígido, en los demás casos si no hay bases de toma de corriente.
□ 2,5 mm^2 de cobre, flexible rígido, en cualquier caso, si hay bases de toma de corriente.

Sistemas de cableado

■ Atender las orientaciones del apartado 7.2.1. "Instalaciones con conductores aislados y conducciones", página F/216 del 1.er Volumen.
■ Los cables se colocarán de forma que queden protegidos contra la torsión, la tracción y posibles daños o desperfectos; deben estar fijados de modo seguro.
■ Los cables se podrán colocar en tubos, canales protectoras o bien conducidos dentro de un canal realizado durante la construcción del elemento mobiliario.
■ Las conducciones deberán realizarse procurando no interferir electromagnéticamente los posibles equipos del propio conjunto y los de su entorno. Para poder satisfacer la CEM, realizar las conducciones de conformidad al apartado 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", página F/264 del 1.er Volumen.

Los accesorios para las conducciones

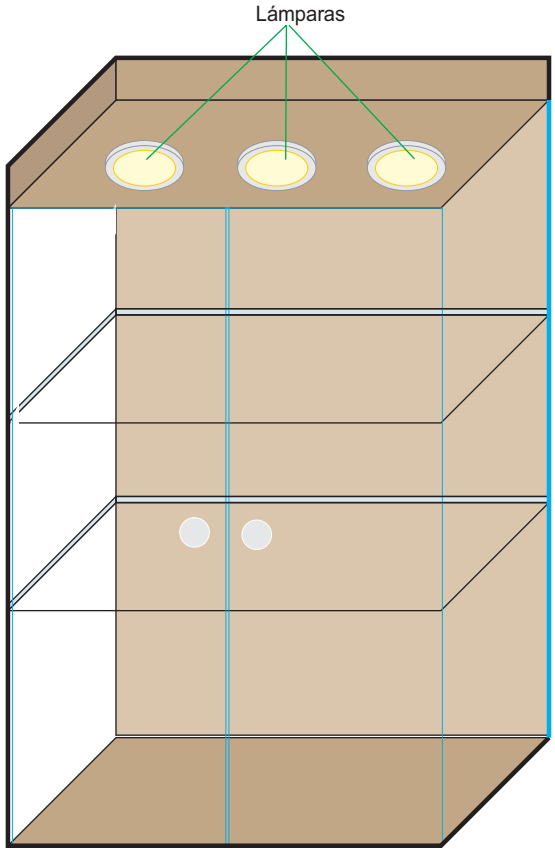
■ Los accesorios del sistema de cableado deberán cumplir los requisitos que se aplican a las cajas clasificadas según el apartado 5.3.1.3. de la norma UNE 20451, en los que se encuentran:

□ Gran resistencia mecánica.
□ Los accesorios deben estar fijados al mueble.
□ Resistencia térmica de conformidad a la norma UNE-EN 60695-2-1 (850 ºC en el ensayo del hilo incandescente).
■ Protección contra la penetración de cuerpos sólidos de grado IP3x, de conformidad a la UNE 20324.

Otros materiales

Luminarias y otros materiales

Las luminarias y otros materiales se seleccionarán y colocarán siguiendo las siguientes indicaciones:
■ La máxima temperatura alcanzada por la carcasa de la luminaria y otros materiales no excederá de:
□ 90 ºC en condiciones normales de funcionamiento.
□ 115 ºC en caso de avería o disfunción.
Además, se aplicarán las instrucciones del fabricante, principalmente en lo relativo al montaje y a las distancias de seguridad con partes inflamables.
■ Por encima o por debajo de las luminarias deberá marcarse en el mueble, de forma visible, el valor de la potencia en watios admisibles para la lámpara, siempre y cuando la construcción de las luminarias no impida la colocación de una lámpara de potencia superior.
■ Cuando la potencia disipada por los equipos eléctricos pueda producir temperaturas excesivas en un espacio cerrado, debe instalarse un interruptor accionado por el cierre de la puerta de tal forma que los equipos queden fuera de servicio cuando la puerta esté cerrada (por ejemplo luminarias en camas plegables, armarios, etc.).



Características específicas para los muebles destinados a salas con agua (cuartos de baño o duchas)

Independientemente de que se deban realizar de conformidad a los apartados 6.2. “Instalaciones eléctricas en zonas con agua”, página L/361 del Volumen 5.1, y apartado 6.2.2. “Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar mojado (BB3)”, página L/362 del Volumen 5.1, y la ITC-BT-27 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, deberemos atender:

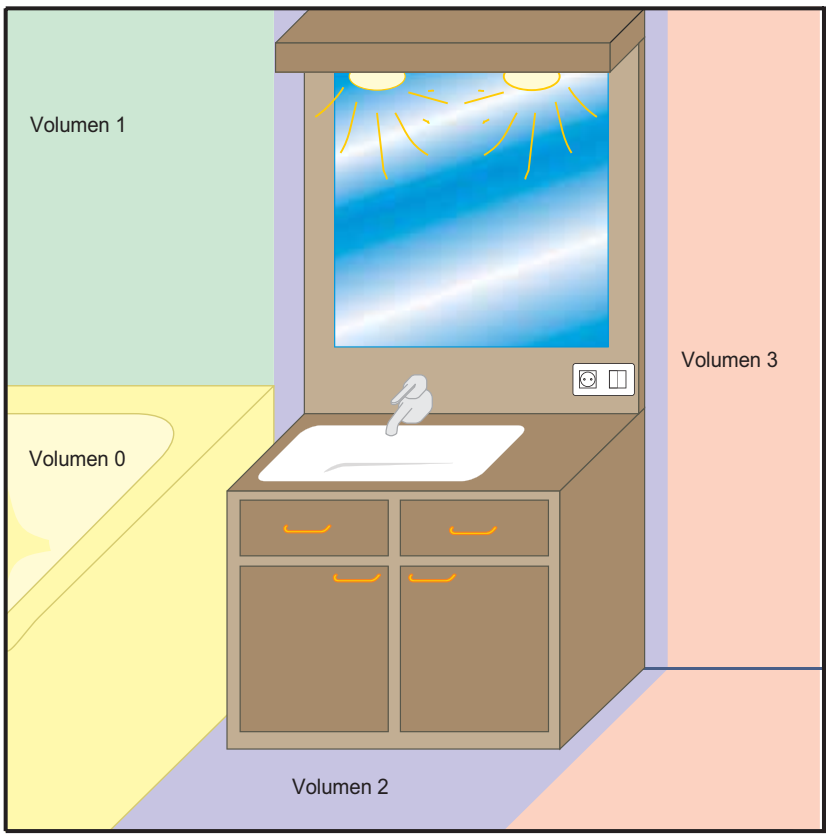
■ Para la conexión a la instalación fija, los muebles deben llevar una caja de conexiones con bornes, fijada al mueble, independientemente del la naturaleza del equipo eléctrico del mueble.

■ La caja de conexiones sólo debe ser accesible su interior, después de haber retirado su tapa con una herramienta.

■ Los dispositivos de conexión de los conductores exteriores de la instalación de la edificación no deberán usarse para la conexión de conductores internos.

■ El borne de tierra, si existe, deberá estar identificado con su símbolo normalizado correspondiente y se conectará a la instalación de tierra del edificio.

■ Los muebles con equipo eléctrico, para instalarse en cuartos de baño, aseos o duchas, deberán ser fijos.



Los muebles para locales con baños, duchas o en locales en contacto con el agua, deben cumplir las prescripciones propias y las de situación en el lugar de montaje. Deben cumplir las prescripciones propias de los volúmenes ocupados. (Ver apartado 6.2. “Instalaciones eléctricas en zonas con agua”, página L/361.)

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MUEBLES. ITC-BT-49

1. OBJETOS Y CAMPOS DE APLICACIÓN

El objeto de la presente instrucción es determinar los requisitos de las instalaciones eléctricas en los muebles y elementos de mobiliario.
Las prescripciones de esta instrucción son aplicable a:
– Muebles de toda clase, incluidos los muebles de despacho, mostradores, expositores, paneles fijos o móviles y análagos.
– Muebles, espejos y elementos de cuarto de baño en locales que contengan una bañera o ducha.
Los receptores que se utilicen en dichas instalaciones cumplirán los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el articulo 6 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. A estos efectos cualquier mueble comercializado con un equipo eléctrico montado en él (por ejemplo, luminaria, interruptor, base de toma de corriente, etc.) se considerará como un receptor.

2. MUEBLES NO DESTINADOS A INSTALARSE EN CUARTOS DE BAÑO

Se incluyen en este apartado las mesas, camas, armarios, aparadores, muebles de televisión, muebles de cocina, paneles de despacho (incluidos los tabiques móviles y amovibles), y en general muebles no situados en cuartos de baño o locales que contengan una bañera o ducha en los cuales se colocan equipos eléctricos, tales como luminarias, bases de toma de corriente, dispositivos de mando, interruptores, etc.

2.1. Aspectos generales

Los equipos y accesorios eléctricos que se coloquen en los elementos de mobiliario, estarán situados teniendo en cuenta las solicitaciones mecánicas y térmicas a las que pueden estar sometidos así como a los riesgos de incendio que puedan provocar. En particular las luminarias para instalaciones en superficies inflamables (madera, tela, etc.) deben estar marcadas con el simbolo F, según la norma UNE-EN 60598-1.
Cuando la potencia disipada por los equipos eléctricos pueda producir temperaturas excesivas en un espacio cerrado, deberá instalarse un interruptor accionado por el cierre de la puerta de tal manera que equipos queden fuera de servicio cuando la puerta esté cerrada (por ejemplo, las luminarias instaladas en las camas plegables).

2.2. Canalizaciones

Los cables se podrán colocar en tubos, canales protectoras o bien conducidos dentro de un canal realizado durante la construcción del elemento de mobiliario. La instalación de tubos y canales tiene que ser conforme a lo indicado en la ITC-BT-21.

Los cables a instalar dentro de un mueble y hasta su conexión con la instalación interior del local o vivienda serán:
– Cables flexibles aislados con goma (equivalente, como mínimo, al tipo H = 5RR-F).
– Cables flexibles aislados con policloruro de vinilo (PVC) (equivalentes como mínimo, al tipo H = 5W-F).

2.3. Sección de los conductores

La mínima sección de los conductores será de:
– 0,75 mm^2 de cobre para instalación de alumbrado exclusivamente y con conductores flexibles si la longitud entre la conexión, la instalación fija del local o vivienda y el aparato más alejado contenido en el mueble no es superior a 10 m y si éste no lleva ninguna base de toma de corriente.
– 1,5 mm^2 de cobre, flexible o rígido, en los demás casos si no hay bases de toma de corriente.
– 2,5 mm^2 de cobre, flexible o rígido, en cualquier caso, si hay bases de toma de corriente.

2.4. Protección mecánica de los cables

Los cables deben estar convenientemente protegidos contra todo daño y en especial contra la tracción y torsión, para lo cual se colocarán dispositivos antitracción en los puntos de penetración de los aparatos y próximos a las conexiones.
Los cables estarán fijados a las paredes de los muebles y en los extremos de los vanos existentes.

2.5. Conexiones

Las conexiones deben efectuarse mediante tomas de corriente o bornes situados en cajas con grado de protección mínimo IP3x y cuya tapa sólo pueda ser abierta con la ayuda de una llave o de un útil.
Las cajas deben estar colocadas de tal manera que estén protegidas contra todo daño mecánico.

3. MUEBLES EN CUARTOS DE BAÑO

Para las instalaciones de muebles con equipo eléctrico en cuartos de baño o aseo o locales que contengan una bañera o ducha, se tendrán en cuenta los volúmenes y prescripciones definidas en la ITC-BT-27.
Para la conexión a la instalación fija, los muebles deben llevar una caja de conexión con bornes fija, independientemente de cual sea su equipo eléctrico. Los dispositivos de conexión de los conductores exteriores de la instalación de la edificación no deberán usarse para la conexión de conductores internos. Dicha caja de conexión con bornes deben ser accesibles únicamente después de retirar una tapa o cubierta con la ayuda de una herramienta. El borne de tierra, si existe, estará identificado con su símbolo normalizado correspondiente y se conectará a la instalación de tierra del edificio.
Los muebles con equipo eléctrico para instalarse en cuartos de baño o aseo deberán ser fijos.

6.7. Instalaciones eléctricas al aire libre

ITC-BT-41

6.7.1. Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas

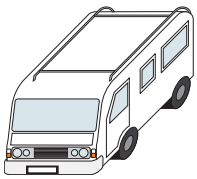
Las orientaciones para las instalaciones eléctricas en parques de caravanas y caravanas se sitúan en el grupo de instalaciones eléctricas en edificios y al aire libre; por tanto todo lo expuesto en los capítulos anteriores que afecta a las instalaciones eléctricas que inciden en estas condiciones son aplicables a estas instalaciones específicas y además todas las que relacionaremos de forma particular y de conformidad a sus propias características.

Las especificaciones propias a sus características particulares estarán dirigidas a las instalaciones de alimentación de los vehículos de recreo (comprendidas las caravanas), o de las tiendas de campaña, así como las instalaciones eléctricas del interior de las caravanas y de las caravanas a motor, para tensiones nominales no superiores a 440 V.

Estas recomendaciones no son aplicables a las instalaciones eléctricas de:

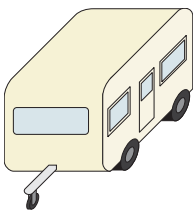
- Viviendas móviles, que quedan sujetas a las recomendaciones de instalación de viviendas.
- Vehículos fijos de recreo que quedarán sujetos a las recomendaciones características a sus actividades.
- A los angares transportables y análogos.
- A las construcciones de temporada.
- A las intalaciones para obras, derribos.
- El alumbrado exterior que queda sujeto a las recomendaciones de alumbrado exterior...

Conceptos



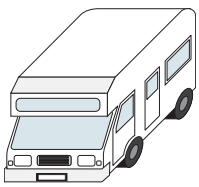
Vehículo de recreo

Unidad equipada para habitar en ocupación temporal o de forma estacional y que satisface las prescripciones para la construcción y utilización de los vehículos móviles.



Caravana

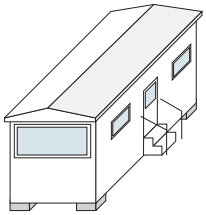
Vehículo de recreo remolcable, utilizado para el turismo, que satisface las prescripciones para la construcción y utilización de los vehículos móviles.



Caravana a motor

Vehículo de recreo autopropulsado, utilizado para el turismo que satisface las prescripciones para la construcción y utilización de los vehículos móviles.

Nota: Puede consistir en la adaptación de vehículos de serie, o concebido y construido sobre un chasis ya existente, con o sin cabina de conducción integrada, pudiendo, el habitáculo, ser fijo o desmontable.



Casa móvil

Vehículo de recreo transportable que incluye medios para su desplazamiento pero que no satisface las prescripciones de construcción y utilización de los vehículos de carretera.

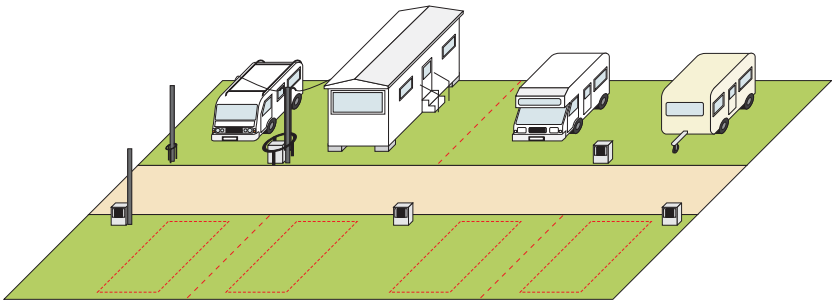


Fig. L6.7-001: *parque de caravanas.*

Emplazamiento de caravanas
Emplazamiento del terreno destinado a ser ocupado por vehículo de recreo.

Parque de caravanas
Superficie de terreno que contiene varios emplazamientos de caravanas.

Punto de alimentación eléctrica de caravanas
Material que comprende los medios de conexión y desconexión de los cables de alimentación de los vehículos de recreo, con la red del suministro eléctrico.

La distribución
La distribución será función del sistema de contratación.
- Contratación de cada parcela con la Cía. suministradora del fluido.
- Contratación de un promotor del total de energía necesario para el parque o emplazamiento de caravanas y repartir a las parcelas el suministro.
- Esquema distribución por la Cía.
- Esquema distribución particular.

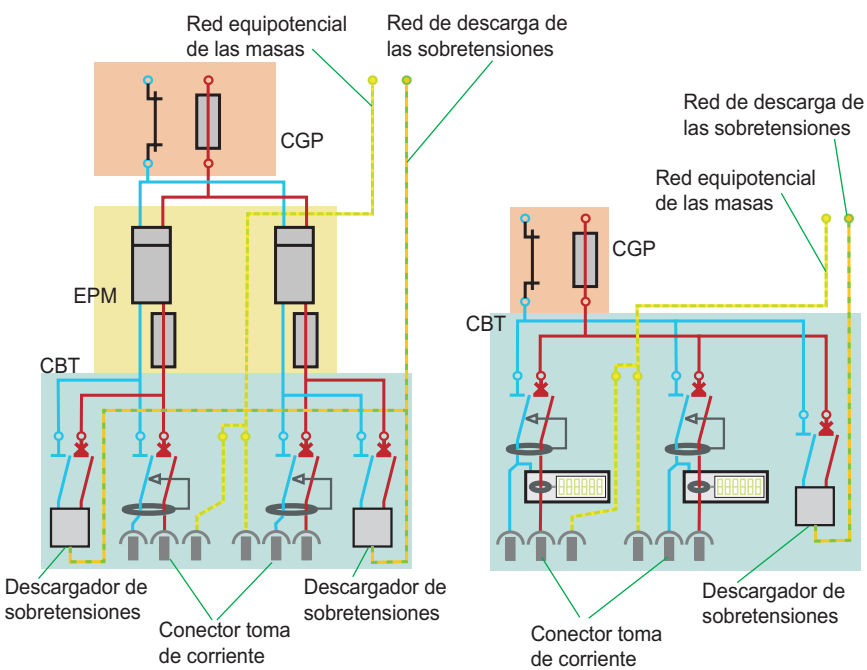


Fig. L6.7-002: *esquema de los puntos de alimentación a las caravanas o tiendas.*

La distribución directa de la Cía. suministradora de fluido

El punto de conexión

La conexión será función de las recomendaciones propias de cada Cía. suministradora; del tipo de red, aérea o subterránea, y del tipo de posibilidad de instalación, al aire o empotrada en muro.

Punto de conexión, con red aérea y empotrado en muro, para dos parcelas

■ Caja General de Protección (CGP):

□ Esquema n.º 1 (ver Fig. D3-005: esquema n.º 1 CGP, página D/55 del 1.er Volumen).

□ Modelo de 40 A o 80 A (ver Figs. D3-012 y D3-013, página D/57 del 1.er Volumen).

■ Equipos de protección y medida (ver Fig. D4-014. Esquema 1, página D/76 del 1.er Volumen).

■ Cuadro de abonado: Kaedra Box para tomas industriales PK (ver página F/130 del 1.er Volumen).

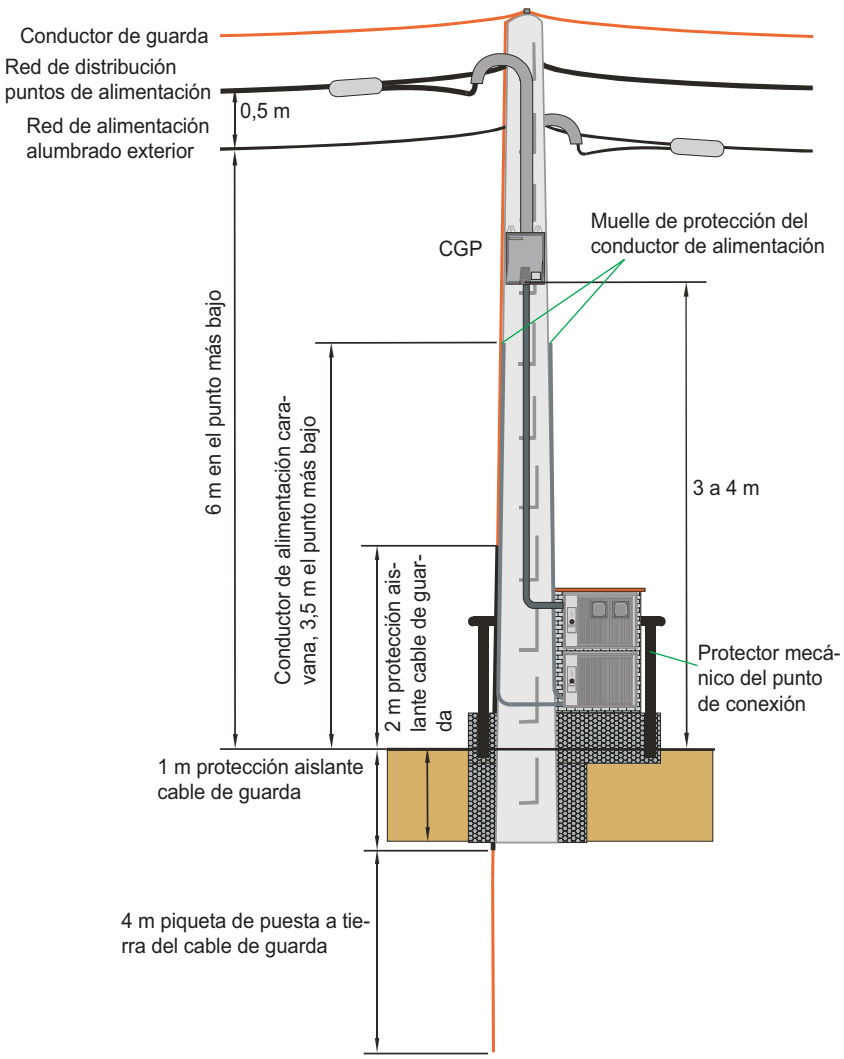


Fig. L6.7-003: *esquema acometida para un punto, empotrado, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red aérea. Suministro Cía.*

Materiales

■ Caja general de protección CGP de 40 u 80 A, según la recomendación ITC-BT-13:
□ Fase con fusible.
□ Neutro seccionable.
■ Línea general de alimentación LGA según ITC-BT-14:
□ Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.
□ Conductor de cobre (según la tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen).
□ Método de instalación (según la Tabla F7-097 (52-B1), página F/226 del 1.er Volumen) tipo B.
□ Aislante del conductor. Policloruro de vinilo (C01 - según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen):
– Conductor para CGP de 40 A. Le corresponde una sección de 10 mm^2 capaz para transportar 49 A.
– Conductor para CGP de 80 A. Le corresponde una sección de 25 mm^2 capaz para transportar 88 A.
□ Tubo de acero galvanizado o de otro material no propagador de la llama capaz de soportar impactos importantes AG3 - 2 julios, de sección:
– Para CGP de 40 A de 75 mm de diámetro exterior.
– Para CGP de 80 A 110 mm de diámetro exterior.
■ Equipo de protección y medida para dos abonados. PN-57 Figura A. Esquema 1 (ver página D/76 del 1.er Volumen).
Espacio para dos contadores monofásicos, dos fusible UTE o Diazet (según Cía.), dos bornes para conductor neutro y dos bornes para la conexión de tierra.
■ Red equipotencias de puesta a tierra de las masas de todo el parque de caravanas o emplazamiento de caravanas.
■ Red de descarga de las sobretensiones.
■ Conductor de guarda con puesta a tierra en cada poste.
■ Cuadro de protección para dos parcelas:
□ Dos interruptores automáticos diferenciales, unipolar más neutro DPN N Vigi superinmunizado de 30 mA, curva C de hasta 16 A para cajas de acometida de 40 A o 25 A para cajas de 80 A.
Cada interruptor automático estará provisto de un dispositivo de precintado. Para que solo el ocupante de la parcela pueda accionarlo.
El interruptor automático y diferencial debe tener la categoría de seccionador.
□ Dos interruptores automáticos C60 curva C de 20 A.
□ Dos limitadores de sobretensiones transitorias clase II, PRD40.
□ Dos tomas de corriente PK, base de 16 o 32 A.
■ Conexión punto de enlace caravana:
□ Dos tomas de corriente PK clavija, una en cada extremo (de conformidad a UNE-EN 60309), con bases de tres alveolos, fase + neutro + tierra de 16 A o 32 A según el caso. 25 m de conductor flexible del tipo H07RN-F de 4 mm^2 (ver Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen) para clavijas de 16 A y 6 mm^2 para clavijas de 25 A.
■ Dos muelles al extremo de un poste para facilitar el paso aéreo de la conexión hasta el conector de la caravana.

ITC-BT-07

Punto de conexión, con red aérea y al aire, para dos parcelas

Será muy similar al anterior, excepto la construcción externa del punto de conexión:
■ Caja General de Protección (CGP):
□ Esquema n.º 1 (ver Fig. D3-005: esquema n.º 1 CGP, página D/55 del 1.er Volumen).
□ Modelo de 40 A o 80 A (ver Figs. D3-012 y D3-013, página D/57 del 1.er Volumen).

■ Equipos de protección y medida (ver Fig. D4-040, página D/82 del 1.er Volumen). Esquema 1 (página D/76 del 1.er Volumen).
■ Cuadro de abonado: Kaedra Box para tomas industriales PK (ver página F/130 del 1.er Volumen).

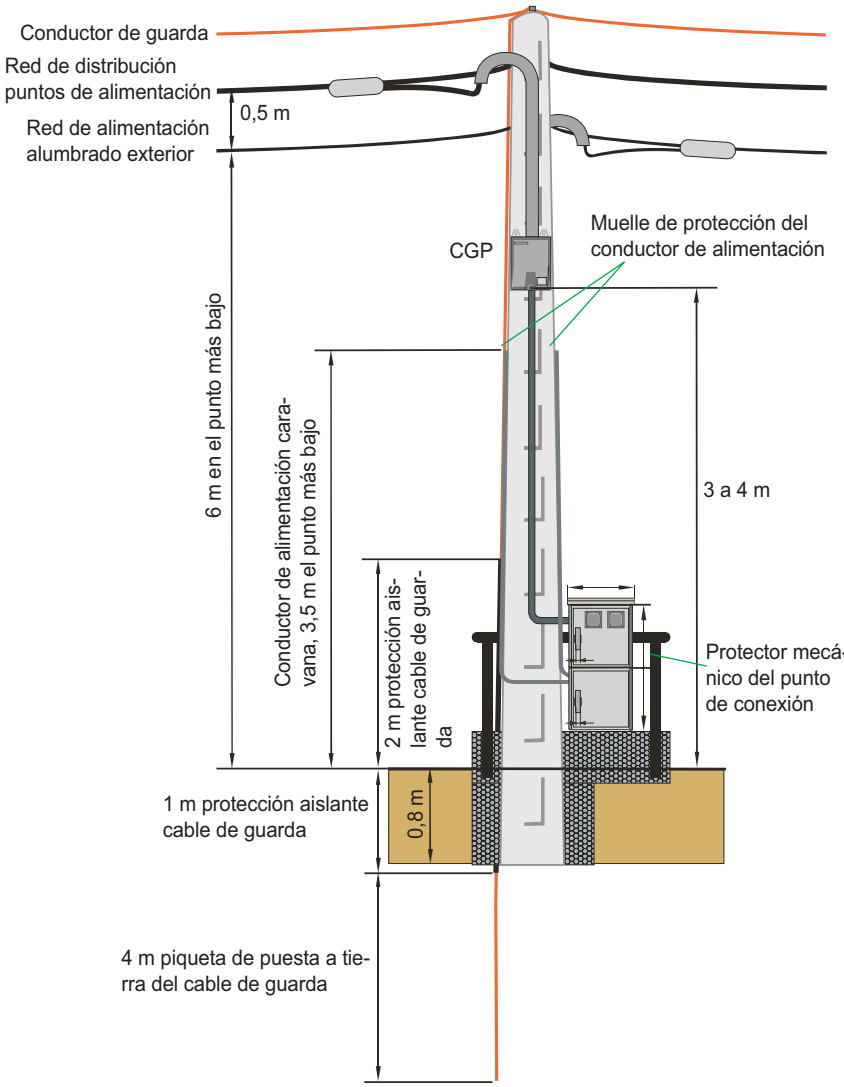


Fig. L6.7-004: *esquema acometida para un punto, aéreo, de alimentación de parcelas para parques de caravanas aérea. Suministro Cía.*

Materiales

■ Caja general de protección CGP de 40 o 80 A, según la recomendación ITC-BT-13:
□ Fase con fusible.
□ Neutro seccionable.
■ Línea general de alimentación LGA según ITC-BT-14:
□ Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.
□ Conductor de cobre (según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen).
□ Método de instalación (según la Tabla F7-097 (52-B1), página F/223 del 1.er Volumen) tipo B.

□ Aislante del conductor. Policloruro de vinilo (C01 - según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen):
– Conductor para CGP de 40 A. Le corresponde una sección de 10 mm² capaz para transportar 49 A.
– Conductor para CGP de 80 A. Le corresponde una sección de 25 mm² capaz para transportar 88 A.
□ Tubo de acero galvanizado o de otro material no propagador de la llama capaz de soportar impactos importantes AG3 - 2 julios, de sección:
– Para CGP de 40 A de 75 mm de diámetro exterior.
– Para CGP de 80 A 110 mm de diámetro exterior.
■ Equipo de protección y medida para dos abonados. PL-107T (ver página D/84 del 1.er Volumen). Figura A. Esquema 1 (ver página D/76 del 1.er Volumen).
En la parte superior se dispone de espacio para dos contadores monofásicos, dos fusible UTE o Diazet (según Cía.), dos bornes para conductor neutro y dos bornes para la conexión de tierra. El volumen superior es equivalente a un PL-55T (ver Fig. D4-036, página D/81 del 1.er Volumen) con esquema n.º 1 (ver Fig. D4-017, página D/76 del 1.er Volumen).
■ Red equipotencial de puesta a tierra de las masas de todo el parque de caravanas o emplazamiento de caravanas.
■ Red de descarga de las sobretensiones.
■ Conductor de guarda con puesta a tierra en cada poste.
■ Cuadro de protección para dos parcelas:
□ Dos interruptores automáticos diferenciales, unipolar más neutro DPN N Vigi superinmunizado de 30 mA, curva C de hasta 16 A para cajas de acometida de 40 A o 25 A para cajas de 80 A.
Cada interruptor automático estará provisto de un dispositivo de precintado. Para que sólo el ocupante de la parcela pueda accionarlo y cumplirá la categoría de seccionador.
□ Dos interruptores automáticos C60 curva C de 20 A.
□ Dos limitadores de sobretensiones transitorias clase II, PRD40.
□ Dos tomas de corriente PK, base de 16 o 32 A.
■ Conexión punto de enlace caravana:
□ Dos tomas de corriente clavija (de conformidad a UNE-EN 60309), con bases de tres alveolos, fase + neutro + tierra de 16 A o 32 A según el caso, en cada extremo del conductor. 25 m de conductor flexible del tipo H07RN-F de 4 mm² (ver Tabla F7-091, página F/218) para bases de 16 A y 6 mm² para bases de 25 A.
■ Dos muelles al extremo de un poste para facilitar el paso aéreo de la conexión hasta el conector de la caravana.

ITC-BT-07

Punto de conexión, con red subterránea y empotrado en muro, para dos parcelas

Tres unidades de cajas PN-55. Una unidad de figura A (Fig. D4-008, página D/74 del 1.er Volumen) y dos unidades de figura C (Fig. D4-016, página D/76 del 1.er Volumen). Formando una columna.

Materiales

En la columna, de tres cajas, se ubica
■ En la parte inferior se ubica la Caja General de Protección (CGP):
□ Caja general de protección.
Esquema 10 con fusibles de 40 u 80 A (página D/74 del 1.er Volumen). Que permite el embornamiento de la entrada y salida de la red subterránea de alimentación y una derivación con fusible de la fase de alimentación y un seccionamiento de la derivación del neutro a las tomas de las parcelas.
■ En la parte intermedia se sitúa el equipo de protección y medida.
□ Equipo de protección y medida para dos abonados. PN-57 figura A. Esquema 1 (ver página D/76 del 1.er Volumen).

Espacio para dos contadores monofásicos, dos fusible UTE o Diazet (según Cía.), dos bornes para conductor neutro y dos bornes para la conexión de tierra.

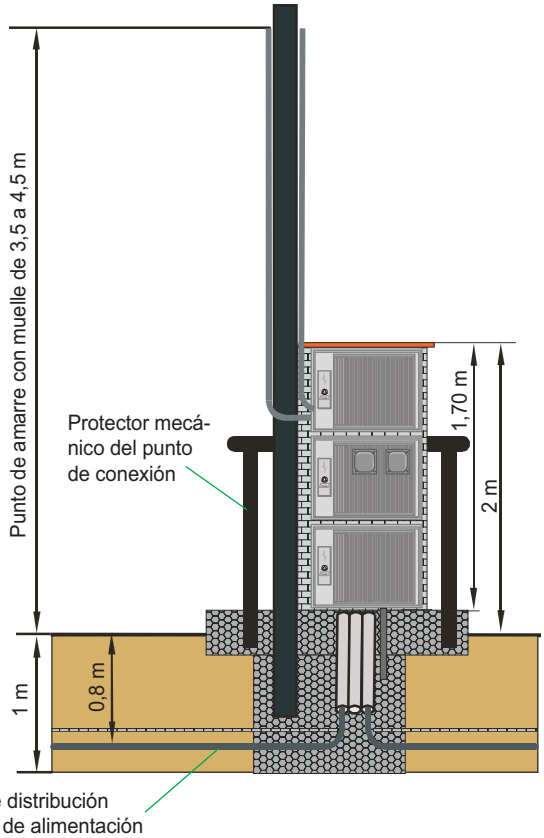


Fig. L6.7-005: *esquema acometida para un punto, empotrado, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red subterránea. Suministro Cía.*

■ En la parte superior se ubica el cuadro de distribución y protección:
□ Cuadro de distribución y protección para dos parcelas:
– Dos interruptores automáticos diferenciales unipolar más neutro DPN N Vigi superinmunizado de 30 mA, curva C de hasta 16 A para cajas de acometida de 40 A o 25 A para cajas de 80 A.
Cada interruptor automático estará provisto de un dispositivo de precintado. Para que sólo el ocupante de la parcela pueda accionarlo y tendrá la categoría de seccionador.
– Dos interruptores automáticos C60 curva C de 20 A.
– Dos limitadores de sobretensiones transitorias clase II, PRD40.
– Dos tomas de corriente PK, base.
■ Conexión punto de enlace caravana:
□ Dos tomas de corriente clavija (de conformidad a UNE-EN 60309), con bases de tres alveolos, fase + neutro + tierra de 16 A o 25 A según el caso, en cada extremo del conductor. 25 m de conductor flexible del tipo H07RN-F de 4 mm^2 (ver Tabla F7-091, página F/218) para bases de 16 A y 6 mm^2 para bases de 25 A.
■ Dos muelles al extremo de un poste para facilitar el paso aéreo de la conexión hasta el conector de la caravana.
■ Red equipotencial de puesta a tierra de las masas de todo el parque de caravanas o emplazamiento de caravanas.
■ Red de descarga de las sobretensiones.

Punto de conexión, con red subterránea y al aire, para dos parcelas

Dos unidades de caja de protección y medida PL55T. Figura B (página D/74 del 1.er Volumen).

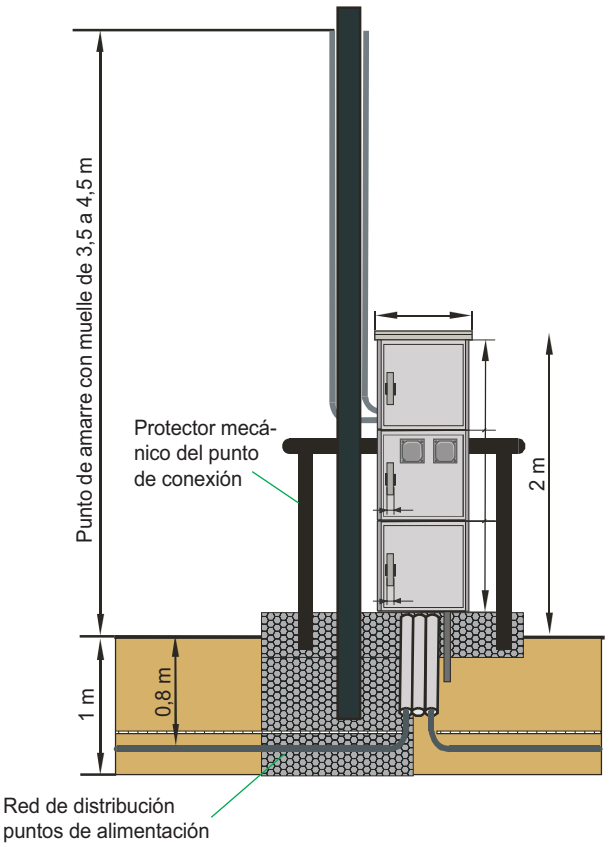


Fig. L6.7-006: *esquema acometida para un punto, aéreo, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red subterránea. Suministro Cía.*

En la columna, de tres cajas, se ubica

■ En la parte inferior se ubica la Caja General de Protección (CGB):

□ Caja general de protección.

Esquema 10 con fusibles de 40 u 80 A (página D/74 del 1.er Volumen). Que permite el embornamiento de la entrada y salida de la red subterránea de alimentación y una derivación con fusible de la fase de alimentación y un seccionamiento de la derivación del neutro a las tomas de las parcelas.

■ En la parte intermedia se sitúa el equipo de protección y medida:

□ Equipo de protección y medida para dos abonados. PN-57 figura A. Esquema 1 (ver página D/76 del 1.er Volumen).

Espacio para dos contadores monofásicos, dos fusible UTE o Diazet (según Cía.), dos bornes para conductor neutro y dos bornes para la conexión de tierra.

■ En la parte superior se ubica el cuadro de distribución y protección:

□ Cuadro de distribución y protección para dos parcelas:

– Dos interruptores automáticos diferenciales unipolar más neutro DPN N Vigi superinmunizado de 30 mA, curva C de hasta 16 A para cajas de acometida de 40 A o 25 A para cajas de 80 A.

Cada interruptor automático estará provisto de un dispositivo de precintado. Para que sólo el ocupante de la parcela pueda accionarlo y tendrá la categoría de seccionador.

– Dos interruptores automáticos C60 curva C de 20 A.
– Dos limitadores de sobretensiones transitorias clase II, PRD40.
– Dos tomas de corriente PK, base, de 16 o 32 A.
■ Conexión punto de enlace caravana:
□ Dos tomas de corriente clavija (de conformidad a UNE-EN 60309), con bases de tres alveolos, fase + neutro + tierra de 16 A o 25 A según el caso, en cada extremo del conductor. 25 m de conductor flexible del tipo H07RN-F de 4 mm^2 (ver Tabla F7-091, página F/218) para bases de 16 A y 6 mm^2 para bases de 25 A.
■ Dos muelles al extremo de un poste para facilitar el paso aéreo de la conexión hasta el conector de la caravana.
■ Red equipotencial de puesta a tierra de las masas de todo el parque de caravanas o emplazamiento de caravanas.
■ Red de descarga de las sobretensiones.

ITC-BT-06
ITC-BT-07

La distribución y contaje a través de una red propia del parque de caravanas

El punto de conexión

La conexión será función del tipo de red, aérea o subterránea, y del tipo de posibilidad de instalación, a intemperie o empotrada.

Punto de conexión, con red aérea y empotrado en muro, para dos parcelas

■ Caja General de Protección (CGP):
□ Esquema n.º 1 (ver Fig. D3-005: esquema n.º 1 CGP, página D/55 del 1.er Volumen).
□ Modelo de 40 A o 80 A (ver Figs. D3-012 y D3-013, página D/57 del 1.er Volumen).
■ Cuadro de abonado: Kaedra Box para tomas industriales PK (ver página F/130 del 1.er Volumen).

Materiales

■ Caja general de protección CGP de 40 o 80 A, según la recomendación UNESA 1403 D e ITC-BT-13:
□ Fase con fusible.
□ Neutro seccionable.
■ Línea general de alimentación LGA según ITC-BT-14:
□ Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.
□ Conductor de cobre (según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen).
□ Método de instalación (según la Tabla F7-097 (52-B1), página F/226 del 1.er Volumen) tipo B.
□ Aislante del conductor. Policloruro de vinilo (C01 - según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen):
– Conductor para CGP de 40 A. Le corresponde una sección de 10 mm^2 capaz para transportar 49 A.
– Conductor para CGP de 80 A. Le corresponde una sección de 25 mm^2 capaz para transportar 88 A.
□ Tubo de acero galvanizado o de otro material no propagador de la llama capaz de soportar impactos importantes AG3 - 2 julios, de sección:
– Para CGP de 40 A de 75 mm de diámetro exterior.
– Para CGP de 80 A 110 mm de diámetro exterior.
■ Red equipotencial de puesta a tierra de las masas de todo el parque de caravanas o emplazamiento de caravanas.

■ Red de descarga de las sobretensiones.
■ Conductor de guarda con puesta a tierra en cada poste.

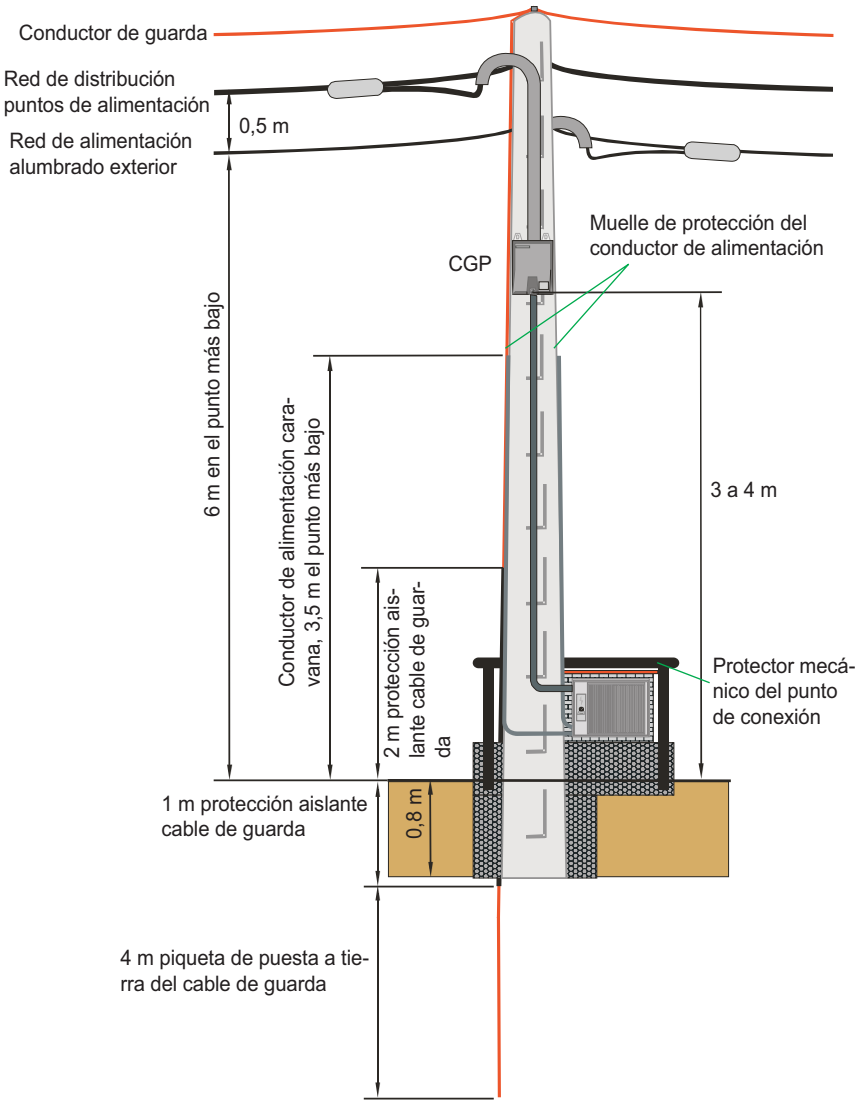


Fig. L6.7-007: *esquema acometida para un punto, empotrado, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red aérea. Suministro particular.*

■ Cuadro de protección y medida para dos parcelas:
□ Una caja PN-55, que alberga en su interior un Kaedra Box para tomas industriales PK, con capacidad para:
– Un interruptor automáticos C60 curva C de 20 A.
– Un limitador de sobretensiones transitorias clase II, PRD40.
□ Dos interruptores automáticos diferenciales, unipolar más neutro DPN N Vigi superinmunizado de 30 mA, curva C de hasta 16 A para cajas de acometida de 40 A o 25 A para cajas de 80 A.
Cada interruptor automático estará provisto de un dispositivo de precintado. Para que sólo el ocupante de la parcela pueda accionarlo.
El interruptor automático y diferencial debe tener la categoría de seccionador.

□ Dos contadores CE monofásicos, uno para cada parcela. De 230 V, 50 A, 50 Hz. Para fijación sobre carril simétrico de 108 mm de ancho.
□ Dos tomas de corriente PK, base, de 16 o 32 A.
■ Conexión punto de enlace caravana:
□ Dos tomas de corriente PK clavija, una en cada extremo (de conformidad a UNE-EN 60309), con bases de tres alveolos, fase + neutro + tierra de 16 A o 32 A según el caso. 25 m de conductor flexible del tipo H07RN-F de 4 mm^2 (ver Tabla F7-091, página F/218) para clavijas de 16 A y 6 mm^2 para clavijas de 25 A.
■ Dos muelles al extremo de un poste para facilitar el paso aéreo de la conexión hasta el conector de la caravana.

Punto de conexión, con red aérea y al aire, para dos parcelas

Será muy similar al anterior, excepto la construcción externa del punto de conexión:
■ Caja General de Protección (CGP):
□ Esquema n.º 1 (ver Fig. D3-005: esquema n.º 1 CGP, página D/55 del 1.er Volumen).
□ Modelo de 40 A u 80 A (ver Figs. D3-012 y D3-013, página D/57 del 1.er Volumen).
■ Cuadro de abonado: Kaedra Box para tomas industriales PK (ver página F/130 del 1.er Volumen).

Materiales

■ Caja general de protección CGP de 40 u 80 A, según la recomendación ITC-BT-13:
□ Fase con fusible.
□ Neutro seccionable.
■ Línea general de alimentación LGA según ITC-BT-14:
□ Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.
□ Conductor de cobre (según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen).
□ Método de instalación (según la Tabla F7-097 (52-B1), página F/226 del 1.er Volumen) tipo B.
□ Aislante del conductor. Policloruro de vinilo (C01 - según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen).
– Conductor para CGP de 40 A. Le corresponde una sección de 10 mm^2 capaz para transportar 49 A.
– Conductor para CGP de 80 A. Le corresponde una sección de 25 mm^2 capaz para transportar 88 A.
□ Tubo de acero galvanizado o de otro material no propagador de la llama capaz de soportar impactos importantes AG3 - 2 julios, de sección:
– Para CGP de 40 A de 75 mm de diámetro exterior.
– Para CGP de 80 A 110 mm de diámetro exterior.
■ Red de puesta a tierra de todo el parque de caravanas o emplazamiento de caravanas.
■ Cuadro de protección y medida para dos parcelas.
Una caja PL-55, que alberga en su interior un Kaedra Box para tomas industriales PK, con capacidad para:
□ Un interruptor automáticos C60 curva C de 20 A.
□ Un limitador de sobretensiones transitorias clase II, PRD40.
□ Dos interruptores automáticos diferenciales, unipolar más neutro DPN N Vigi superinmunizado de 30 mA, curva C de hasta 16 A para cajas de acometida de 40 A o 25 A para cajas de 80 A.
Cada interruptor automático estará provisto de un dispositivo de precintado. Para que sólo el ocupante de la parcela pueda accionarlo. El interruptor automático y diferencial debe tener la categoría de seccionador.

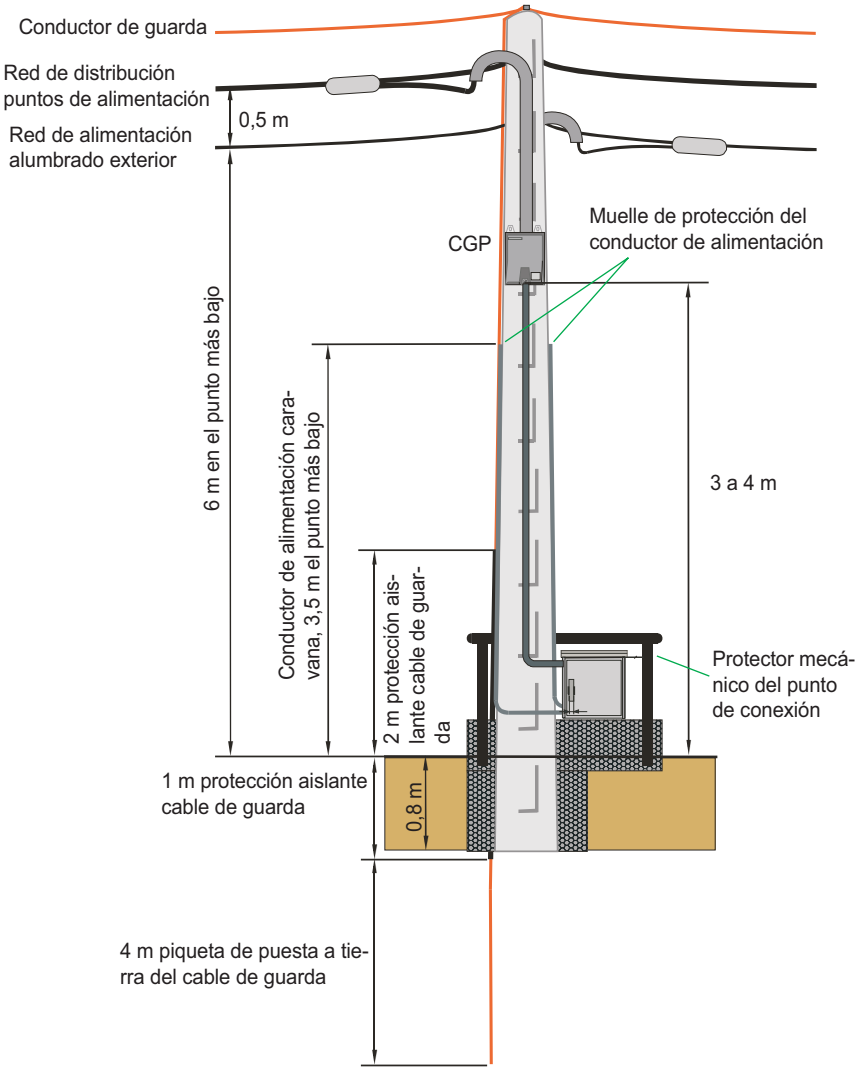


Fig. L6.7-008: *esquema acometida para un punto, aéreo, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red aérea. Suministro particular.*

□ Dos contadores CE monofásicos, uno para cada parcela. De 230 V, 50 A, 50 Hz. Para fijación sobre carril simétrico de 108 mm de ancho.
□ Dos tomas de corriente PK, base de 16 o 32 A.
■ Conexión punto de enlace caravana:
□ Dos tomas de corriente PK clavija, una en cada extremo (de conformidad a UNE-EN 60309), con bases de tres alveolos, fase + neutro + tierra de 16 A o 32 A según el caso. 25 m de conductor flexible del tipo H07RN-F de 4 mm^2 (ver Tabla F7-091, página F/218) para clavijas de 16 A y 6 mm^2 para clavijas de 25 A.
■ Dos muelles al extremo de un poste para facilitar el paso aéreo de la conexión hasta el conector de la caravana.

Punto de conexión, con red subterránea y empotrado en muro, para dos parcelas

Dos unidades de cajas PN-55, de figura C (Fig. D4-016, página D/76 del 1.er Volumen). Formando una columna de dos cajas.

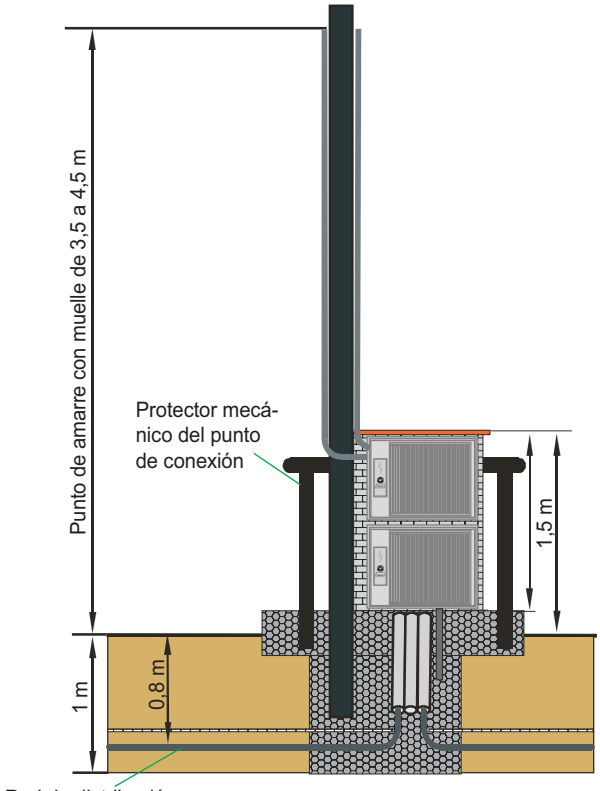


Fig. L6.7-009: *esquema acometida para un punto, empotrado, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red subterránea. Suministro particular.*

Materiales

■ En la parte inferior se ubica, en una caja PN-55, la Caja General de Protección (CGP):

□ Caja general de protección.

Esquema 10 con fusibles de 40 u 80 A (página D/74 del 1.er Volumen). Que permite el embornamiento de la entrada y salida de la red subterránea de alimentación y una derivación con fusible de la fase de alimentación y un seccionamiento de la derivación del neutro a las tomas de las parcelas.

■ En la parte superior, en una caja PN55, se sitúa el equipo de protección y medida.

■ Cuadro de protección y medida para dos parcelas.

Una caja PN-55, que alberga en su interior un Kaedra Box para tomas industriales PK, con capacidad para:

□ Un interruptor automático C60 curva C de 20 A.

□ Un limitador de sobretensiones transitorias clase II, PRD40.

□ Dos interruptores automáticos diferenciales, unipolar más neutro DPN N Vigi superinmunizado de 30 mA, curva C de hasta 16 A para cajas de acometida de 40 A o 25 A para cajas de 80 A.

Cada interruptor automático estará provisto de un dispositivo de precintado. Para que sólo el ocupante de la parcela pueda accionarlo. El interruptor automático y diferencial debe tener la categoría de seccionador.

□ Dos contadores CE monofásicos, uno para cada parcela. De 230 V, 50 A, 50 Hz. Para fijación sobre carril simétrico de 108 mm de ancho.

□ Dos tomas de corriente PK, base, de 16 o 32 A.
■ Conexión punto de enlace caravana:
□ Dos tomas de corriente PK clavija, una en cada extremo (de conformidad a UNE-EN 60309), con bases de tres alveolos, fase + neutro + tierra de 16 A o 25 A según el caso. 25 m de conductor flexible del tipo H07RN-F de 4 mm^2 (ver Tabla F7-091, página F/218) para clavijas de 16 A y 6 mm^2 para clavijas de 25 A.
■ Red equipotencial de puesta a tierra de las masas de todo el parque de caravanas o emplazamiento de caravanas.
■ Red de descarga de las sobretensiones.
■ Conductor de guarda con puesta a tierra en cada poste.
■ Dos muelles al extremo de un poste para facilitar el paso aéreo de la conexión hasta el conector de la caravana.

Punto de conexión, con red subterránea y al aire, para dos parcelas

Dos unidades de caja de protección y medida PL55T. Figura B (página D/74 del 1.er Volumen).

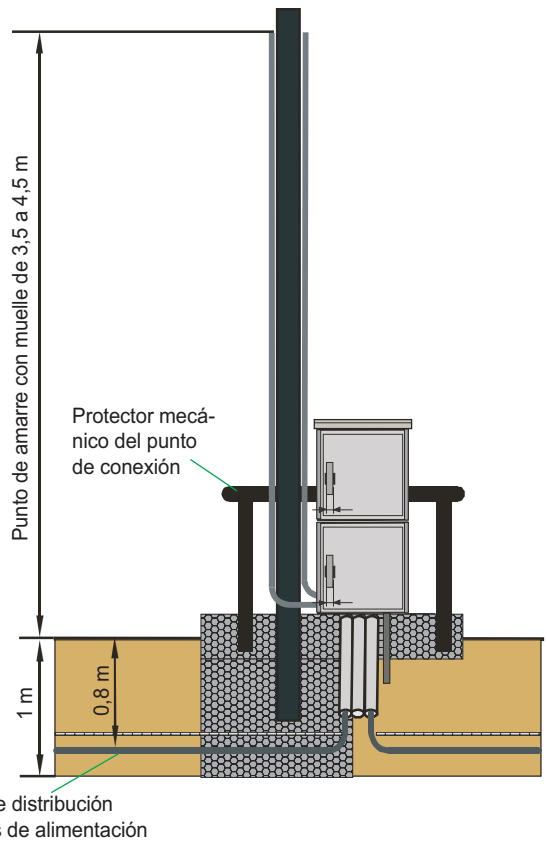


Fig. L6.7-010: *esquema acometida para un punto, aéreo, de alimentación de parcelas para parques de caravanas red subterránea. Suministro particular.*

Materiales

■ En la parte inferior se ubica, en una caja PN-55, la Caja General de Protección (CGP):
□ Caja general de protección.
Esquema 10 con fusibles de 40 u 80 A (página D/74 del 1.er Volumen). Que permite el embornamiento de la entrada y salida de la red subterránea de alimentación

y una derivación con fusible de la fase de alimentación y un seccionamiento de la derivación del neutro a las tomas de las parcelas:

■ En la parte superior, en una caja PN55, se sitúa el equipo de protección y medida.

■ Cuadro de protección y medida para dos parcelas.

Una caja PN-55, que alberga en su interior un Kaedra Box para tomas industriales PK, con capacidad para:

□ Un interruptor automáticos C60 curva C de 20 A.

□ Un limitador de sobretensiones transitorias clase II, PRD40.

□ Dos interruptores automáticos diferenciales, unipolar más neutro DPN N Vigi superinmunizado de 30 mA, curva C de hasta 16 A para cajas de acometida de 40 A o 25 A para cajas de 80 A.

Cada interruptor automático estará provisto de un dispositivo de precintado. Para que sólo el ocupante de la parcela pueda accionarlo. El interruptor automático y diferencial debe tener la categoría de seccionador.

□ Dos contadores CE monofásicos, uno para cada parcela. De 230 V, 50 A, 50 Hz. Para fijación sobre carril simétrico de 108 mm de ancho.

□ Dos tomas de corriente PK, base de 16 o 32 A.

■ Conexión punto de enlace caravana:

□ Dos tomas de corriente PK clavija, una en cada extremo (de conformidad a UNE-EN 60309), con bases de tres alveolos, fase + neutro + tierra de 16 A o 25 A según el caso. 25 m de conductor flexible del tipo H07RN-F de 4 mm^2 (ver Tabla F7-091, página F/218) para clavijas de 16 A y 6 mm^2 para clavijas de 25 A.

■ Red de puesta a tierra de todo el parque de caravanas o emplazamiento de caravanas.

■ Dos muelles al extremo de un poste para facilitar el paso aéreo de la conexión hasta el conector de la caravana.

La distribución de la energía a los puntos de conexión para una distribución y contaje a través de una red propia del parque de caravanas

Cuadro de recepción y distribución de energía

El suministro de energía se realizará a través de un equipo de protección y medida de interior (ver “Equipos de protección y medida de interior”, página D/88 del 1.er Volumen).

El parque de caravanas dispondrá de un edificio de recepción, unos servicios generales, un alumbrado exterior.

En este apartado sólo atendemos las necesidades de suministro de las caravanas:

ITC-BT-20 ■ La oficina corresponde al apartado 6.4. “Instalaciones en locales de pública concurrencia”, página L/745.

ITC-BT-30 ■ Los servicios e instalaciones con agua corresponden al apartado 6.2. “Instalaciones en zonas con agua”, página L/361.

ITC-BT-09 ■ El alumbrado del parque de caravanas corresponderá al apartado 6.1. “Instalaciones eléctricas de alumbrado”, página L/261.

ITC-BT-06 ■ Las líneas de distribución a los puntos de conexión se deben realizar de conformidad al capítulo F, apartado 7.1. “Las redes de distribución de energía”, página F/169 del 1.er Volumen:

□ 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen.

ITC-BT-07 □ 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen.

Todo ello quedará controlado a través del Cuadro General de Baja Tensión (ver el capítulo F, apartado 6. “Los cuadros eléctricos”, página F/109 del 1.er Volumen, y el apartado “Cuadro general”, página L/1117 de este Volumen).

El esquema del cuadro general

Dispondrá de una entrada que llegará directa del cuadro de protección y medida de la Cía. suministradora del fluido.

La salida del cuadro de protección y medida, en España, es obligatorio realizarlo con una protección magnetotérmica y diferencial. Esta protección nos sirve para la protección del interruptor general y del embarrado.

■ El interruptor general debe ser un interruptor en carga y con categoría de seccionador.

Un descargador de sobretensiones generadas o inducidas a la red. Tres fases + neutro, tipo PRD65. Con un magnetotérmico protector C60 cuba C de 50 A 10 kA.

Es conveniente que todos los descargadores de sobretensiones deriven a tierra a través de una red propia o bien a través de una red que conecte con la tierra de las masas de la instalación en el borne general de puesta a tierra.

Los descargadores de sobretensiones no logran una total eliminación de una sobretensión pero las reducen mucho. Si derivamos a la red de puestas a tierra nos encontraremos que esta red se sitúa al potencial derivado. Si lo derivamos en el borne principal para llegar a las masas accesibles deberá recorrer un circuito que tendrá una caída de tensión y es mucho más probable que se derive mayoritariamente a tierra, si es un circuito menos resistivo.

■ Un embarrado del cual se puedan derivar todas las salidas. El embarrado debe estar formado por cuatro conductores activos (tres fases y neutro) y el conductor de protección.

En España el esquema de conexión a tierra ECT más utilizado es el TT. Por tanto consideraremos esta opción.

■ Salidas:

□ S1. Una salida para la alimentación del edificio de recepción y oficinas del parque de caravanas.

□ S2. Una salida para el edificio de servicios e instalaciones con agua.

□ S3. Una salida para el alumbrado exterior.

□ S4. Una salida para otros servicios.

□ S5 y S6. Dos salidas para la alimentación de los puntos de conexión de las caravanas. Como mínimo dos redes.

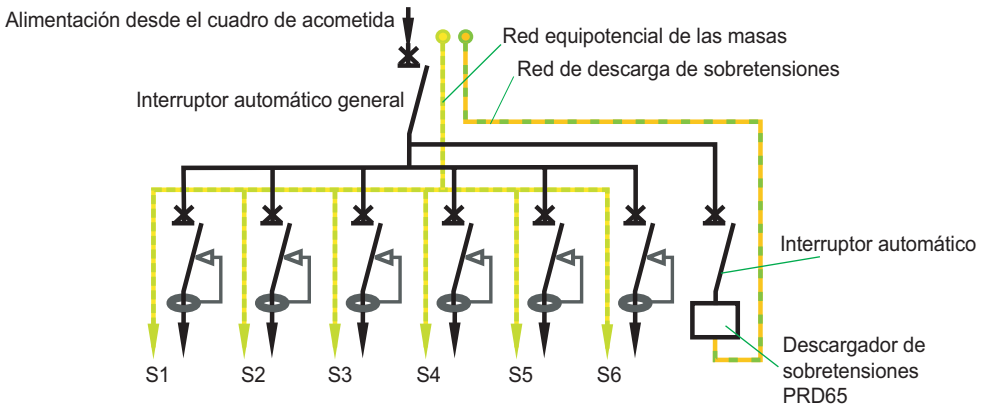


Fig. L6.7-011: *esquema cuadro general de una distribución propia.*

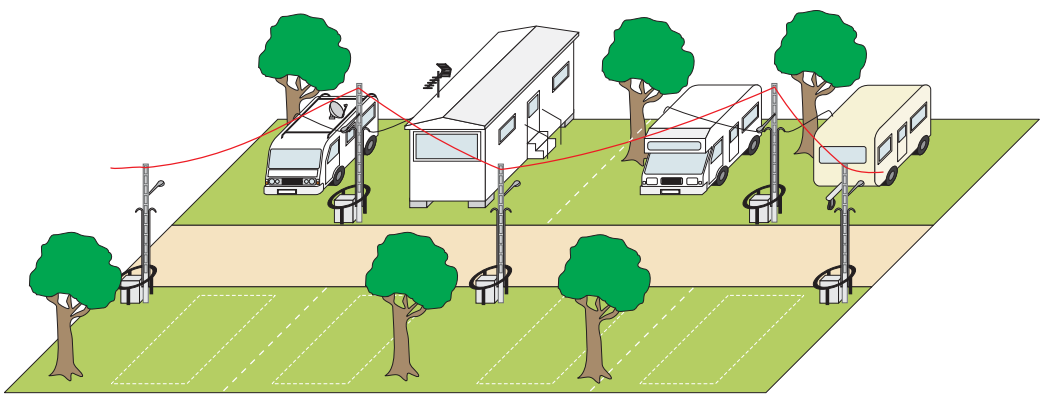
La distribución de la alimentación de los puntos de conexión

■ Las líneas deberán estar protegidas contra los choques eléctricos (ver “La protección contra los choques eléctricos”, página G/31 del 2.º Volumen”).
■ Las líneas deberán estar protegidas contra los efectos térmicos (ver apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen).
■ Las líneas deberán estar protegidas contra las sobreintensidades (ver apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen).
■ Las líneas deberán estar protegidas contra las sobretensiones (ver apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, página H1/157 del 2.º Volumen).
■ Las líneas deberán estar protegidas contra las influencias electromagnéticas (CEM) (ver apartado 5. “Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)”, página H1/197 del 2.º Volumen, y apartado 7.3. “Las conducciones y la compatibilidad electromagnética (CEM)”, página F/264 del 1.er Volumen).
■ Las líneas deberán estar protegidas contra las bajadas de tensión (ver apartado 6. “Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión”, página H1/205 del 2.º Volumen).
■ Las líneas deberán estar proyectadas para mantener la seguridad en el seccionamiento y mando (ver apartado 7. “Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando”, página H1/207 del 2.º Volumen).

ITC-BT-06

Las redes aéreas

Independientemente de las prescripciones del apartado 7.1.1. “Líneas aéreas con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen, debemos tener en consideración:
■ Todas las líneas aéreas deberán realizarse con conductores aislados.
■ Las caravanas o tiendas deberán situarse a una distancia de al menos 2 m de la proyección en el suelo de la línea y ninguna parte de las mismas podrá superar el plano vertical del límite prefijado.
■ Los postes o soportes de las líneas aéreas deberán distanciarse o protejerse de todo movimiento previsible de los vehículos.
■ Los puntos más bajos de las catenarias de los conductores deberán estar situados, como mínimo, a 6 m del suelo en las zonas donde se pueda desplazar un vehículo, y 3,5 m en el resto.



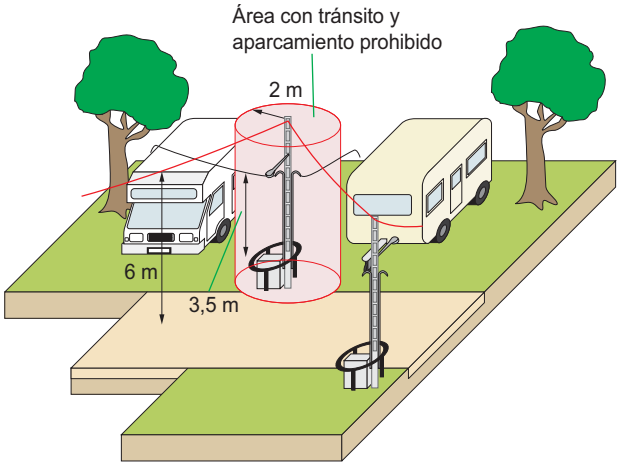


Fig. L6.7-012: *distribución aérea.*

ITC-BT-07

Las redes subterráneas

Independientemente de las prescripciones del apartado 7.1.2. "Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías", página F/189 del 1.er Volumen. Debemos tener en consideración:

■ Las conducciones subterráneas deben circular fuera de los posibles emplazamientos de las caravanas o tiendas.

■ Las conducciones subterráneas deben estar alejadas de las zonas donde se puedan clavar tensores o piquetas para el anclaje de caravanas o tiendas.

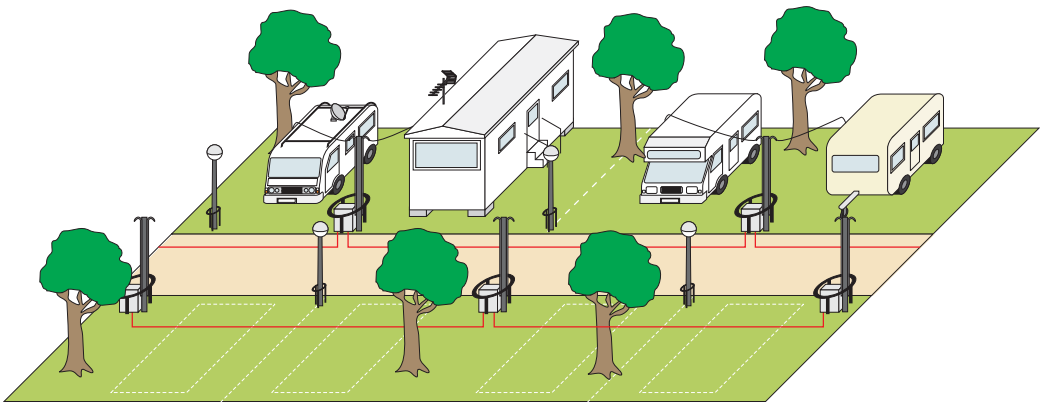


Fig. L6.7-013: *distribución subterránea.*

Protecciones contra los choques eléctricos

(Ver "La protección contra los choques eléctricos", página G/31 del 2.º Volumen.) Debemos analizar las situaciones del cuerpo humano en la zona de un parque de caravanas, en función de la resistencia eléctrica del cuerpo humano (BB). Ver Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen.

■ En la zona de servicios y duchas, el cuerpo humano está mojado, BB3 Tensión de contacto 12 V.

■ En la zona de lavaderos, el cuerpo humano está húmedo, BB2 tensión de contacto 25 V.

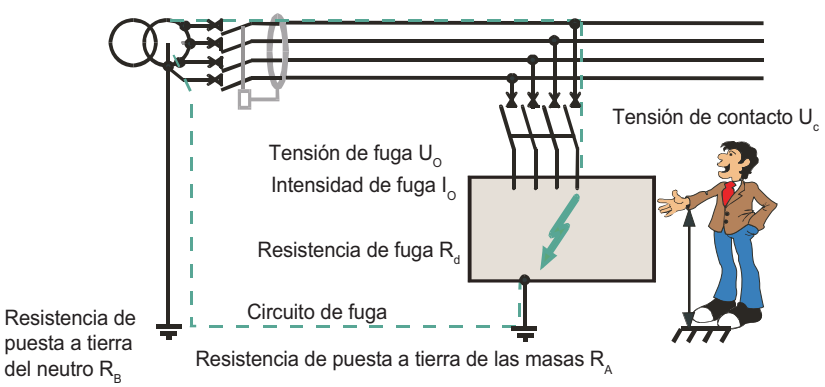
■ En el exterior estamos en el campo abierto, el cuerpo humano puede estar seco BB1, húmedo BB2 o mojado BB3.

En el interior de una caravana o tienda, si no dispone de ducha, el cuerpo humano puede estar seco BB1 o húmedo BB2, en la mayoría de los casos. Pero si existe una ducha también puede estar mojado BB3.
En el análisis anterior podemos detectar que el caso de máximo riesgo es el de la situación de mojado BB3 del cuerpo humano. Por tanto deberemos prever las protecciones contra los choques eléctricos para una tensión de contacto permanente máxima de 12 V.
La normativa UNE 20460-94/7-708 no tiene en consideración utilizar protecciones por:
■ Protección por medio de obstáculos.
■ Protección por situación fuera del alcance por alejamiento.
■ Protección por emplazamientos no conductores.
Por tanto las protecciones adecuadas serán:
□ La desconexión del suministro en caso de fuga.
□ El doble aislamiento hasta los bornes de salida del dispositivo de protección por corte de la alimentación.
En España todos los suministros de energía deben estar protegidos con doble aislamiento hasta la salida del dispositivo de protección general, por corte de la alimentación, contra los choques eléctricos.
En el apartado 3. "Protección contra los contactos indirectos", página G/53 del 2.º Volumen, encontraremos los criterios de protección en función de los esquemas de conexión del neutro ECT. En España el ECT más utilizado es el TT, y en el apartado 4. "Instalación régimen TT", página G/81 del 2.º Volumen, encontraremos los criterios de cálculo e instalación. No obstante en este apartado realizaremos el cálculo del conductor de protección necesario para una situación del cuerpo humano BB3 y régimen TT.

Cálculo de las protecciones

Los parametros en juego serán

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación R_B, según información de la Cía. suministradora es de 10 Ω.
■ La resistencia de la puesta a tierra de las masas R_A:
□ Resistencia de puesta a tierra R_{TA}.
□ Resistencia de la red de puesta a tierra R_{LA}.
■ La resistencia de contacto R_d. Consideraremos el caso más desfavorable, el que sea un contacto franco de una parte activa con una masa, $R_d = 0$.
La resistencia de la red R_{LA} la podemos conocer por medición y dimensionado.



Valor de R_{AL}

■ La distancia desde el punto de conexión más alejado, de la red de distribución hasta el borne principal de puesta a tierra, es de 300 m. Corresponde a la resistencia R_{AL1}.

■ La distancia del punto de conexión más alejado hasta la caravana o tienda es de 25 m. Corresponde a la resistencia R_{AL2}.
■ La distancia dentro de la caravana o tienda, de la masa más alejada de la toma de corriente propia, es del orden de los 10 m. Corresponde a la resistencia R_{AL3}.
■ La sección de R_{AL1} es un conductor de 16 mm² de cobre.
■ La sección de R_{AL2} es un conductor de 4 mm² de cobre.
■ La sección de R_{AL3} es un conductor de 1,5 mm² de cobre.
■ La resistencia R_{AL} será:

□ $R_{AL} = R_{AL1} + R_{AL2} + R_{AL3}$.

□ $R_{AL1} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega mm^2/m \frac{300\ m}{16\ mm^2} = 0{,}421875\ \Omega$.

□ $R_{AL2} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega mm^2/m \frac{25\ m}{4\ mm^2} = 0{,}140625\ \Omega$.

□ $R_{AL3} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega mm^2/m \frac{10\ m}{1{,}5\ mm^2} = 0{,}15\ \Omega$.

□ $R_{AL} = R_{AL1} + R_{AL2} + R_{AL3} = 0{,}421875\ \Omega + 0{,}140625\ \Omega + 0{,}15\ \Omega = 0{,}7125\ \Omega$.

Valor de R_{AT}

El valor de la resistencia de puesta a tierra de las masas la debemos calcular para poder asegurar una protección en una situación BB3 U_c = 12 V.
La Fig. G1-015 (página G/40 del 2.º Volumen) nos da un ábaco de la relación tiempo tensión máxima, que podemos considerar para mantener una protección del cuerpo humano en función de la situación del mismo.
Un interruptor a corriente diferencial residual DDR de 30 mA, por construcción a la intensidad de fuga nominal, ha de desconectar en 0,1 s 100 ms, como máximo.
En el ábaco la U_c máxima para un tiempo de 0,1 s en situación BB3 es de 54 V.
■ La tensión de contacto U_c es función de la R_A e I_d (intensidad de fuga):
$U_c = I_d \cdot R_A = 54$ V.
■ La intensidad de fuga es función de la tensión de fuga máxima (fase-masa) U_0, de la resistencia de puesta a tierra del neutro del transformador y de la resistencia de puesta a tierra de las masas.

La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{R_A + 10\ \Omega}$.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 54$ V.

■ La resistencia de puesta a tierra de las masas R_A será:

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{54\ V} - 1} = \frac{10\ \Omega}{3{,}259} = 3{,}0684258\ \Omega.$$

$R_A = R_{AT} + R_{AL}$.

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 3{,}0684258\ \Omega - 0{,}7125\ \Omega = 2{,}3559258\ \Omega$.

¿Cuál debe ser la estructura de la R_{AT} para no superar los 2,3559258 Ω en un terreno de resistividad 150 Ω · m?

En la Tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, encontraremos una serie de alternativas para poder realizar la puesta a tierra.
■ El valor del coeficiente K_r de la tabla será:

$$K_r = \frac{R_{AT}}{\rho} = \frac{2{,}3559258\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}0157061.$$

La configuración más próxima es la 8/84, cuyo coeficiente K_r = 0,0305.

■ ¿Cuántas configuraciones necesitamos para lograr un coeficiente próximo a $K_r = 0{,}0157061$?

$$N.^{o}_{(configuraciones)} = \frac{K_{r\,(configuración)}}{K_{r\,(deseado)}} = \frac{0{,}0305}{0{,}0157061} = 1{,}94 \approx 2 \text{ ud.}$$

■ Esto representa que debemos disponer de una estructura de puesta a tierra de:

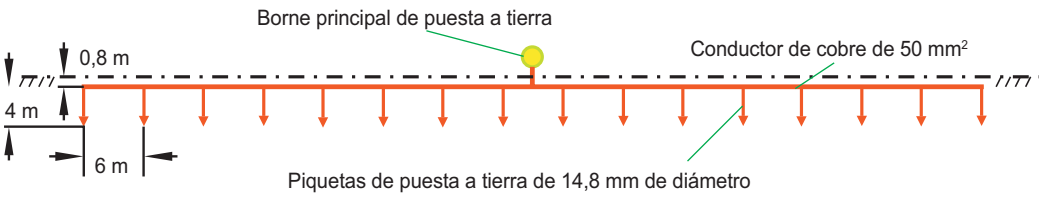


Fig. L6.7-014: *configuración de la puesta a tierra* R_{AT}.

■ La resistencia de esta estructura será:

$$R_{AT} = \rho \cdot \frac{K_r}{2 \text{ ud.}} = 150\ \Omega/\text{m} \cdot \frac{0{,}0305}{2} = 2{,}2875\ \Omega < 2{,}3559258\ \Omega.$$

Valor R_A

■ La resistencia R_A al punto más alejado será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL} = 2{,}3559258\ \Omega + 0{,}7125\ \Omega = 3{,}0684258\ \Omega.$

La intensidad de fuga será

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230 \text{ V}}{3{,}0684\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}5997 \text{ A.}$$

El tiempo de desconexión

El tiempo de desconexión será, para los interruptores DDR, función de la relación de la intensidad de fuga y la intensidad de fuga nominal del DDR.

Por construcción a $I_{\Delta n}$ un DDR debe desconectar en menos de 100 ms, pero a 5 veces la $I_{\Delta n}$ debe desconectar en 40 ms:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}5997 \text{ A}}{0{,}03 \text{ A}} = 586 \text{ veces} > 5 \text{ veces}$$

t(inst) ⩽ 40 ms.

La tensión de contacto será

$U_c = R_A \cdot I_d = 3{,}0684258\ \Omega \cdot 17{,}5997 \text{ A} = 54{,}003 \text{ V.}$

En el ábaco de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar en la curva de tensión de contacto máxima en situaciones BB3 (12 V), que para una tensión de contacto de 54 V el tiempo máximo de desconexión es de 0,94 s. En nuestro caso desconecta en 0,04 s unas 23 veces menos.

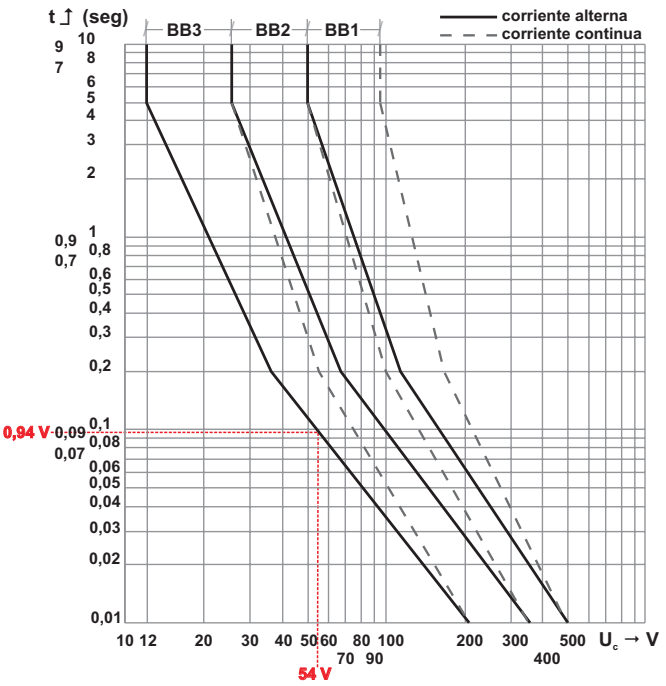
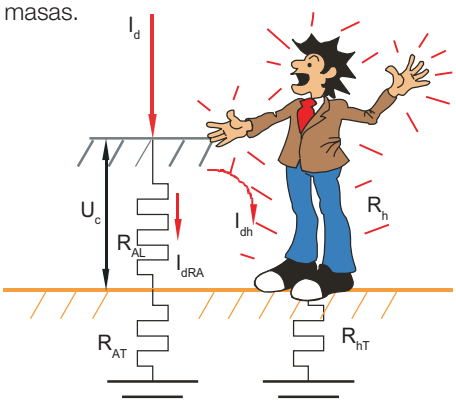


Fig. L6.7-015: *ábaco de la tensión de contacto máxima, bajo el DDR de 30 mA.*

Cuál es la corriente que circula por el cuerpo humano en contacto con una masa

La intensidad de fuga se reparte inversamente proporcional a las resistencias en juego, entre el circuito generado por el cuerpo humano y el circuito de puesta a tierra de las masas.

$$\frac{R_h}{R_A} = \frac{I_{dA}}{I_{dh}}.$$



La puesta a tierra del neutro del centro de transformación es igual para los dos ramales.

El caso más desfavorable será cuando la resistencia de contacto a la masa y a tierra del cuerpo humano lo consideramos franco y por tanto de valor 0.

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 3{,}0684258\ \Omega - 0{,}7125\ \Omega = 2{,}3559258\ \Omega$.

$Rh = 1.000\ \Omega$.

La intensidad a circular por el cuerpo humano será del orden de

$$I_{dh} = \frac{R_A \cdot I_d}{R_h + R_A} = \frac{3{,}0684258\ \Omega \cdot 17{,}5997\ A}{1000\ \Omega + 3{,}0684258\ \Omega} = \frac{54{,}003373}{1003{,}0684258} = 0{,}0538381\ A.$$

La intensidad a circular por la puesta a tierra será del orden de:
$I_{dA} = I_d - I_{dh} = 17{,}5997\ A - 0{,}0538381\ A = 17{,}545862\ A.$
Los efectos de la I_{dh} sobre el cuerpo humano son:

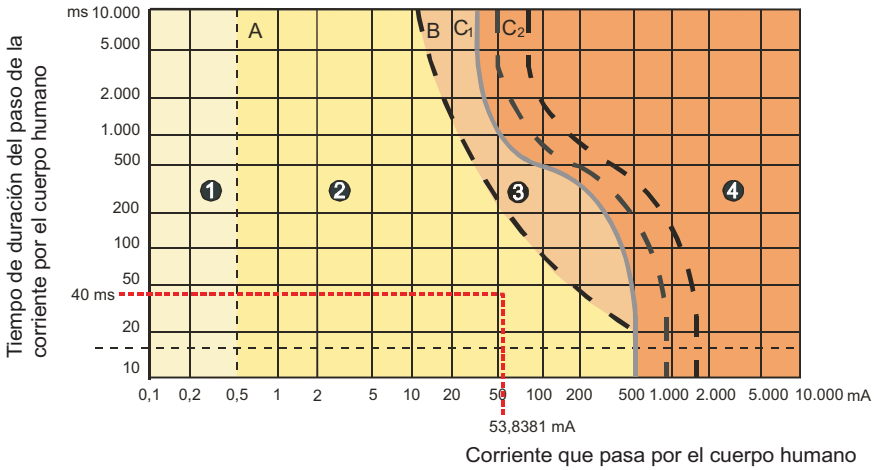


Fig. L6.7-016: *zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas.*

■ Zona 1. Habitualmente ninguna reacción.
■ Zona 2. Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.
■ Zona 3. Normalmente ningún daño orgánico. Perturbaciones irreversibles en la formación y propagación de los impulsos del corazón que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
■ Zona 4. Fibrilación ventricular probable. Otros efectos patofisiológicos, tales como quemaduras graves, se prevén en la mayoría de los efectos de la zona 3, que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
En nuestro caso nos movemos en la zona 2. Por tanto es una protección eficiente.
La protección contra los choques eléctricos, a lo largo de la red, debe adecuarse a las necesidades de protección y a una selectividad adecuada para mantener un grado elevado de disponibilidad.

Dimensionado del interruptor DDR de protección de la derivación de la línea de distribución de los puntos de alimentación

El punto más alejado que debe proteger es la entrada al último punto de alimentación.

Los parámetros en juego serán

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación R_B que según información de la Cía. suministradora es de 10 Ω.
■ La resistencia de la puesta a tierra de las masas R_A:
□ Resistencia de puesta a tierra R_{TA}.
□ Resistencia de la red de puesta a tierra R_{LA}.
■ La resistencia de contacto R_d. Consideraremos el caso más desfavorable, el que sea un contacto franco de una parte activa con una masa, $R_d = 0$.
La resistencia de la red R_{LA} la podemos conocer por medición y dimensionado.

Valor de R_{AL}

■ La distancia desde el punto de conexión más alejado, de la red de distribución hasta el borne principal de puesta a tierra, es de 300 m. Corresponde a la resistencia R_{AL1}.

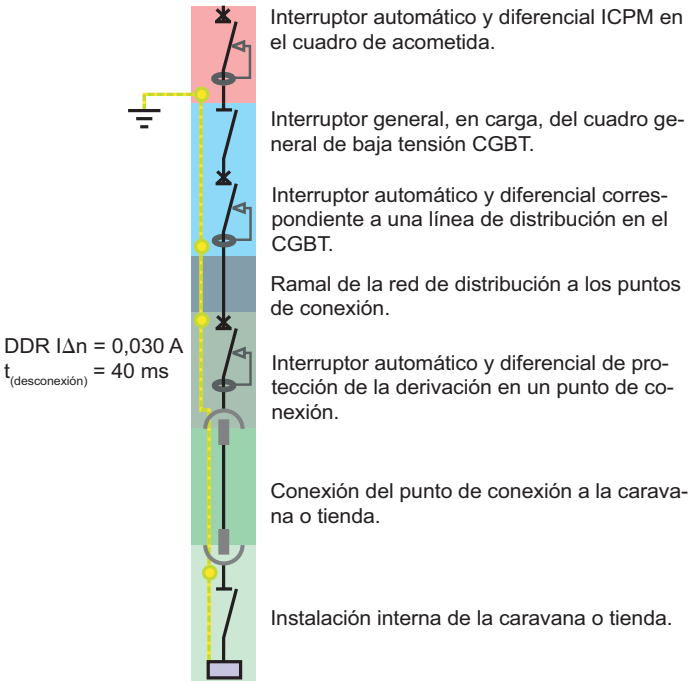


Fig. L6.7-017: *selectividad en las protecciones contra las corrientes de choque.*

■ La sección de R_{AL1} es un conductor de 16 mm² de cobre.
■ La resistencia R_{AL} será:

$R_{AL} = R_{AL1}$.

$$R_{AL1} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega\ \text{mm}^2/\text{m}\ \frac{300\ \text{m}}{16\ \text{mm}^2} = 0{,}421875\ \Omega.$$

Valor de R_{AT}

$R_{AT} = 2{,}2875\ \Omega < 2{,}3559258\ \Omega$.

Valor R_A

■ La resistencia R_A al punto más alejado será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL} = 2{,}2875\ \Omega + 0{,}421875\ \Omega = 2{,}709375\ \Omega$.

La intensidad de fuga será

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ \text{V}}{2{,}709375\ \Omega + 10\ \Omega} = 18{,}0968\ \text{A}.$$

Características del DDR

Para ser selectivo con el DDR aguas abajo lo debe ser en intensidad y tiempo. El DDR aguas abajo tiene una IΔn = 0,03 A y un t = 40 ms. Para poder ser selectivo deberíamos regular al DDR aguas arriba a una IΔn = 0,3 A y un incremento de tiempo como mínimo de 60 ms, por tanto un tiempo de 40 ms + 60 ms = 100 ms.

El tiempo de desconexión

El tiempo de desconexión será, para los interruptores DDR, función de la relación de la intensidad de fuga y la intensidad de fuga nominal del DDR:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}0968\ A}{0{,}3\ A} = 60{,}32 \text{ veces} > 5 \text{ veces}$$

Por tanto el tiempo de desconexión será:
Para mantener una selectividad debemos retardar el tiempo de desconexión en 60 ms, llegando a un tiempo total de desconexión de 100 ms.

La tensión de contacto será

$U_c = R_A \cdot I_d = 2{,}709375\ \Omega \cdot 18{,}0968\ A = 49{,}03\ V$.
En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar, en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB3 (12 V), que para una tensión de contacto de 49,03 V el tiempo máximo de desconexión es de 0,109 s. En nuestro caso desconecta en 0,11 s prácticamente al valor aceptado más un 10%.

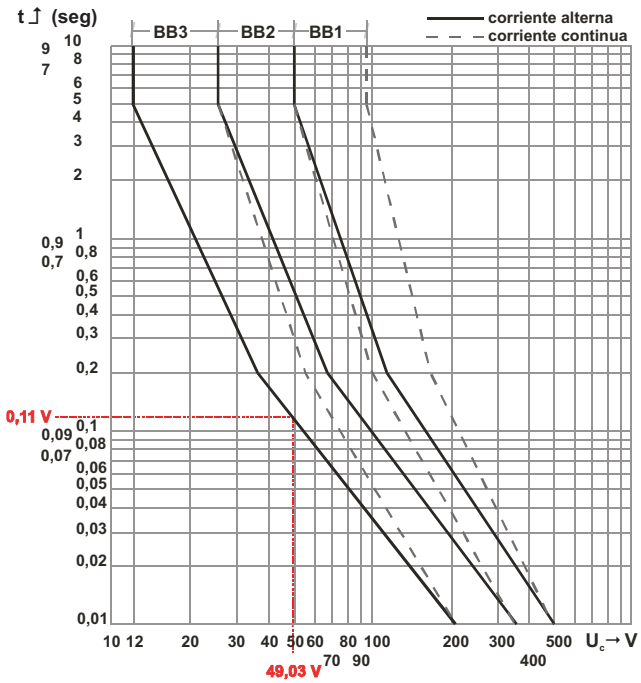


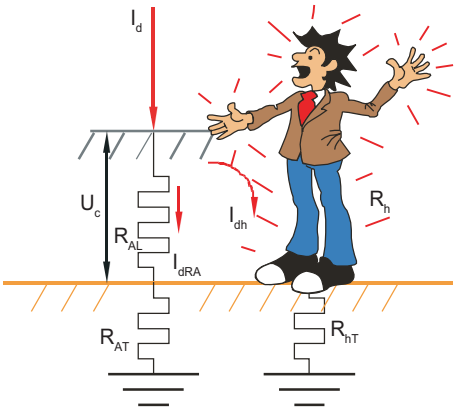
Fig. L6.7-018: *ábaco de la tensión de contacto máxima, bajo el DDR de 300 mA.*

Cuál es la corriente que circula por el cuerpo humano en contacto con una masa

La intensidad de fuga se reparte inversamente proporcional a las resistencias en juego, entre el circuito generado por el cuerpo humano y el circuito de puesta a tierra de las masas.

$$\frac{R_h}{R_A} = \frac{I_{dA}}{I_{dh}}.$$

La puesta a tierra del neutro del centro de transformación es igual para todos los puntos de los dos ramales. El caso más desfavorable será cuando la resistencia de contacto a la masa y a tierra del cuerpo humano lo consideramos franco y por tanto de valor 0:
$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 2{,}709375\ \Omega - 0{,}421875\ \Omega = 2{,}2875\ \Omega$.
$R_h = 1.000\ \Omega$.



La intensidad a circular por el cuerpo humano será del orden de

$$I_{dh} = \frac{R_A \cdot I_d}{R_h + R_A} = \frac{2{,}709375\ \Omega \cdot 18{,}0968\ A}{1000\ \Omega + 2{,}709375\ \Omega} = \frac{49{,}031017}{1002{,}709375} = 0{,}04889\ A.$$

La intensidad a circular por la puesta a tierra será del orden de:

$I_{dA} = I_d - I_{dh} = 18{,}0968\ A - 0{,}04889\ A = 18{,}0479\ A.$

Los efectos de la I_{dh} sobre el cuerpo humano son:

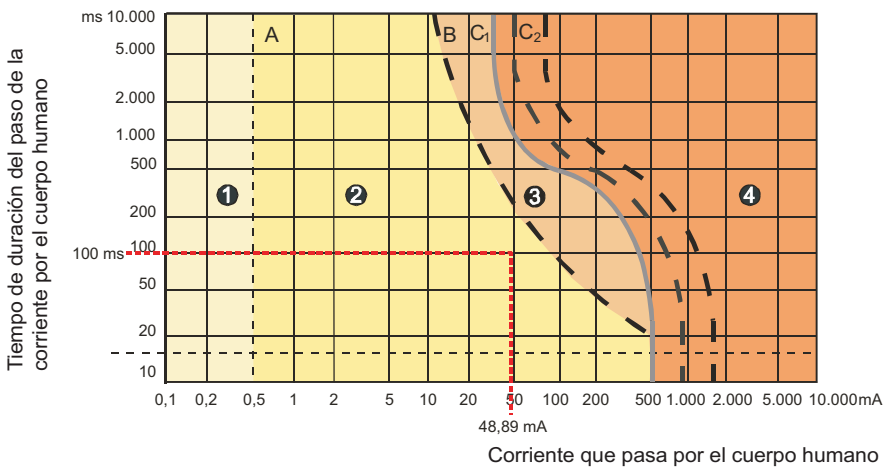


Fig. L6.7-019: *zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas.*

■ Zona 1. Habitualmente ninguna reacción.
■ Zona 2. Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.
■ Zona 3. Normalmente ningún daño orgánico. Perturbaciones reversibles en la formación y propagación de los impulsos del corazón que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
■ Zona 4. Fibrilación ventricular probable. Otros efectos patofisiológicos, tales como quemaduras graves, se prevén en la mayoría de los efectos de la zona 3, que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
En nuestro caso nos movemos en la zona 2. Por tanto es una protección eficiente.

Dimensionado del interruptor DDR de protección general de la acometida

El punto más alejado que debe proteger son los bornes de entrada del interruptor automático diferencial de la derivación de la línea de alimentación, de los puntos de toma de alimentación de las caravanas o tiendas.

Los parámetros en juego serán

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación R_B que según información de la Cía. suministradora es de 10 Ω.

■ La resistencia de la puesta a tierra de las masas R_A:

□ Resistencia de puesta a tierra R_{TA}.

□ Resistencia de la red de puesta a tierra R_{LA}.

■ La resistencia de contacto R_d. Consideraremos el caso más desfavorable, el que sea un contacto franco de una parte activa con una masa, $R_d = 0$.

La resistencia de la red R_{LA} la podemos conocer por medición y dimensionado.

Valor de R_{AL}

■ La distancia desde el borne principal de puesta a tierra hasta el borne de conexión del ramal de alimentación de la red de distribución a los puntos de alimentación de las caravanas o tiendas, son 5 m de los 300 m considerados para R_{AL1}.

■ La sección de R_{AL1} es un conductor de 16 mm² de cobre.

■ La resistencia R_{AL} será:

$$R_{AL} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega\ mm^2/m \frac{5\ m}{16\ mm^2} = 0{,}0070312\ \Omega.$$

Valor de R_{AT}

$R_{AT} = 2{,}2875\ \Omega < 2{,}3559258\ \Omega$.

Valor R_A

■ La resistencia R_A al punto más alejado será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL} = 2{,}2875\ \Omega + 0{,}007031\ \Omega = 2{,}294531\ \Omega$.

La intensidad de fuga será

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}294531\ \Omega + 10\ \Omega} = 18{,}7075\ A.$$

Características del DDR

Para ser selectivo con el DDR aguas abajo lo debe ser en intensidad y tiempo. El DDR aguas abajo tiene una $I_{\Delta n} = 0{,}3$ A y un t = 100 ms. Para poder ser selectivo deberíamos regular al DDR aguas arriba a una $I_{\Delta n} = 0{,}5$ A y un incremento de tiempo como mínimo de 60 ms, por tanto un tiempo de 100 ms + 60 ms = 160 ms.

El tiempo de desconexión

El tiempo de desconexión será, para los interruptores DDR, función de la relación de la intensidad de fuga y la intensidad de fuga nominal del DDR.

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}7075\ A}{0{,}5\ A} = 37{,}41\ \text{veces} > 5\ \text{veces}$$

Por tanto el tiempo de desconexión será: $t_{(inst)} \leqslant 40$ ms.

Para mantener una selectividad debemos retardar el tiempo de desconexión en 100 ms, llegando a un tiempo total de desconexión de 160 ms.

La tensión de contacto será

$U_c = R_A \cdot I_d = 2{,}29453\ \Omega \cdot 18{,}7075\ A = 42{,}92$ V.

En la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar, en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB3 (12 V), que para una tensión de contacto de 42,92 V el tiempo máximo de desconexión es de 0,150 s.

En nuestro caso desconecta en 0,160 s, algo superior a los 0,150 ms; debemos comprobar los efectos patofisiológicos correspondientes.

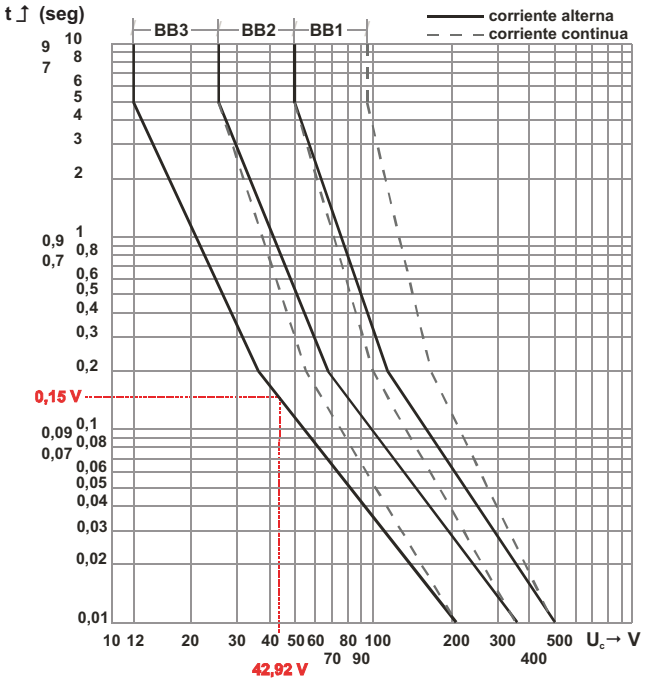
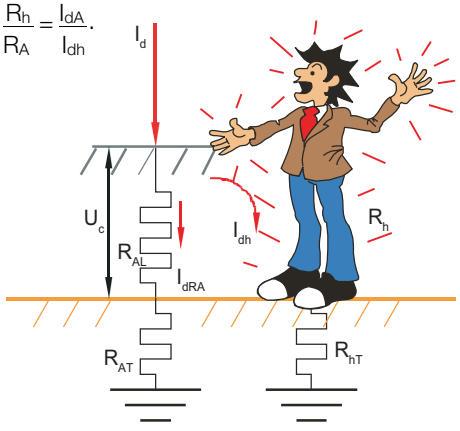


Fig. L6.7-020: *ábaco de la tensión de contacto máxima, bajo el DDR de 500 mA.*

Cuál es la corriente que circula por el cuerpo humano en contacto con una masa

La intensidad de fuga se reparte inversamente proporcional a las resistencias en juego, entre el circuito generado por el cuerpo humano y el circuito de puesta a tierra de las masas.

$$\frac{R_h}{R_A} = \frac{I_{dA}}{I_{dh}}.$$



La puesta a tierra del neutro del centro de transformación es igual para todos los puntos de los dos ramales.

El caso más desfavorable será cuando la resistencia de contacto a la masa y a tierra del cuerpo humano lo consideramos franco y por tanto de valor 0:

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 2{,}709375\ \Omega - 0{,}421875\ \Omega = 2{,}2875\ \Omega.$

$R_h = 1.000\ \Omega.$

La intensidad a circular por el cuerpo humano será del orden de

$$I_{dh} = \frac{R_A \cdot I_d}{R_h + R_A} = \frac{2{,}29453\ \Omega \cdot 18{,}7075\ A}{1000\ \Omega + 2{,}29453\ \Omega} = \frac{42{,}924919}{1002{,}29453} = 0{,}04282\ A.$$

La intensidad a circular por la puesta a tierra será del orden de:

$I_{dA} = I_d - I_{dh} = 18{,}7075\ A - 0{,}04282\ A = 18{,}66468\ A.$

Los efectos de la I_{dh} sobre el cuerpo humano son:

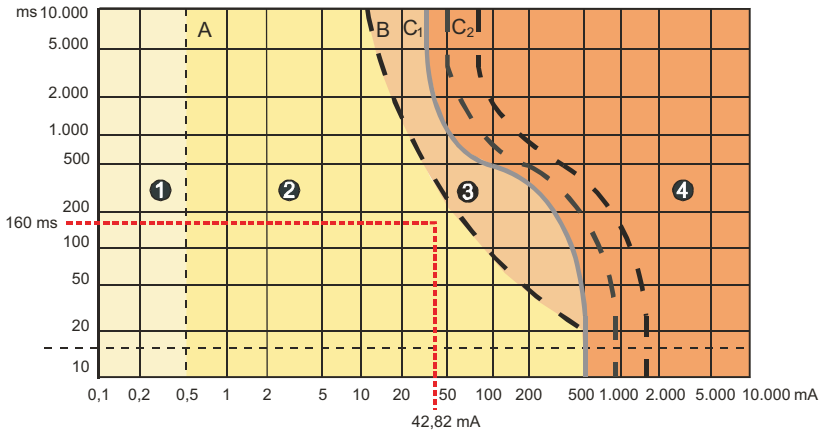


Fig. L6.7-021: *zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas.*

■ Zona 1. Habitualmente ninguna reacción.
■ Zona 2. Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.
■ Zona 3. Normalmente ningún daño orgánico. Perturbaciones reversibles en la formación y propagación de los impulsos del corazón que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
■ Zona 4. Fibrilación ventricular probable. Otros efectos patofisiológicos, tales como quemaduras graves, se prevén en la mayoría de los efectos de la zona 3, que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
En nuestro caso nos movemos en la zona 2. Por tanto es una protección eficiente.

Las medidas de protección contra los efectos térmicos

■ La regla general a cumplir contra los efectos térmicos queda en que:
Las personas, los animales domésticos, los materiales, los objetos próximos a los materiales y el entorno no deben estar sometidos a temperaturas que puedan destruirlos o lesionar sus características normales. Las posibles manifestaciones térmicas, por conducción, radiación o convección deben ser aisladas por materiales resistentes y no accesibles a las personas, animales domésticos, materiales no resistentes, a los objetos próximos y al entorno.
■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ Los cuadros eléctricos se deberán dimensionar de conformidad al apartado 6. “Los cuadros eléctricos”, página F/109 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.

Las medidas de protección contra las sobreintensidades

Nos debemos atener:

■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. "Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados", página F/169 del 1.er Volumen, y 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen.

■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. "Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías", página F/189 del 1.er Volumen, y 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen.

Para poder seguir un ejemplo detallado de un proceso de cálculo, ver el apartado 6.4.4. "La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales", página L/836 de este volumen.

Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias

En el apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 del 2.º Volumen.

En un parque de caravanas o tiendas se deben tener en consideración las sobretensiones atmosféricas por su situación y porque generalmente en su entorno no existen instalaciones de control de descargas atmosféricas.

No se conocen precedentes de catástrofe o incidentes de rayos sobre caravanas o tiendas. Pero este conocimiento estadístico no influye en un análisis del riesgo. Sí que se dispone de estadística de incidentes de rayos sobre granjas, árboles, caminantes en el campo...

Esto es lo que induce a considerar el riesgo que representa la situación de caravanas o tiendas en el campo y además con las instalaciones propias de la tecnología, con antenas de recepción de ondas comunicantes a través del espacio.

Trataremos el tema desde las dos vertientes de las fuentes de generación de las sobretensiones:

■ Atmosféricas.

■ De red.

Las sobretensiones atmosféricas en un parque de caravanas o/y tiendas

Debemos efectuar una instalación que sea capaz de derivar las descargas de las cargas atmosféricas procurando controlar el camino a tierra.

Este camino puede ser provocado por una instalación con la intención de alejar las descargas atmosféricas de las instalaciones domésticas.

Considero adecuado delimitar el área del parque con pararrayos que descarguen a tierra las posibles cargas atmosféricas del entorno.

En el caso de que la red de alimentación a los puntos de conexión fuera aérea sería adecuada la instalación de un conductor de guarda, con derivaciones a tierra cada poste o dos postes, con una piqueta de puesta a tierra de cuatro metros, clavadas a partir de un metro del nivel del suelo.

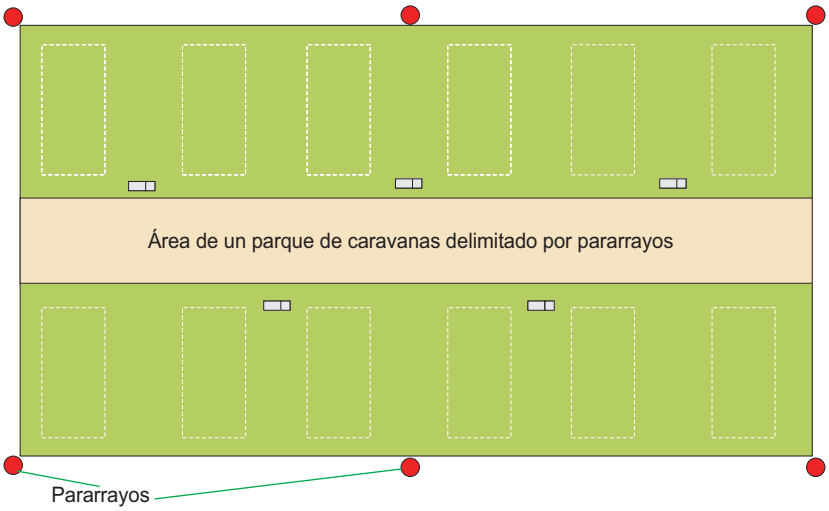


Fig. L6.7-022: *situación de una red de pararrayos en el área de un parque de caravanas.*

El pararrayos

Debemos procurar que sean las partes más altas de la zona. Los 10 m de poste más los 2 m de perfil metálico pueden ser adecuados. La conducción de los 2 m de perfil metálico a tierra, debe realizarse con conductor de cobre de como mínimo de 50 mm^2 u otro material de resistencia equivalente.

Esta conducción a tierra debe protegerse en un espació accesible a las personas y animales domésticos de 2 m por sobre el nivel del suelo y 1 m por debajo del nivel del suelo.

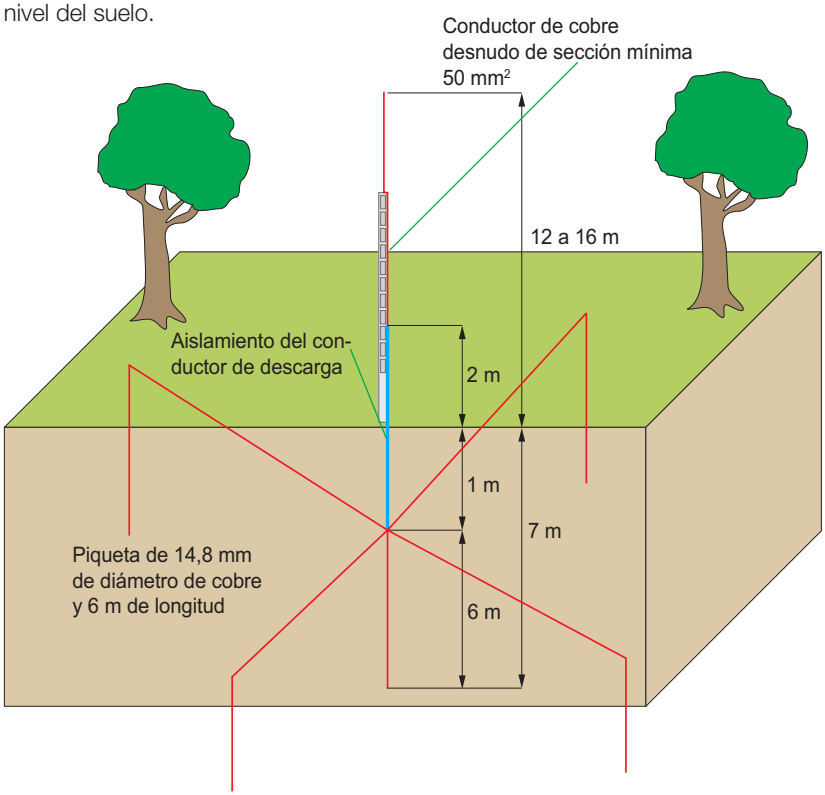


Fig. L6.7-023: *pararrayos de campo abierto.*

La zona de descarga debe protejerse hasta un metro a nivel del suelo para reducir las tensiones de paso.
Es adecuado que la descarga sea absorbida por la tierra y se reparta en un área para evitar la ionización de la tierra y facilitar la absorción.
La forma de pata de pato o circular de tres o cuatro piquetas de cuatro metros de longitud, al entorno de un radio de seis metros del poste, clavados a partir de dos metros del suelo e interconectadas con conductor de cobre de como mínimo 50 mm^2 u otro material de resistencia equivalente.

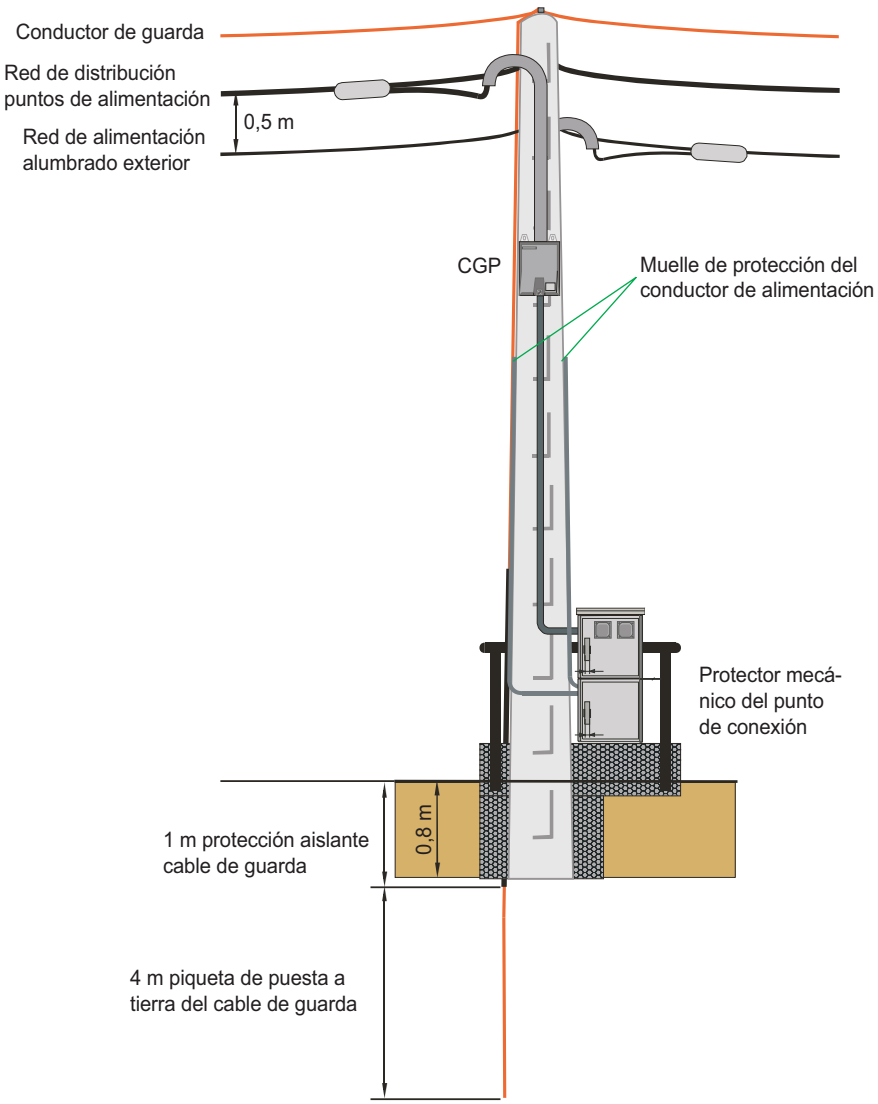


Fig. L6.7-024: *situación de un conductor de guarda.*

En la edificación fija de oficinas, servicios y duchas, lavaderos, bar..., también debemos instalar un pararrayos de conformidad al apartado 4.2. “Las protecciones contra sobretensiones”, página H1/166 del 2.º Volumen.

Las sobretensiones de red

La sobretensiones de red pueden situarse en ella por causas propias de la misma o por causas externas que inducen sobretensiones a la red.
Para paliar el defecto de las sobretensiones transitorias en la red podemos utilizar los descargadores de sobretensiones, en el apartado 4.4. "Reglas generales de instalación", página H1/179 del 2.º Volumen, y en el apartado 4. "Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones", página H2/249 del 2.º Volumen.

Evaluación del riesgo a las sobretensiones de la instalación a proteger

Los elementos a considerar para la evaluación del riesgo son:
■ La evaluación del nivel ceráunico de la zona (capacidad de tormentas eléctricas por año).
■ La naturaleza de la red de alimentación eléctrica o telefónica.
■ La topografía del lugar.
■ La presencia de pararrayos convencionales en el edificio.
■ Los materiales a proteger.
■ Las sobretensiones de maniobra.
Estos elementos permiten definir los diagnósticos: el del lugar y el de los receptores.

El diagnóstico de los receptores a proteger

Se da por la fórmula siguiente: R = S + C + I.
Donde:
R = el riesgo de los receptores.
S = la sensibilidad de los materiales.
C = el coste del material.
I = la indisponibilidad del material y sus consecuencias.

La sensibilidad del material

La sensiblidad de los materiales instalados en una caravana o tienda: televisor, frigorífico, ordenador..., son del nivel S = 3.
El coste de estos materiales son de nivel C = 2.
El fallo de uno de estos aparatos es una incomodidad, podemos considerar una interrupción parcial I = 2.
R = S + C + I = 3 + 2 + 2 = 7.

El diagnóstico del lugar

Se da por la fórmula siguiente:
E = Ng (1 + BT + MT + d).
■ Ng: es la densidad de caída de rayos, cantidad de rayos por km^2 año, del lugar de la instalación.
En el capítulo F, apartado 2 "La calidad de la energía eléctrica", página F/39 del 1.er Volumen, encontrará el mapa de los niveles ceráunicos (Nk) de España; un valor muy aproximado del valor de Ng será: $Ng = \frac{Nk}{20}$.
En zonas montañosas es adecuado, en términos generales, considera Ng = 4.
■ BT: es la longitud en km de la línea de BT aérea que alimenta la instalación.
En líneas aéreas: BT = 1.
En líneas subterráneas: BT = 0.
■ MT: parámetros en función de la red de MT de alimentación del CT (MT/BT).
En la mayoría de los casos MT = 1.
■ d: coeficiente en función de la situación de la línea aérea y la instalación.
En la mayoría de los casos d = 1.
E = Ng (1 + BT + MT + d) = 4 (1 + 1 + 1 + 1 + 1) = 16.

Elección de los limitadores de sobretensiones transitorias

Aplicación	R: nivel de riesgo de los receptores	E: nivel de riesgo del lugar			
Pararrayos monobloc; tipo PF o PE					
	R	E ⩽ 1	1 < E ⩽ 2	2 < E ⩽ 4	E > 4
	8 a 9	PRD15+PRD8	PRD15+PRD8	PRD40+PRD8	PRD65+PRD8
	6 a 7	PRD8	PRD15	PRD40	PRD65
	⩽ 5	PRD8	PRD8	PRD15	PRD40
Pararrayos para líneas telefónicas; tipo PRC					
	R	E ⩽ 1	1 < E ⩽ 2	2 < E ⩽ 4	E > 4
	8 a 9	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable
	6 a 7	–	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable

Si los receptores comprenden materiales particularmente sensibles a las sobretensiones (microinformática, microelectrónica), entonces debemos ayudar con un limitador de sobretensiones transitorias PF8 o PE8, en coordinación con la instalación en cabecera.
Los PF8 o PE8 se instalan en cuadros secundarios lo más cerca posible de los receptores sensibles.

Tabla L6.7-025: *tabla de elección de los limitadores de sobretensiones transitorias en función del riesgo. Página H2/256 del 2.º Volumen.*

La elección corresponde a una evaluación de R = 7 y E = 16, según la tabla le corresponde un PRD65 y para la línea telefónica un PRC y un PRI.

Las medidas de protección contra las influencias de la CEM

Nos debemos atener al apartado 5. “Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)”, página H1/197 del 2.º Volumen.

Las medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando

Nos debemos atener al apartado 7. “Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando”, página H1/207 del 2.º Volumen.

La conexión punto de alimentación - caravana o tienda

Esta conexión debe estar constituida por dos conectores PK clavija (macho) de conformidad a la UNE-EN 60309-2.
El conductor debe ser un cable flexible del tipo H 07 RN-F o equivalente. Si consultamos la Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen, podremos interpretar esta referencia:

H: Cable armonizado.
07: Tensión de servicio entre conductores 750 V CA (tensión de aislamiento entre conductores).
R: Material del aislante del conductor. Caucho natural o equivalente.
N: Material del aislamiento de la cubierta. Policloropreno (neopreno) (PCP).
-: No es plano.
F: Carácter mecánico del alma del conductor. Trenza clase 5 (flexible).

Esta referencia debemos completarla con:
Número de conductores: deben ser 3, fase, neutro y PE.
G: El conductor de protección PE debe ser de color verde-amarillo.
En la Tabla F7-093, página F/219 del 1.er Volumen, podremos observar que se trata de una referencia estandarizada por CENELEC.
La longitud debe ser de unos 25 m y la sección mínima debe ser de 2,5 mm^2 en cobre.
La referencia completa será: H 07 RN-F 3 G 2,5 (mínimo) Cu.

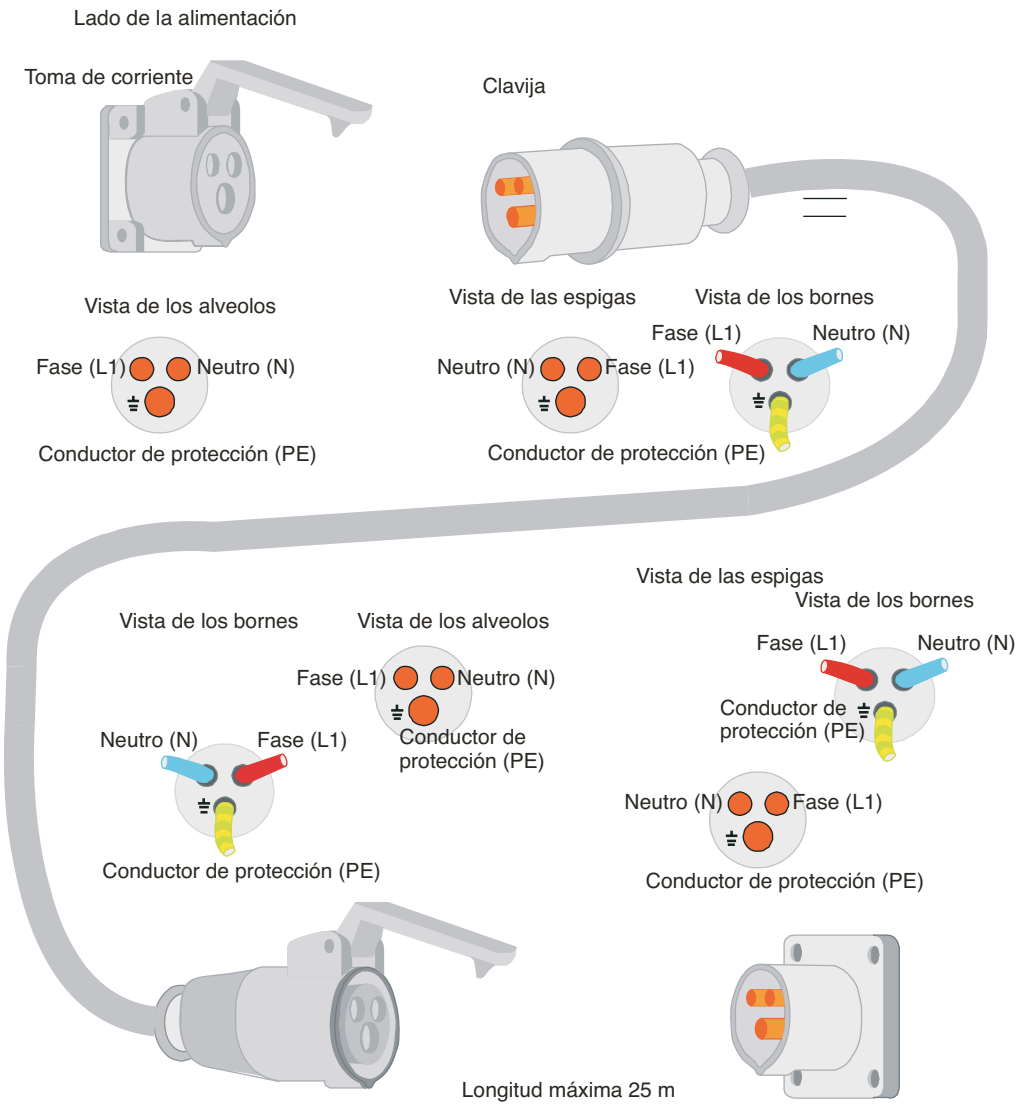


Fig. L6.7-026: *conducción de la unión entre punto de alimentación y caravana o tienda.*

La conducción debe estar situada en instalación aérea y a una altura mínima de 3,5 m del suelo.
A los extremos debemos proteger, mecánicamente, la conducción con unos muelles, para evitar una curvatura superior a su elasticidad.

Consideraciones para las instalaciones eléctricas en caravanas y caravanas a motor

La instalación debe realizarse de conformidad al apartado 7.2. "Instalación de reparto de energía en instalaciones receptoras", página F/214 del 1.er Volumen, y las consideraciones particulares siguientes:

La alimentación

La alimentación se realiza a través del conector PK base (hembra) y un interruptor en carga de conformidad a la tensión, intensidad y poder de corte del punto.

La normativa permite realizar la instalación eléctrica interna con varios circuitos independientes y para cada uno de ellos una alimentación independiente.
Esta permisividad es difícil de atender por parte del punto de alimentación, ya que sólo se ha previsto alimentación por parcela.

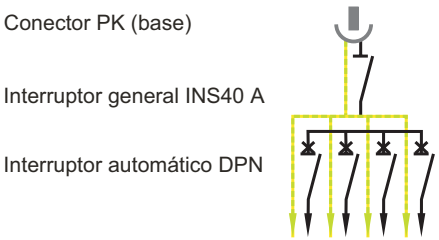


Fig. L6.7-027: *esquema cuadro general caravana o tienda.*

La entrada debe situarse

■ A una distancia como máximo de 1,8 m o lo más próximo a ellos.
■ En un punto de accesibilidad fácil.
■ A la entrada de la caravana, o si es al exterior bajo tejadillo.
■ Deberá indicarse la tensión nominal U_n, la intensidad nominal I_n y la frecuencia nominal.
■ A la proximidad del interruptor general y de forma visible y leíble, debe situarse la información siguiente, en el idioma del país constructor:
□ Forma de conexión y desconexión, al llegar y al marchar de un emplazamiento.
□ Forma de actuación en caso de defecto.
□ Forma de sustitución de un cartucho fusible, si procede.
□ Recomendaciones para las verificaciones periódicas.

Protección contra los choques eléctricos

■ Las protecciones por medio de obstáculos, por alejamiento o por emplazamientos no conductores, no son adecuadas según prescripción de la UNE 20460-94/7-708.
■ La protección adecuada es por corte de la alimentación desde el DDR situado en el punto de alimentación.

La conexión equipotencial de la caravana

Los elementos conductores de la caravana, susceptibles de ser tocados y de vincularse a una fuga, deben estar interconectados al conductor de protección:
■ Por uno o varios puntos en función de la calidad de continuidad.
■ Si la caravana está construida, básicamente, con material aislante. Las partes metálicas que no sean susceptibles de quedar bajo tensión, por una fuga, no deben conectarse al conductor de protección.
■ El conductor de protección debe disponer de una sección de 4 mm^2, con aislamiento de color verde-amarillo.

Puede sorprender que en la normativa se permita una alimentación con sección mínima de 2,5 mm^2 y en el interior de la caravana se exija una red equipotencial con un mínimo de 4 mm^2. La prescripción es debido a las posibles vibraciones de la locomoción.

Las canalizaciones

Los conductores

La UNE 20460-94/7-708 prevé la utilización de tres tipos de conductores:

■ H 07 V-K, dentro de conducto no metálico:

H: Cable armonizado.
07: Tensión de servicio entre conductores 750 V CA (tensión de aislamiento entre conductores).
V: Material del aislante del conductor. Policloruro de vinilo (PVC).
: Material del aislamiento de la cubierta. No hay cubierta.
-: No es plano.
K: Carácter mecánico del alma del conductor. Trenza flexible clásica en instalación fija.

Esta referencia debemos completarla con:
Número de conductores: deben ser 3, fase, neutro y PE.
G: El conductor de protección PE debe ser de color verde-amarillo.

■ H 07 V-R, de como mínimo 7 hilos dentro de conducto no metálico:

H: Cable armonizado.
07: Tensión de servicio entre conductores 750 V CA (tensión de aislamiento entre conductores).
V: Material del aislante del conductor. Policloruro de vinilo (PVC).
: Material del aislamiento de la cubierta. No hay cubierta.
-: No es plano.
R: Carácter mecánico del alma del conductor. Trenza de varillas rígidas.

Esta referencia debemos completarla con:
Número de conductores: deben ser 3, fase, neutro y PE.
G: El conductor de protección PE debe ser de color verde-amarillo.

■ H 05 RN-F, cables flexibles bajo cubierta reforzada de policloropreno, o elastómero sintético equivalente:

H: Cable armonizado.
05: Tensión de servicio entre conductores 500 V CA (tensión de aislamiento entre conductores).
R: Material del aislante del conductor. Caucho natural o equivalente (Rubber).
N: Material del aislamiento de la cubierta. Policloropreno (neopreno) PCP.
-: No es plano.
F: Carácter mecánico del alma del conductor. Trenza clase 5 (flexible).

Esta referencia debemos completarla con:
Número de conductores: deben ser 3, fase, neutro y PE.
G: El conductor de protección PE debe ser de color verde-amarillo.

Las secciones deben estar de conformidad a las cargas. Ver Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen. Como mínimo 1,5 mm^2.

Los conductos

■ Se aceptan los conductos especificados en el apartado 7.2. “Instalación de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen (UNE 20334-1), excepto los de polietileno.

■ Los conductos deben protegerse de las posibles vibraciones con fijaciones adecuadas a ellas.

■ Los conductos que atraviesen tabiques metálicos deben protegerse mediante manguitos adecuados y sólidamente fijados.

■ Deben evitarse los contactos con cantos vivos y las superficies abrasivas o protegerlos de los mismos.

■ Las canalizaciones de BT y las de MBTS deben separarse en conducciones diferentes evitando el posible contacto.

■ Los conductores con cubierta propia, instalados directamente sin conducción, deben asegurarse para soportar las posibles vibraciones, colocando sujeciones a

intervalos de 400 mm en recorridos verticales, y de 250 mm en recorridos horizontales.

■ Los empalmes deben efectuarse dentro de cajas de conexión. Si las tapas de las cajas pueden retirarse sin la ayuda de una herramienta los empalmes deben estar protegidos del posible contacto involuntario.

■ Los conductos deben satisfacer las condiciones de la UNE 20672-2-1 (ver apartado 3.3.2.1).

■ Ninguna canalización debe situarse ni atravesar en un compartimiento destinado a la colocación o utilización de recipientes de gas combustible.

Protección contra las sobreintensidades

Cada circuito terminal debe estar protegido contra las sobreintensidades con interruptores automáticos que al desconectar corten los conductores activos, fase y neutro.

Si la instalación consta de un solo circuito terminal, el interruptor general seccionador puede ser un interruptor magnetotérmico seccionador.

Aparamenta

Pequeño material

■ La pequeña aparamenta (interruptores, portalámparas y análogos), debe ser de modelos que no tengan partes metálicas accesibles.

■ Las bases de toma de corriente de BT deben llevar la opción de conexión del conductor PE.

■ Las bases de BT alimentadas con transformadores de aislamiento no deben disponer de la opción de conexión del conductor de PE.

■ Las bases para circuitos de MBTS deben ser diferentes de las de BT y no deben poderse conectar clavijas del circuito de BT. Ver apartado “Las tomas de corriente”, página G/45 del 2.º Volumen.

■ Las bases de toma de corriente situadas en ambientes húmedos deben disponer de una protección IP55.

Cargas

Todo aparato conectado permanentemente a la red debe estar accionado a través de un interruptor, incorporado al aparato o a la red.

Luminarias

Preferentemente fijadas a la estructura de la caravana.

En caso de ser suspendidas. Deberán tomarse medidas de protección para que el conductor de alimentación no se deteriore con las vibraciones u oscilaciones en el desplazamiento.

Los accesorios asociados a las luminarias suspendidas deben ser acordes a las masas suspendidas.

Las luminarias destinadas a funcionar a dos tensiones diferentes deben:

■ Estar equipadas con portalámparas diferentes para cada tensión.

■ Llevar junto a cada portalámparas las indicaciones claras e indelebles de la potencia y tensión.

■ Estar concebidas de forma que el funcionamiento simultáneo de las dos lámparas no cause ningún daño o avería.

■ Restar concebidas de forma que se evite todo contacto entre los circuitos de BT y MBTS.

■ Presente una disposición de los bornes de BT y MBTS, que garantice una separación suficiente de las canalizaciones de BT y MBTS.

■ Estar concebida de forma que las lámparas no puedan montarse en los portalámparas previstos para otra tensión.

Instalaciones a muy baja tensión MBT

Ver apartado 2.1. "Medidas de protección contra contactos directos e indirectos" (basada en la utilización de MBT), página G/41 del 2.º Volumen, y el apartado 411.1 de la norma UNE 20460-4-41.

El REBT de 2002 contempla estas instalaciones en la ITC-BT-41, pero en la misma se limita en el punto 1 a establecer el "Objeto y campo de aplicación", y en el punto 2 remite a las prescripciones particulares establecidas en la norma UNE 20460-7-708; por tanto es esta norma la referencia básica para este tipo de instalaciones. En la instalación en parques de caravanas y caravanas se deberá tener en cuenta además de la ITC-BT-41 y la UNE 20460-7-708, otras ITCs del REBT, tales como:

- ***ITC-BT-06. Redes aéreas para distribución en BT.***
- ***ITC-BT-07. Redes subterráneas para distribución en BT.***
- ***ITC-BT-08. Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.***
- ***ITC-BT-09. Instalaciones de alumbrado exterior.***

Así como todas las ITCs que en función de las condiciones de los campings son aplicables.

ITC-BT-35

6.7.2. Instalaciones eléctricas en los establecimientos agrícolas y hortícolas

Las presentes especificaciones son aplicables a las instalaciones fijas de los establecimientos agrícolas y hortícolas en los cuales se hallan los animales o plantas (tales como cuadras, establos, gallineros, porquerizas, locales para la preparación de piensos de animales, graneros, granjas para el heno, la paja, los fertilizantes, el tratamiento de la leche, los tratamientos de residuos orgánicos, los bombeos de aguas potables, los invernaderos climatizados y las cercas eléctricas para ganado), o que estén situados al exterior, estando excluidos los locales habitables y las instalaciones interiores que correspondan a instalaciones en locales industriales.
Entendemos por cerca eléctrica para ganado una barrera para animales que comprende uno o varios conductores formados por hilos metálicos, barrotes o alambradas.
Entendemos por alimentador de cerca eléctrica al aparato destinado a suministrar, regularmente, impulsos de tensión a la cerca a la que está conectado.

Clasificación de las influencias externas

Las influencias ambientales quedan definidas en la Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen.
La norma UNE 20460-7-705 delimita (implícitamente) la situación del cuerpo humano en el exterior en BB2 húmedo, tensión de contacto 25 V.

Protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

(Ver "La protección contra los choques eléctricos", página G/31 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra los efectos térmicos

(Ver apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1/27 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra las sobreintensidades

(Ver apartado 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen.)

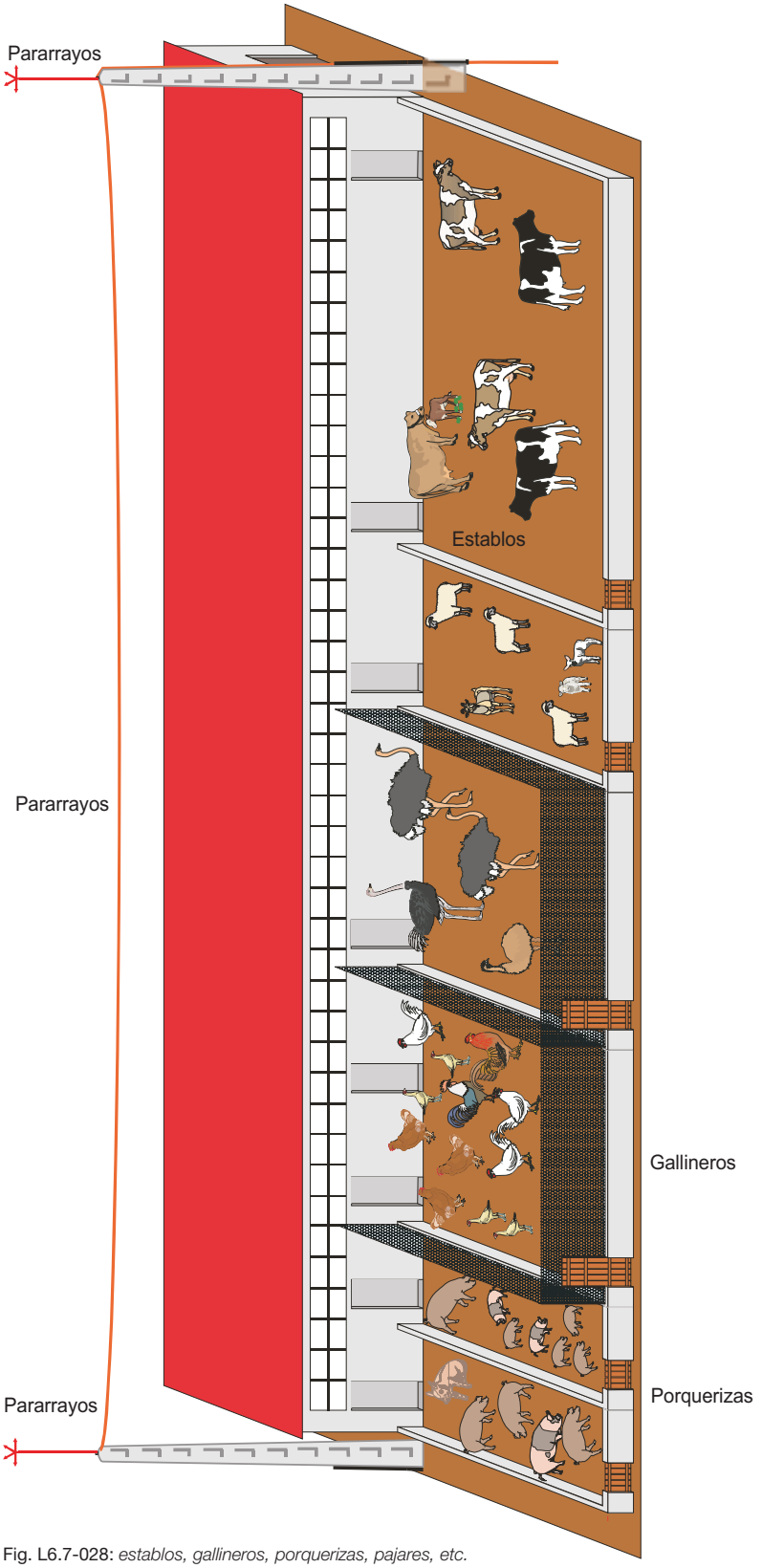


Fig. L6.7-028: *establos, gallineros, porquerizas, pajares, etc.*

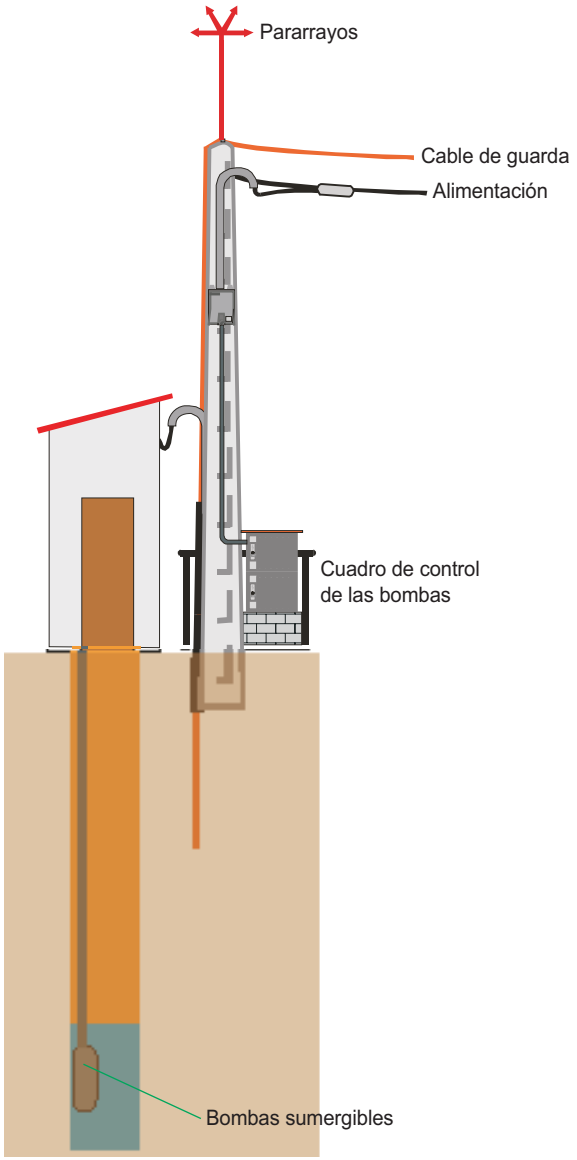


Fig. L6.7-029: *extracción de agua por bombeo.*



Fig. L6.7-030: *tratamiento de residuos orgánicos.*

Medidas de protección contra las sobretensiones
(Ver apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, página H1/157 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas CEM
(Ver apartado 5. “Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)”, página H1/197 del 2.º Volumen, y 7.3. “Las conducciones y la compatibilidad electromagnética (CEM)”, página F/264 del 1.er Volumen.)

Medidas de protección contra las bajadas de tensión
(Ver apartado 6. “Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión”, página H1/205 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando
(Ver apartado 7. “Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando”, página H1/207 del 2.º Volumen.)

ITC-BT-36

Las medidas de protección contra los choques eléctricos

Si se utilizan alimentaciones de MBTS o MBTP, los conductores deben estar protegidos contra los contactos directos por medio de:
■ Barreras o envolventes, con grado de protección IP2x.
■ Un aislamiento capaz de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante 1 minuto.
La norma UNE 20460-7-705:1993 prescribe la protección de los circuitos por contacto indirecto, por corte automático de la alimentación con DDR, dimensionados para una situación BB2 del cuerpo humano, tensión de contacto de 25 V en CA y 60 V en CC, plana.
Una unión equipotencial suplementaria debe unir todas las masas y todos los elementos conductores, que puedan ser tocados por las personas y los animales, con el conductor de protección PE.
Es aconsejable la instalación de un mallado en el suelo unido al conductor de protección.
En los apartados 3.2. “Protección por corte automático de la alimentación”, página G/59, 4. “Instalación en régimen TT”, página G/81, y “Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de la red de alumbrado público”, página G/244 del 2.º Volumen; y en el apartado “Cálculo de las protecciones”, página L/1731 de este Volumen, encontraremos las referencias suficientes para realizar los cálculos pertinentes.
En realidad tendremos unas masas conectadas, a través de una red equipotencial, a tierra y la posibilidad de que exista una corriente de fuga y que una persona esté en contacto con una masa, y derive parte de esta corriente de fuga a través de su cuerpo a tierra.
La importancia para el cuerpo humano es ¿qué intensidad de la corriente de fuga y cuánto tiempo puede circular por su cuerpo?, antes que la protección por corte de la alimentación actúe y elimine el suministro de fluido al circuito afectado.

Régimen TT

En realidad lo que debemos lograr es que la intensidad que pueda circular por el cuerpo humano I_{dh} y el tiempo que dure no produzca ningún daño irreversible a las personas y animales.
Esto dependerá de:
■ La sensibilidad de los DDR $I_{\Delta n}$.
■ El tiempo de desconexión del DDR a la intensidad de fuga I_d.
■ La resistencia de la red equipotencial R_{AL}.
■ La resistencia de la puesta a tierra R_{AT}.

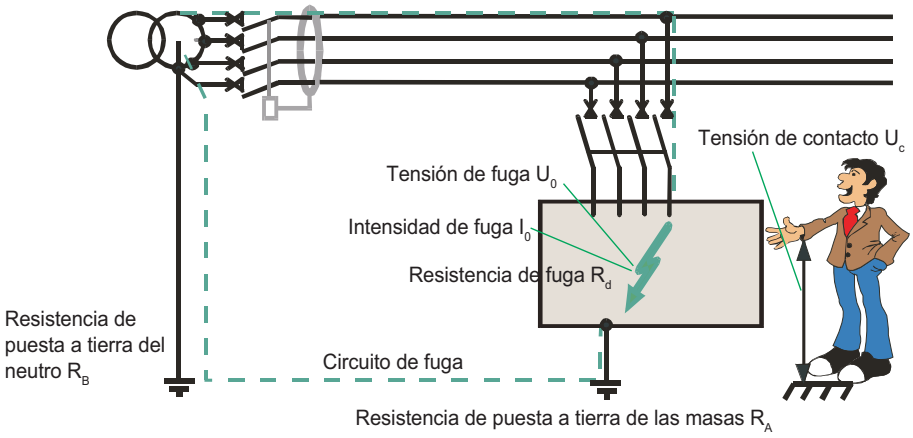


Fig. L6.7-031: *esquema de fuga régimen TT.*

■ La resistencia del cuerpo humano en función de su situación ambiental R_h.
■ La resistencia de puesta a tierra del transformador R_B.
Una buena combinación de los valores de estos parámetros nos permite mantener una protección adecuada al cuerpo humano.
No disponemos de ensayos que nos permitan asegurar que los valores que protejan al cuerpo humano también protejan a los animales. Para determinar los límites de la fibrilación ventricular en las personas se han realizado ensayos con perros y cerdos, cuyos corazones se comportan de una forma similar al corazón humano. A falta de datos contrastados por la CEI, según el apartado 705.413.1 de la UNE 20460-7-705, están en estudio, consideraremos los valores aceptados para el cuerpo humano.

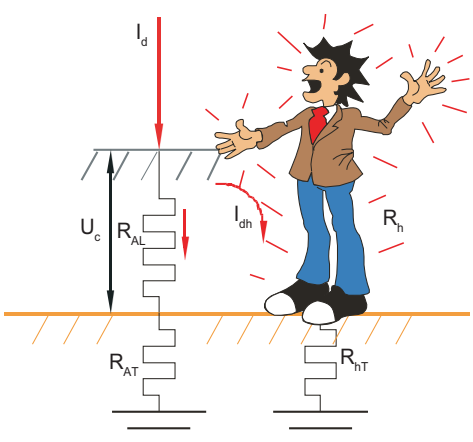


Fig. L6.7-032: *reparto de la corriente de fuga, al contacto de una persona a una masa con fuga.*

Si por reglamentación debemos situar interruptores diferenciales DDR de 30 mA aguas abajo. Aguas arriba deberemos instalar DDR de 300 mA o 500 mA, y con una buena selectividad con respecto al DDR de 30 mA aguas abajo.
Para obtener una selectividad efectiva, amperimétrica y cronométrica, deberemos dotar al interruptor DDR aguas arriba de un retardo de como mínimo 60 ms.

El circuito eléctrico que dispondremos será

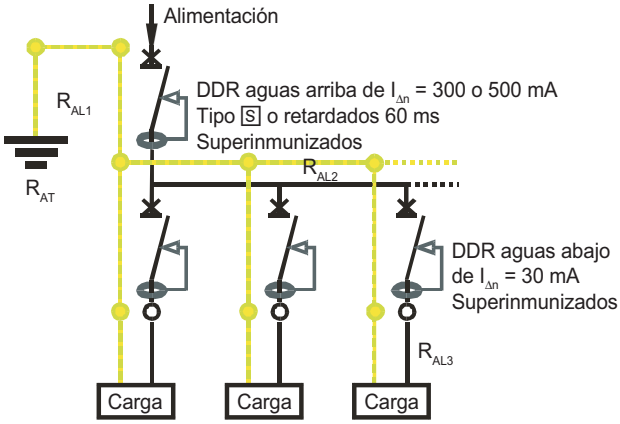


Fig. L6.7-033: *circuito de distribución.*

Si dimensionamos la resistencia del circuito equipotencial:
R_{AL3}: del punto de alimentación del utilizador hasta la masa más alejada, con conductor de 2,5 o 4 mm^2 en Cu.
R_{AL2}: desde la salida del DDR aguas arriba hasta el DDR aguas abajo.
R_{AL1}: desde el borne principal de tierra hasta el DDR considerado aguas arriba.
R_{AT}: la resistencia de puesta a tierra de las masas.
R_A: la resistencia total de puesta a tierra de las masas.

El proceso de cálculo será

La tensión de contacto U_c

La tensión de contacto máxima, aceptada, es función del situación del cuerpo humano en el momento de contacto y del tiempo de desconexión. En nuestro caso, la norma UNE 20460-7-705 establece la protección de los circuitos por contacto indirecto, por corte automático de la alimentación con DDR, dimensionados para una situación BB2, tensión de contacto de 25 V en CA y 60 V en CC, plana.

■ Tiempo de duración de la tensión de contacto.

La tensión de contacto quedará limitada al tiempo de desconexión del DDR. Los DDR instantáneos desconectan por construcción en menos de 0,1 s.

Para poder iniciar el cálculo nos basamos en el ábaco adjunto de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen.

En el ábaco podemos observar que la U_c será 100 V CA y 140 V CC en BB2.

■ La tensión de contacto U_c es función de la R_A e I_d (intensidad de fuga). Los cálculos los realizaremos para corriente alterna:

$U_c = I_d \cdot R_A = 100$ V.

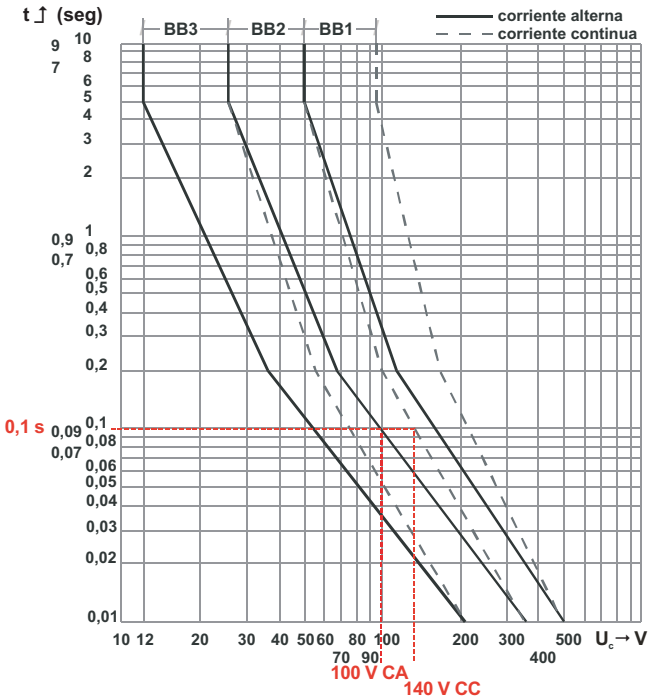
■ La intensidad de fuga es función de la tensión de contacto máxima (fase-masa) U_0, de la resistencia de puesta a tierra del neutro del transformador y de la resistencia de puesta a tierra de las masas.

La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{R_A + 10\ \Omega}$.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 100$ V.

■ La resistencia de puesta a tierra de las masas R_A será:

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{100\ V} - 1} = \frac{10\ \Omega}{1{,}3} = 7{,}6923076\ \Omega.$$



La resistencia de la puesta a tierra R_{AT} será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL} = 7{,}6923076\ \Omega$.

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 7{,}6923076\ \Omega - R_{AL}$.

El valor de R_{AL} es función de la longitud y sección de la red equipotencial $R_{AL} = R_{AL1} + R_{AL2} + R_{AL3}$, que podremos calcular en función de la longitud y la sección:

$$R_{AL1} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega\ mm^2/m\ \frac{L_1\ (m)}{S_1\ (mm^2)}.$$

$$R_{AL2} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega\ mm^2/m\ \frac{L_2\ (m)}{S_2\ (mm^2)}.$$

$$R_{AL3} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega\ mm^2/m\ \frac{L_3\ (m)}{S_3\ (mm^2)}.$$

¿Cuál debe ser la estructura de la RAT para no superar los (----) Ω en un terreno de resistividad 150 Ω · m?

En la Tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, encontraremos una serie de alternativas para poder realizar la puesta a tierra:

■ El valor del coeficiente K_r de la tabla será:

$$K_r = \frac{R_{AT}}{\rho} = \frac{(---)\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}0\text{--}.$$

La configuración más próxima es la (-/--), cuyo coeficiente $K_r = 0.0$--.

■ ¿Cuántas configuraciones necesitamos para lograr un coeficiente próximo a $K_r = 0{,}0$---?

$$N.^o\ _{(configuraciones)} = \frac{K_{r\ (configuración)}}{K_{r\ (deseado)}} \approx N.$$

■ Esto representa que debemos disponer de una estructura de puesta a tierra determinada por la tabla.

■ La resistencia de esta estructura será:

$$R_{AT} = \rho \cdot \frac{K_r}{2 \text{ ud.}} = 150\ \Omega/\text{m} \cdot \frac{0{,}0\text{--}}{N} = (\text{-,--})\ \Omega < 7{,}6923076\ \Omega.$$

Valor R_A

■ La resistencia R_A al punto más alejado será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL}$.

La intensidad de fuga será

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\text{ V}}{(\text{---})\ \Omega + 10\ \Omega} = (\text{---})\text{ A}.$$

El tiempo de desconexión

El tiempo de desconexión será, para los interruptores DDR, función de la relación de la intensidad de fuga y la intensidad de fuga nominal del DDR.

Por construcción a $I_{\Delta n}$ un DDR debe desconectar en menos de 100 ms pero a 5 veces la $I_{\Delta n}$ debe desconectar en 40 ms:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{(\text{---})\text{ A}}{0{,}03\text{ A}} = (\text{---})\text{ veces} > 5\text{ veces}.$$

$t_{(inst)} \leqslant 40$ ms.

La tensión de contacto será

$U_c = R_A \cdot I_d = (\text{---})$ V.

En el ábaco de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar, en la curva de tensión de contacto máxima en situaciones BB2 (25 V), que para una tensión de contacto de (---) V el tiempo máximo de desconexión es de (---) s. En nuestro caso desconecta en 0,04 s unas (X) veces menos.

¿Cuál es la corriente que circula por el cuerpo humano en contacto con una masa?

La intensidad de fuga se reparte inversamente proporcional a las resistencias en juego, entre el circuito generado por el cuerpo humano y el circuito de puesta a tierra de las masas:

$$\frac{R_h}{R_A} = \frac{I_{dA}}{I_{dh}}.$$

La puesta a tierra del neutro del centro de transformación es igual para los dos ramales.

El caso más desfavorable será cuando la resistencia de contacto a la masa y a tierra del cuerpo humano lo consideramos franco y por tanto de valor 0.

En la Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen, encontraremos la resistencia del cuerpo humano en función de la tensión de contacto, pero la IEC recomienda considerar 1.000 Ω en términos generales de cálculo:

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = (\text{---})\ \Omega$.

$R_h = 1.000\ \Omega$.

La intensidad a circular por el cuerpo humano será del orden de

$$I_{dh} = \frac{R_A \cdot I_d}{R_h + R_A} = (\text{--})\text{ A}.$$

La intensidad a circular por la puesta a tierra será del orden de
$I_{dA} = I_d - I_{dh} = (---)$ A.
Los efectos de la I_{dh} sobre el cuerpo humano son:
■ Zona 1. Habitualmente ninguna reacción.
■ Zona 2. Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.
■ Zona 3. Normalmente ningún daño orgánico. Perturbaciones reversibles en la formación y propagación de los impulsos del corazón que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
■ Zona 4. Fibrilación ventricular probable. Otros efectos patofisiológicos, tales como quemaduras graves, se prevén en la mayoría de los efectos de la zona 3, que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.

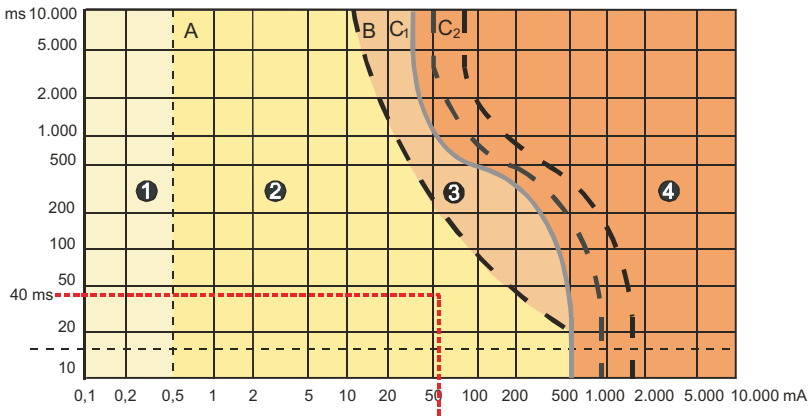


Fig. L6.7-034: *zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas.*

Debemos dimensionar para que la relación intensidad a circular por el cuerpo humano y el tiempo de duración quede en zona 2 como máximo.
La protección contra los choques eléctricos, a lo largo de la red, debe adecuarse a la necesidad de protección y a una selectividad adecuada para mantener un grado elevado de disponibilidad.
El interruptor DDR aguas arriba lo retardaremos en 60 ms para mantener una selectividad, pero también debe quedar situado en la zona 2.

Las medidas de protección contra los efectos térmicos

■ La regla general a cumplir contra los efectos térmicos establece que las personas, los animales domésticos, los materiales, los objetos próximos a los materiales y el entorno no deben estar sometidos a temperaturas que puedan destruirlos o lesionar sus características normales. Las posibles manifestaciones térmicas, por conducción, radiación o convección deben ser aisladas por materiales resistentes y no accesibles a las personas, animales domésticos, materiales no resistentes, a los objetos próximos y al entorno.
■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ Las líneas en interiores deberán dimensionarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen.

■ Los cuadros eléctricos se deberán dimensionar de conformidad al apartado 6. “Los cuadros eléctricos”, página F/109 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.

■ En el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.

■ Independientemente de lo expuesto en estos apartados, también deberemos tener una especial consideración a los requisitos sobre el tema de la protección contra incendios, debemos dotar a las redes con interruptores DDR de como máximo 500 mA (UNE 20460-7-705).

■ Consideraciones específicas a tener en cuenta sobre las posibles cargas:

□ Un motor accionado automáticamente o a distancia, y que no está supervisado de forma permanente, debe estar equipado con un dispositivo de protección contra las temperaturas excesivas con rearme manual.

□ Los equipos de iluminación tales como: lámparas de incandescencia, luz concentrada y pequeños proyectores, y otros equipos o aparatos cuyas temperaturas de superficie son elevadas, deben disponer de una protección apropiada y estar instalados y situados conforme a sus normas. Estos equipos deben estar instalados lejos de cualquier materia combustible de forma que se impida cualquier contacto.

□ Los aparatos de calefacción utilizados en locales de cría de animales deben ser fijos y estar a una distancia apropiada de los animales y de las materias combustibles, a fin de evitar todo riesgo de quemaduras en los animales o incendio.

□ Para los aparatos radiantes la distancia debe ser al menos de 0,5 m, si el fabricante no especifica una distancia mayor.

□ En todos los casos deben seguirse las instrucciones de los fabricantes.

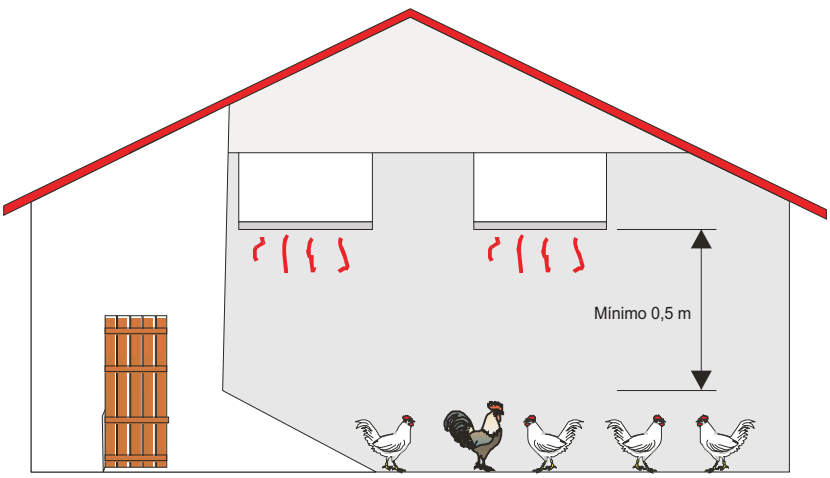


Fig. L6.7-035: *distancias mínimas de los equipos de calefacción.*

ITC-BT-23

Las medidas de protección contra las sobreintensidades

Debemos atender:

■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen, y 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.

■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen, y 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.

■ Las líneas de interiores deberán dimensionarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen.
■ En el apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.
Para poder seguir un ejemplo detallado de un proceso de cálculo, ver el apartado 6.4.4. “La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales”, página L/836 de este Volumen.

Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias

Apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, página H1/157 del 2.º Volumen.

En el campo se deben tener en consideración las sobretensiones atmosféricas por su situación y porque, generalmente, en su entorno no existen instalaciones de control de descarga atmosféricas.
No se dispone de estadísticas catastróficas en el campo. Pero este desconocimiento estadístico no influye en un análisis del riesgo.

Trataremos el tema desde las dos vertientes de las fuentes de generación de las sobretensiones:
■ Atmosféricas.
■ De red.

Las sobretensiones atmosféricas en las instalaciones agrícolas y hortícolas

Debemos efectuar una instalación que sea capaz de derivar las descargas de las cargas atmosféricas, procurando controlar y facilitar el camino a tierra.
Este camino puede ser provocado por una instalación con la intención de alejar en lo posible las descargas atmosféricas de las instalaciones eléctricas en el campo.
Considero adecuado delimitar el área de la instalación eléctrica en el campo con pararrayos que descarguen a tierra las posibles cargas atmosféricas del entorno.
En el caso de que la red de alimentación a los puntos de conexión de las cargas fuera aérea, sería adecuada la instalación de un conductor de guarda, con derivaciones a tierra en cada poste o dos postes, con una piqueta de puesta a tierra de cuatro.

El pararrayos

Debemos procurar que sean las partes más altas de la zona. Los 10 o 12 m de poste más los dos metros de perfil metálico pueden ser adecuados.
La conducción de los dos metros de perfil metálico a tierra debe realizarse con conductor de cobre de como mínimo 50 mm^2 u otro material de resistencia equivalente.
Esta conducción a tierra debe protegerse en un espació accesible a las personas y animales domésticos de dos metros sobre el nivel del suelo y un metro por debajo del nivel del suelo.
La zona de descarga debe protegerse hasta un metro a nivel del suelo para reducir las tensiones de paso.
Es necesario que la descarga sea absorbida por la tierra y se reparta en un área para evitar la ionización de la tierra y facilitar la absorción.

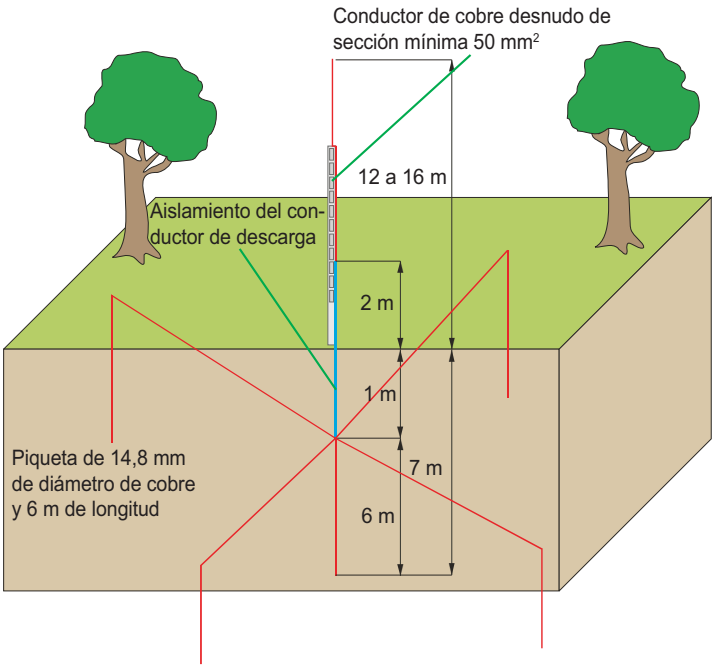


Fig. L6.7-036: *pararrayos en campo abierto.*

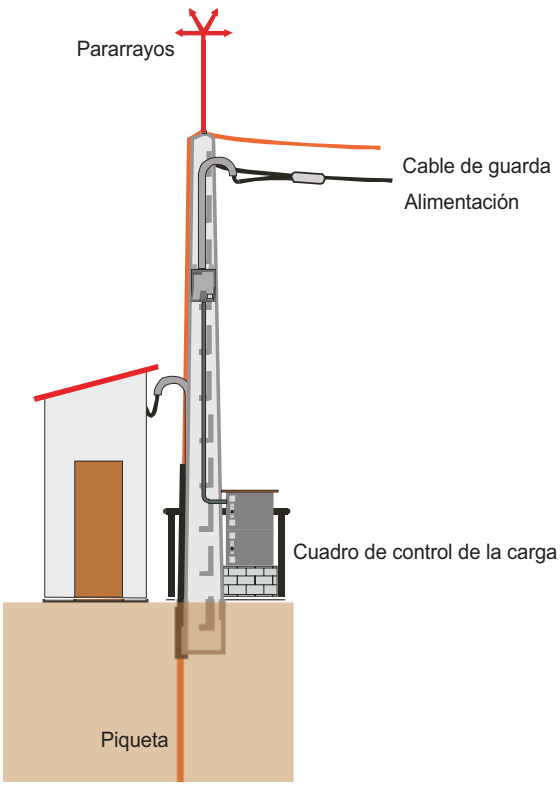


Fig. L6.7-037: *situación de un pararrayos en una alimentación.*

La forma de pata de pato o circular de tres o cuatro piquetas de cuatro a siete metros de longitud, al entorno de un radio de seis metros del poste, clavados a partir de dos metros del suelo, interconectadas con conductor de cobre de como mínimo 50 mm^2 u otro material de resistencia equivalente.
En la edificación fija también debemos instalar un pararrayos de conformidad al apartado 4.2. “Las protecciones contra sobretensiones”, página H1/166 del 2.º Volumen.

Las sobretensiones de red

La sobretensiones de red pueden producirse, en ella, por causas propias de la misma o por causas externas que inducen sobretensiones a la red.
Para amortiguar el efecto de la sobretensiones transitorias en la red podemos utilizar los descargadores de sobretensiones, tratados en el apartado 4.4. “Reglas generales de instalación”, página H1/179 del 2.º Volumen, y en el apartado 4. “Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones”, página H2/249 del 2.º Volumen.

Evaluación del riesgo a las sobretensiones de la instalación a proteger

Los elementos a considerar para la evaluación del riesgo son:
- La evaluación del nivel ceráunico de la zona (capacidad de tormentas eléctricas por año). Ver Fig. H2-4-004, página H2/250 del 2.º Volumen.
- La naturaleza de la red de alimentación eléctrica o telefónica.
- La topografía del lugar.
- La presencia de pararrayos convencionales en el edificio.
- Los materiales a proteger.
- Las sobretensiones de maniobra.

Estos elementos permiten definir los diagnósticos: el del lugar y el de los receptores.

ITC-BT-23-4

El diagnóstico de los receptores a proteger

Se da por la fórmula siguiente: R = S + C + I.
Donde:
R = el riesgo de los receptores.
S = la sensibilidad de los materiales.
C = el coste del material.
I = la indisponibilidad del material y sus consecuencias.

La sensibilidad del material

La sensibilidad de los materiales instalados en una instalación agrícola y hortícola, la podemos considerar del nivel S = 3.
El coste de estos materiales es de nivel C = 2.
El fallo de uno de estos aparatos es una incomodidad, podemos considerar una interrupción parcial I = 2.
R = S + C + I = 3 + 2 + 2 = 7.

El diagnóstico del lugar

Se da por la fórmula siguiente:
E = Ng (1 + BT + MT + d).
- Ng: es la densidad de caída de rayos, cantidad de rayos por km^2 año, del lugar de la instalación.

En el capítulo F, apartado 2. "La calidad de la energía eléctrica", página F/39 del 1.er Volumen, encontrará el mapa de los niveles ceráunicos (Nk) de España; un valor muy aproximado del valor de Ng será: $Ng = \frac{Nk}{20}$.

Elección de los limitadores de sobretensiones transitorias

Aplicación	R: nivel de riesgo de los receptores	E: nivel de riesgo del lugar			
Pararrayos monobloc; tipo PF o PE					
	R	E ⩽ 1	1 < E ⩽ 2	2 < E ⩽ 4	E > 4
	8 a 9	PRD15+PRD8	PRD15+PRD8	PRD40+PRD8	PRD65+PRD8
	6 a 7	PRD8	PRD15	PRD40	PRD65
	⩽ 5	PRD8	PRD8	PRD15	PRD40
Pararrayos para líneas telefónicas; tipo PRC					
	R	E ⩽ 1	1 < E ⩽ 2	2 < E ⩽ 4	E > 4
	8 a 9	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable
	6 a 7	–	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable

Si los receptores comprenden materiales particularmente sensibles a las sobretensiones (microinformática, microelectrónica), entonces debemos ayudar con un limitador de sobretensiones transitorias PF8 o PE8, en coordinación con la instalación en cabecera.
Los PF8 o PE8 se instalan en cuadros secundarios lo más cerca posible de los receptores sensibles.

Tabla L6.7-038: *tabla de elección de los limitadores de sobretensiones transitorias en función del riesgo. Página H2/256 del 2.º Volumen.*

En zonas montañosa es adecuado, en términos generales, considerar Ng = 4. No obstante debemos consultar al servicio meteorológico el nivel ceráunico (Nk) considerado en la zona:

■ BT: es la longitud en km de la línea de BT aérea que alimenta la instalación.
En líneas aéreas: BT = 1.
En líneas subterráneas: BT = 0.

■ MT: parámetros en función de la red de MT de alimentación del CT (MT/BT).
En la mayoría de los casos MT = 1.

■ d: coeficiente en función de la situación de la línea aérea y la instalación.
En la mayoría de los casos d = 1.

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 4 (1 + 1 + 1 + 1 + 1) = 16.
La elección corresponde a una evaluación de R = 7 y E = 16, según la tabla le corresponde un PRD65 y para la línea telefónica un PRC y un PRI.

Consideraciones sobre las puestas a tierra

Las puestas a tierra de los pararrayos las hemos diseñado con más de una derivación a tierra, con el fin de dividir la intensidad en diferentes ramales y reducir el valor de un ramal. Con la finalidad de que la interferencia con otras tierras sea menor. Desconocemos la intensidad real del rayo que pueda ser captado, pero una distancia entre tierras de como mínimo 20 m es una medida prudente, tanto como disponer de más de cuatro derivaciones a tierra. Ver el apartado "Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra", página F/101 del 1.er Volumen.

Las medidas de protección contra las influencias de la CEM

Nos debemos remitir al apartado 5. “Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)”, página H1/197 del 2.º Volumen.

Las medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando

Nos debemos remitir al apartado 7. “Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando”, página H1/207 del 2.º Volumen.

Las cercas eléctricas para ganado

Las cercas eléctricas para ganado las forman una serie de conductores desnudos en tensión y transportadores de trenes de ondas, que cierran el circuito a través de tierra. La tensión es elevada (MT) y la intensidad es muy baja, milésimas de amperio. Esta corriente es detectada por los animales, produciendo una sensación de peligro y una separación del mismo.

Los cuadrúpedos, al tener un mayor contacto con tierra y una mayor diferencia de potencial entre las patas, tienen una percepción mayor que los bípedos. No obstante un contacto de una persona a una cerca le puede producir una descarga.

El equipo generador de las descargas debe tener una protección adecuada, en intensidad y tiempo, para que no pueda perjudicar a las personas. Además las cercas deben estar indicadas por carteles en cada cara de la figura y situados a una distancia máxima de 50 m, entre ellos.

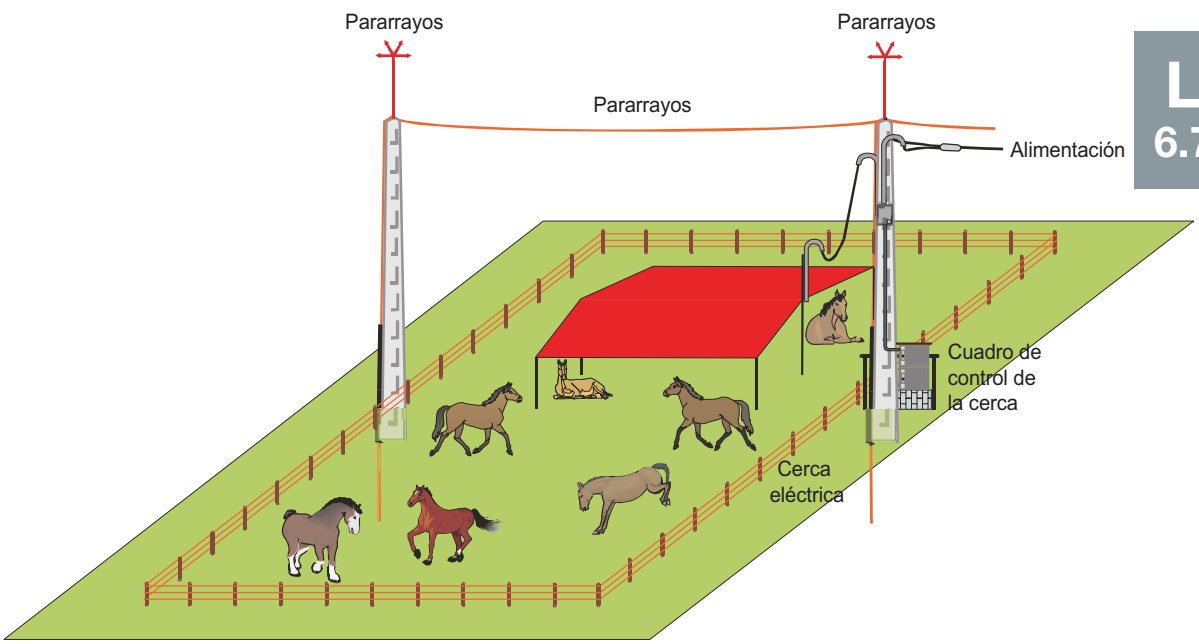


Fig. L6.7-039: *cercas eléctricas para ganado.*

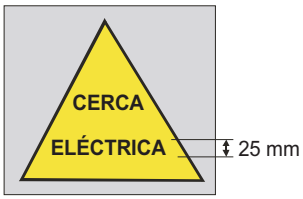


Fig. L6.7-040: *cartel indicador de cerca eléctrica.*

La alimentación de las cercas eléctricas para ganado

■ La red de alimentación derivará de un interruptor automático y DDR, situado en un cuadro de distribución o general de la granja.

■ La línea puede ser monofásica o trifásica, en función de las cargas y deberá llevar un conductor de protección PE para la conexión equipotencial de las masas y un conductor de protección para las descargas de los descargadores de sobretensiones.

El cuadro de maniobra de la zona cercada

■ La entrada se efectuará a través de un interruptor seccionador en carga, sobre todos los conductores activos (Interpact INS o INV).

■ Un interruptor automático C60 (F + N o 3F + N) de 20 A 10 kA.

■ Un descargador de sobretensiones PRD 15.

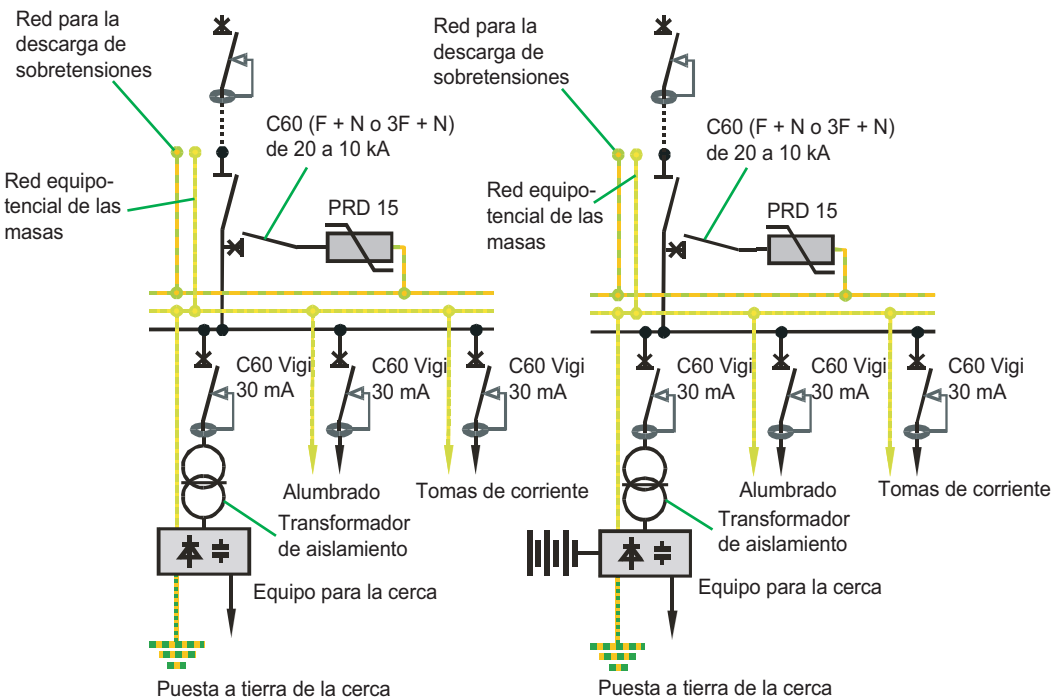
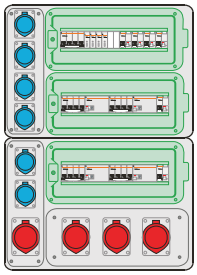


Fig. L6.7-041: *esquema del cuadro para la cerca y su entorno.*

■ Tres derivaciones o las pertinentes, con interruptor automático y DDR de 30 mA. C60 Vigi 30 mA:

□ Alimentación equipo para cercas eléctricas para ganado.

□ Alimentación del alumbrado de la zona.



□ Alimentación de las tomas de corriente de la zona.
La salida para el equipo de alimentación de la cerca eléctrica es aconsejable que se alimente a través de un transformador de aislamiento, en el caso de que el equipo no lo lleve incorporado.
El equipo puede disponer de reserva de energía CC, a través de baterías o no.
El conductor activo de salida del equipo será el de la cerca. El retorno será la tierra, por tanto el segundo conductor estará conectado a tierra a través de una puesta a tierra propia y separada de las posibles interferencias de las demás tierras.
La resistencia de la puesta a tierra la fijará el fabricante del equipo y la podemos calcular según el apartado 5.2. "Ejecución y cálculo", página F/93 del 1.er Volumen.
Los cuadros de distribución suelen etar situados en zonas donde se practica la limpieza por chorro de agua, por tanto es recomendable una envolvente Kaedra con IP55.
■ Si la cerca es de una gran dimensión y necesitamos más de un equipo para su alimentación, ésta se deberá realizar por tramos y cada equipo alimentará un tramo.
Entre tramo y tramo deberá existir una separación de como mínimo 2 m, para evitar el posible contacto de dos tramos.

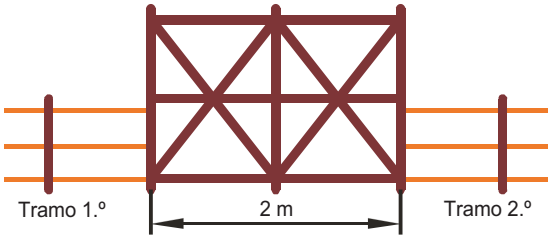


Fig. L6.7-042: *separación de dos tramos de cerca con dos alimentaciones distintas.*

Las puertas de las cercas deberán permitir la interconexión de las partes para mantener la continuidad, si ambos tramos están alimentados por la misma fuente.

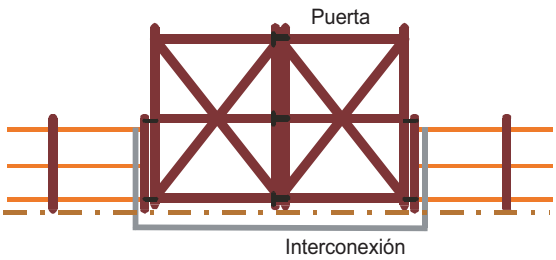


Fig. L6.7-043: *puertas de las cercas.*

La protección contra las sobretensiones a las cercas

Las protecciones contra las sobretensiones para las cercas deben cumplir los mismos requisitos que hemos descrito para el resto de instalaciones.
Debemos tener en consideración que los pararrayos sólo cubren eficientemente el cono formado por una generatriz a 45º desde el vertice hasta el suelo. Para cubrir la superficie de una cerca es aconsejable utilizar cables de guarda para cubrir la zona de la cerca.

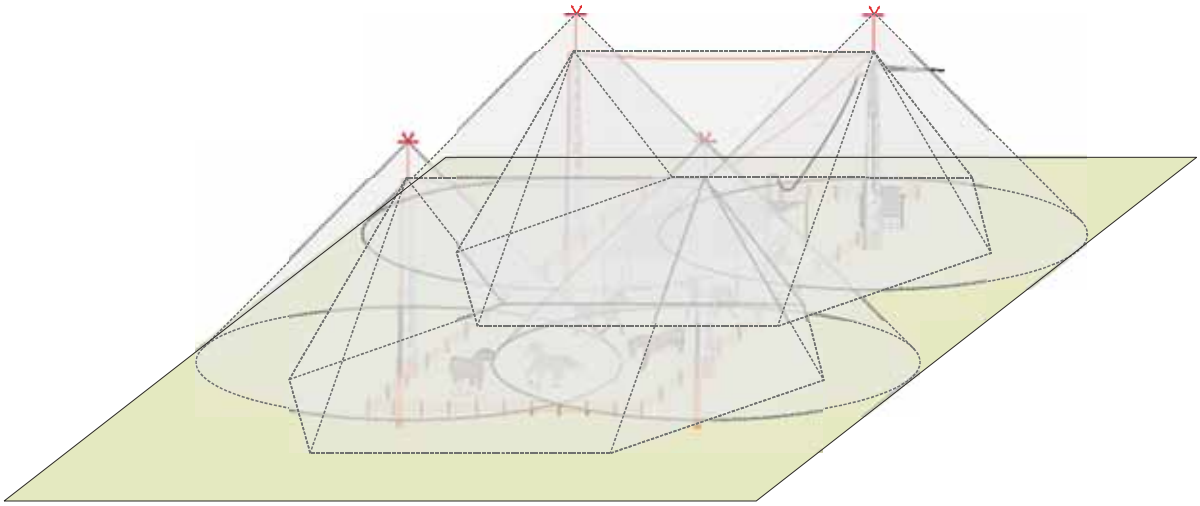


Fig. L6.7-044: *cobertura con pararrayos y cables de guarda de una superficie cercada.*

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN CARAVANAS Y PARQUES DE CARAVANAS. ITC-BT-41

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de la presente instrucción es determinar los requisitos de instalación de las caravanas y los parques de caravanas.

Los receptores que se utilicen en dichas instalaciones cumplirán los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2. CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

Las prescripciones particulares para este tipo de establecimientos o instalaciones son las establecidas en la norma UNE 20460-7-708.

6. EQUIPOS Y MATERIALES

1. Los materiales y equipos utilizados en las instalaciones deberán ser utilizados en la forma y para la finalidad que fueron fabricados. Los incluidos en el campo de aplicación de la reglamentación de transposición de las Directivas de la Unión Europea deberán cumplir con lo establecido en las mismas.
En lo no cubierto por tal reglamentación se aplicarán los criterios técnicos preceptuados por el presente Reglamento.
En particular, se incluirán junto con los equipos y materiales las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso, debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:
a) Identificación del fabricante, representante legal o responsable de la comercialización.
b) Marca y modelo
c) Tensión y potencia (o intensidad) asignadas.
d) Cualquier otra indicación referente al uso específico del material o equipo, asignado por el fabricante.
2. Los órganos competentes de las comunidades autónomas verificarán el cumplimiento de las exigencias técnicas de los materiales y equipos sujetos a este Reglamento. La verificación podrá efectuarse por muestreo.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. CERCAS ELÉCTRICAS PARA GANADO. ITC-BT-39

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de la presente instrucción es determinar los requisitos particulares de las cercas eléctricas para ganado, su alimentador y su instalación.
Se entiende por cerca eléctrica para ganado una barrera para animales que comprende uno o varios conductores formados por hilos metálicos, barrotes o alambradas.

Se entiende por alimentador de cerca eléctrica al aparato destinado a suministrar regularmente impulsos de tensión a la cerca a la que está conectado.

2. ALIMENTACIÓN

El alimentador de cerca eléctrica puede estar alimentado a su vez mediante una de las siguientes formas:
– Conectado a una red de distribución de energía eléctrica.
– Conectado a baterías o acumuladores cuya carga se realiza mediante una red de distribución de energía eléctrica.
– Conectados a baterías de acumuladores autónomos, es decir, que no están destinados a ser conectados a una red de distribución de energía eléctrica.

3. PRESCRIPCIONES PARTICULARES

Los alimentadores de cercas eléctricas conectados a una red de distribución de energía eléctrica deberán cumplir la norma UNE-EN 60335-2-76 y su circuito de alimentación las prescripciones de las ITC-BT-22, ITC-BT-23 e ITC-BT-24.
Los alimentadores se colocarán en lugares donde no puedan quedar cubiertos por paja, heno, etc., y estarán próximos a la cerca que alimentan.
Los conductores de la cerca estarán separados de cualquier objeto metálico no perteneciente a la misma, de manera que no haya riesgo de contacto entre ellos.
Los conductores de la cerca y los de conexión de ésta a su alimentador no se sujetarán en apoyos correspondientes a otra canalización, sea de alta o baja tensión, de telecomunicación, etc.
Los elementos de maniobra de la puerta de la cerca y los de conexión de ésta a su alimentador no se sujetarán en apoyos correspondientes a otra canalización, sea de alta o baja tensión, de telecomunicación, etc.
Los elementos de maniobra de las puertas de la cerca estarán aislados convenientemente de los conductores de la misma y su maniobra tendrá por defecto la puesta fuera de tensión de los conductores comprendidos entre los soportes laterales de la puerta.
Entre cercas que no estén alimentadas por un mismo alimentador se tomarán medidas convenientes para evitar que una persona o animal pueda tocarlas simultáneamente. Normalmente se considera suficiente una separación de 2 m entre los conductores de unas y otras cercas.
Se colocarán carteles de aviso cuando las cercas puedan estar al alcance de personas no prevenidas de su presencia y, en todo caso, cuando estén junto a una vía pública.
El mínimo de carteles será de uno por cada alineación recta de la cerca y, en todo caso, a distancias máximas de 50 metros.
Los carteles se colocarán en lugares bien visibles y preferentemente sujetos al conductor superior de la cerca si la altura de éste sobre el suelo asegura esa visibilidad; en caso contrario, se colocarán sobre los apoyos de los conductores, de manera que sean visibles tanto desde el exterior como desde el interior del cercado.

Los carteles llevarán la indicación “CERCA ELÉCTRICA” escrito sobre un triángulo equilátero de base horizontal con letras negras sobre fondo amarillo. El cartel tendrá unas dimensiones mínimas de 105 × 210 milímetros y las letras 25 milímetros de altura.

La toma de tierra del alimentador de la cerca tendrá las características de “tierra separada” de cualquier otra, incluso de la tierra de masa del mismo aparato.

Cuando una cerca eléctrica esté situada en una zona particularmente expuesta a los efectos de descargas atmosféricas, el alimentador estará situado en el exterior de los edificios o en un local destinado expresamente a él y se tomarán las medidas de protección apropiadas.

6.8. Instalaciones eléctricas provisionales

ITC-BT-33

6.8.1. Instalaciones eléctricas en obras

Objeto y campo de aplicación

Las especificaciones de este apartado se aplican a las instalaciones eléctricas temporales destinadas al suministro eléctrico para:

■ La construcción de edificios.

■ Los trabajos de reparación, modificación, extensión o demolición de edificios existentes.

■ Las obras públicas.

■ Los trabajos de excavación o similares.

En general el suministro eléctrico para todos los trabajos en obras de carácter temporal.

A los locales de servicios para las obras (oficinas, vestuarios, salas de reunión, restaurantes, dormitorios, locales sanitarios, etc.) se aplicarán las especificaciones propias de las instalaciones en edificios correspondientes a su actividad. Los cuales ya hemos descrito en apartados anteriores.

ITC-BT-33-2-1

Alimentación

La alimentación de una obra puede ser efectuada por una fuente o por más de una fuente, fijas o móviles.

Puede existir interconexión para poder ser alimentada por una o varias fuentes. Ver capítulo J, apartado 16. “Aparamenta para múltiples alimentaciones”, página J/789 del 3.er Volumen.

Punto de alimentación a través de una Cía. suministradora

Si el suministro se realiza a través de una red aérea, ésta deberá transcurrir por la zona de paso de peatones a una altura mínima de 6 m del suelo:

■ Caja General de Protección (CGP):

□ Esquema n.º 7 (ver Fig. D3-006: esquema n.º 7 CGP, página D/55 del 1.er Volumen).

□ Modelo de 80 A a 400 A (ver Fig. D3-012 a Fig. D3-015, páginas D/57 y D/58 del 1.er Volumen.

■ Línea general de alimentación LGA según ITC-BT-14:

□ Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.

□ Conductor de cobre (según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen).

□ Método de instalación (según la Tabla F7-097 (52-B1), página F/223 del 1.er Volumen) tipo B.

□ Aislante del conductor. Policloruro de vinilo (C04 - según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen):

– Conductor para CGP de 40 A. Le corresponde una sección de 6 mm^2 capaz para transportar 44 A.

– Conductor para CGP de 80 A. Le corresponde una sección de 16 mm^2 capaz para transportar 80 A.

– Conductor para CGP de 160 A. Le corresponde una sección de 70 mm^2 capaz para transportar 202 A.

– Conductor para CGP de 250 A. Le corresponde una sección de 120 mm^2 capaz para transportar 284 A.

– Conductor para CGP de 400 A. Le corresponde una sección de $2 \cdot 120$ mm^2 capaz para transportar $2 \cdot 284\ A \cdot 0{,}8 = 454$ A.

□ Tubo de acero galvanizado o de otro material no propagador de la llama capaz de soportar impactos importantes AG3 2 julios de sección. Ver Tabla D1-013, página D/27 del 1.er Volumen:

– Para CGP de 40 A de 75 mm de diámetro exterior.
– Para CGP de 80 A de 75 mm de diámetro exterior.
– Para CGP de 160 A de 140 mm de diámetro exterior.
– Para CGP de 250 A de 160 mm de diámetro exterior.
– Para CGP de 400 A de 200 mm de diámetro exterior.

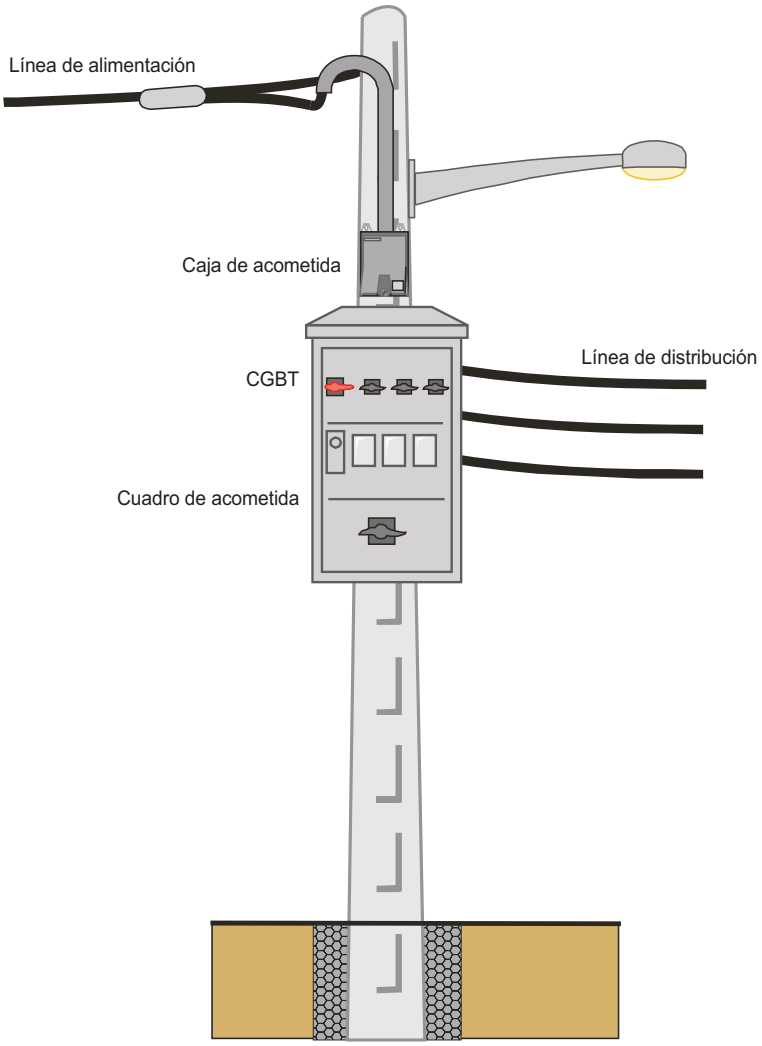


Fig. L6.8-001: *acometida aérea de un suministro por una Cía.*

■ En el cuerpo superior situaremos el CGBT.
Cuadro general de baja tensión para la alimentación a diferentes cuadros de distribución de baja tensión CDBT.
■ Entrada a un interruptor general seccionador en carga, de corte visible Interpact INV de 40 A a 630 A 3f + N:
□ Interruptor automático magnetotérmico C60N de 50 A curva C 3f + N.
□ Un limitador de sobretensiones transitorias PRD65r 3f + N.
□ Embarrado o borneo en función de las intensidades.
■ En el cuerpo intermedio situaremos:
El equipo de protección y medida (ver Fig. A. D4-052, página D/84 del 1.er Volumen) del esquema 1 Fig. D4-053, página D/84, a esquema 6 Fig. D4-076, página D/90, del 1.er Volumen.

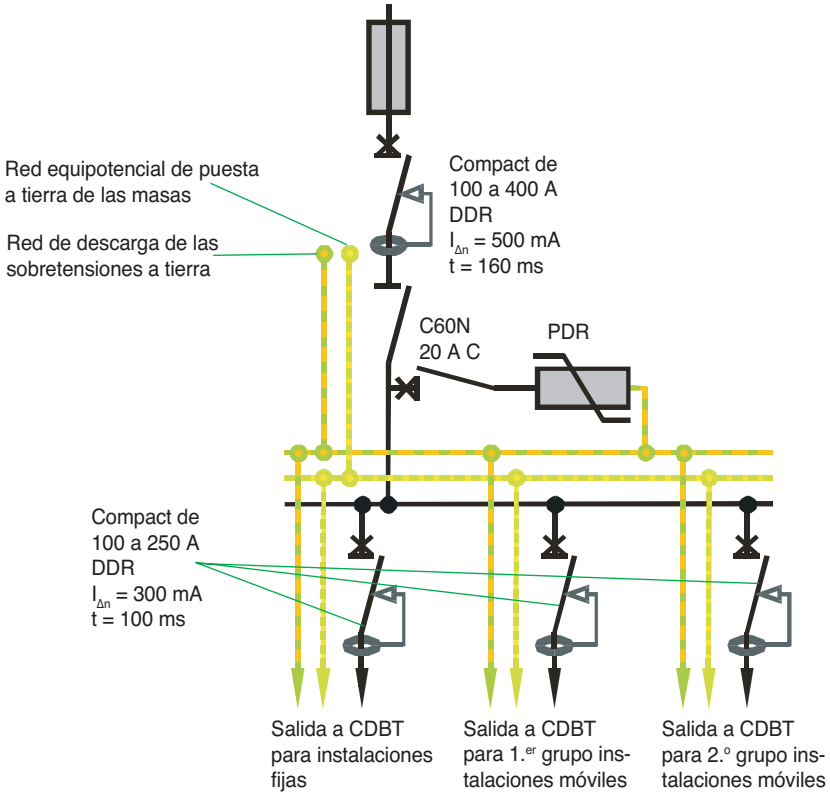


Fig. L6.8-002: *esquema de distribución general.*

■ En el cuerpo inferior situaremos:
□ El interruptor automático para la protección de sobreintensidades (tiempo largo, corto e instantáneo) Compact...
□ Un núcleo toroidal para relés DDR. Ver apartado “Toroidales diferenciales”, página G/129 del 2.º Volumen.
□ Un relé Vigirex con regulación de la intensidad de defecto y del tiempo de desconexión. Ver apartado 4.5. “Interruptores diferenciales de uso industrial”, página G/99 del 2.º Volumen.

Punto de alimentación a través de generador transportable

El generador lleva su propio cuadro de protección y medida:
■ Línea general de alimentación LGA según ITC-BT-14:
□ Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.
□ Conductor de cobre (según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen).
□ Método de instalación (según la Tabla F7-097 (52-B1), página F/226 del 1.er Volumen) tipo B.
□ Aislante del conductor. Policloruro de vinilo (C04 - según la Tabla F7-131 de la página F/255 del 1.er Volumen).
□ Tubo de acero galvanizado o de otro material no propagador de la llama capaz de soportar impactos importantes AG3 2 julios de sección. Ver Tabla D1-013, página D/27 del 1.er Volumen.
□ La sección de los conductores será función de la potencia del generador.

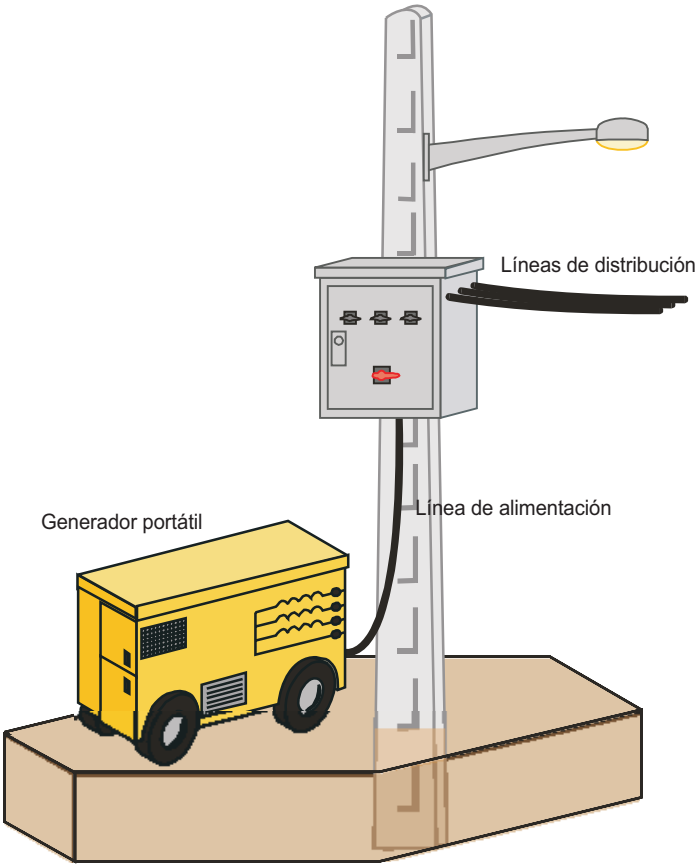


Fig. L6.8-003: *acometida aérea de un suministro por un generador portátil.*

Obras de pequeño o mediano volumen

No existen unos límites para determinar una obra de pequeño o mediano volumen, es solo un criterio subjetivo.

Cuadro general en una obra de pequeño o mediano volumen (CGBT)

■ Entrada a un interruptor general seccionador en carga, de corte visible Interpact INV de 40 A a 630 A 3f + N.
■ Interruptor automático magnetotérmico C60N de 50 A curva C 3f + N.
■ Un limitador de sobretensiones transitorias PRD65r 3f + N.
■ Embarrado o borneo en función de las intensidades.
■ Salida 1.ª para las instalaciones de servicios fijos. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la sección de los conductores en correlación a la carga. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 300 o 500 mA retardado 60 ms.
■ Salida 2.ª para un grupo de cargas móviles. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la sección de los conductores en correlación a la carga. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 300 mA retardado 60 ms.
■ Salida 3.ª para un grupo de cargas móviles. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la sección de los conductores en correlación a la carga. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 300 mA retardado 60 ms.

■ Cofret PL-1010.

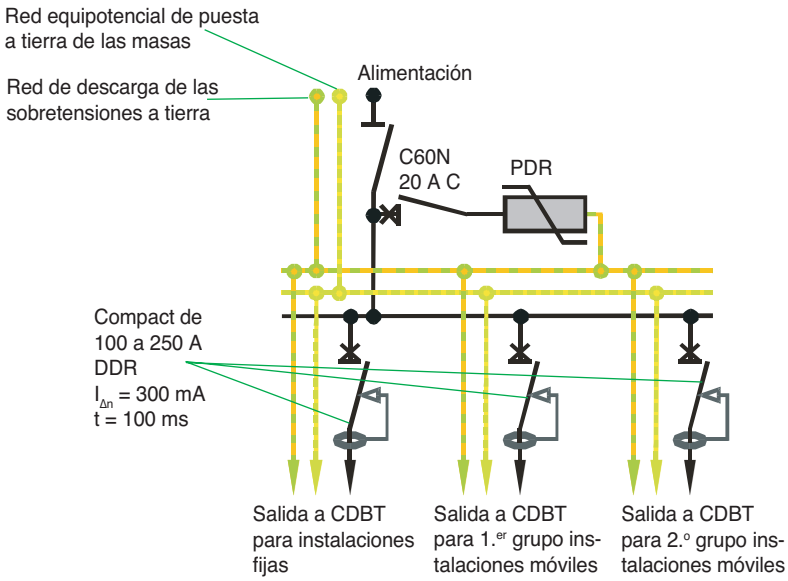


Fig. L6.8-004: *esquema de distribución general.*

Distribución en una obra de mediano volumen

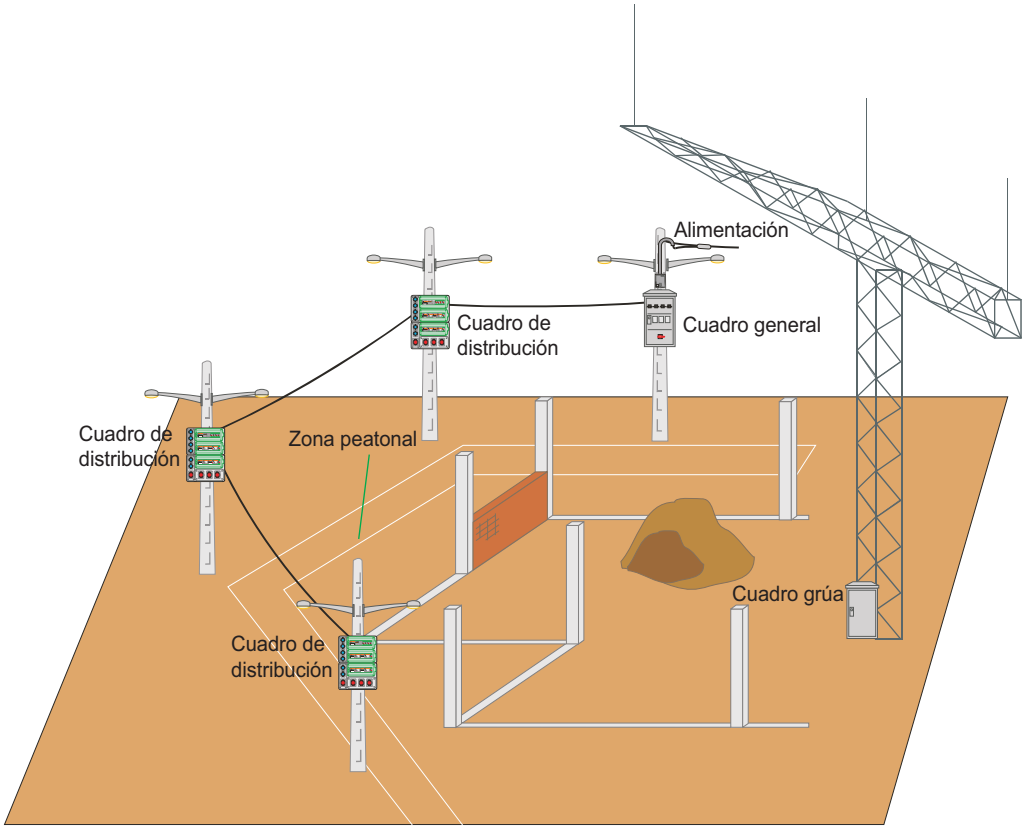


Fig. L6.8-005: *distribución general en una obra de pequeño o mediano volumen.*

Obras de gran volumen

Cuadro general en una obra de gran volumen (CGBT)

La ITC-BT-33 prescribe la previsión de circuitos de seguridad cuando pueda existir un fallo de alimentación, que pueda generar riesgos de seguridad para las personas.

Deberá preverse un alumbrado de seguridad para facilitar la evacuación y la puesta en marcha de las instalaciones de seguridad. También considera unos circuitos que deben mantener un suministro de seguridad, que especificamos en el esquema.

En realidad una obra importante concentra más de 50 personas trabajando; entran en la consideración de “Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios” considerados locales de pública concurrencia y afectados por la ITC-BT-28.

Estos circuitos se deberán prever de conformidad al apartado 6.4. “Instalaciones en locales de pública concurrencia”, página L/745 de este Volumen:

- Entrada a un interruptor general seccionador en carga, de corte visible Interpact INV de 40 A a 630 A 3f + N.
- Interruptor automático magnetotérmico C60N de 50 A curva C 3f + N.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRD65r 3f + N.

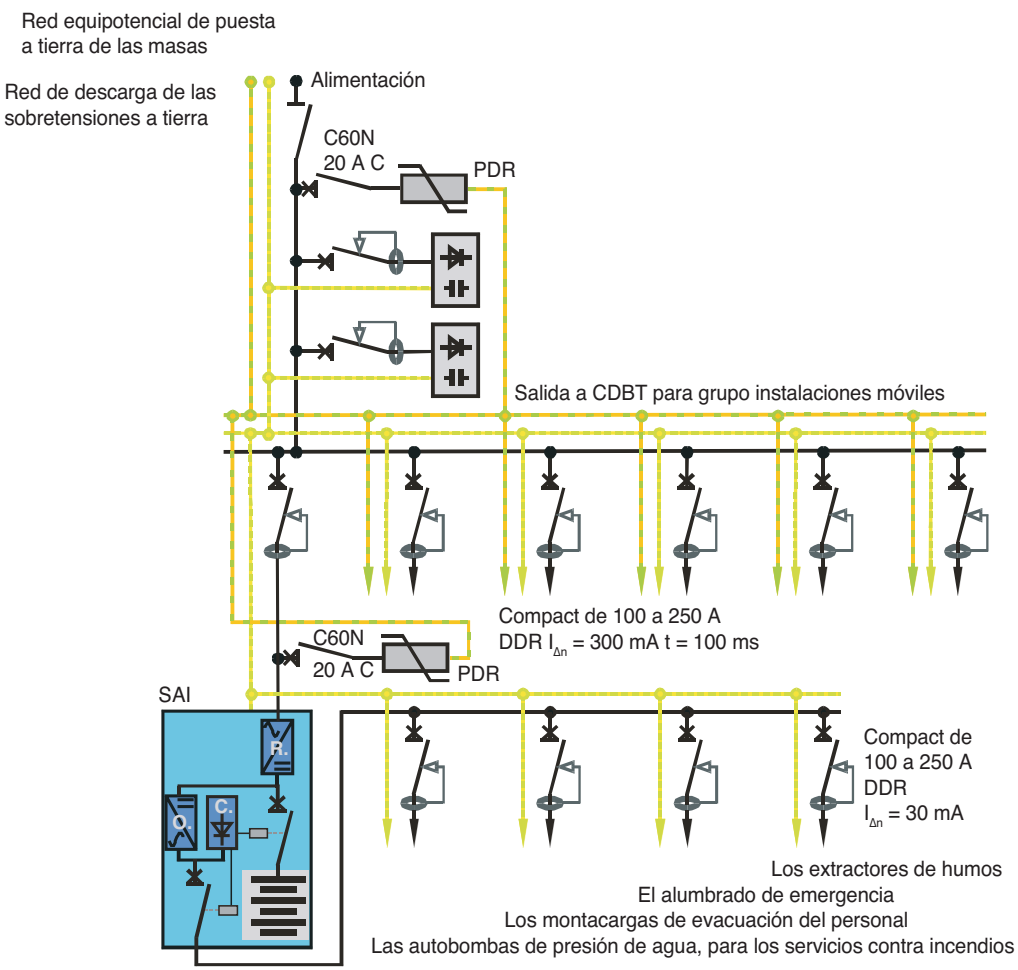


Fig. L6.8-006: *cuadro general de una obra de gran volumen.*

■ Batería de condensadores para la compensación del factor de potencia. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la potencia de la batería. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 30 mA retardado 60 ms.
■ Compensador activo de armónicos. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la potencia de los armónicos. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 30 mA retardado 60 ms.
■ Embarrado o borneo en función de las intensidades.
■ Salida 1.ª para las instalaciones de servicios fijos. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la sección de los conductores en correlación a la carga. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 300 o 500 mA retardado 60 ms.
■ Salida 2.ª para un grupo de cargas móviles. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la sección de los conductores en correlación a la carga. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 300 mA retardado 60 ms.
■ Salida 3.ª para un grupo de cargas móviles. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la sección de los conductores en correlación a la carga. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 300 mA retardado 60 ms.
■ Salida 4.ª para un grupo de cargas móviles. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la sección de los conductores en correlación a la carga. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 300 mA retardado 60 ms.

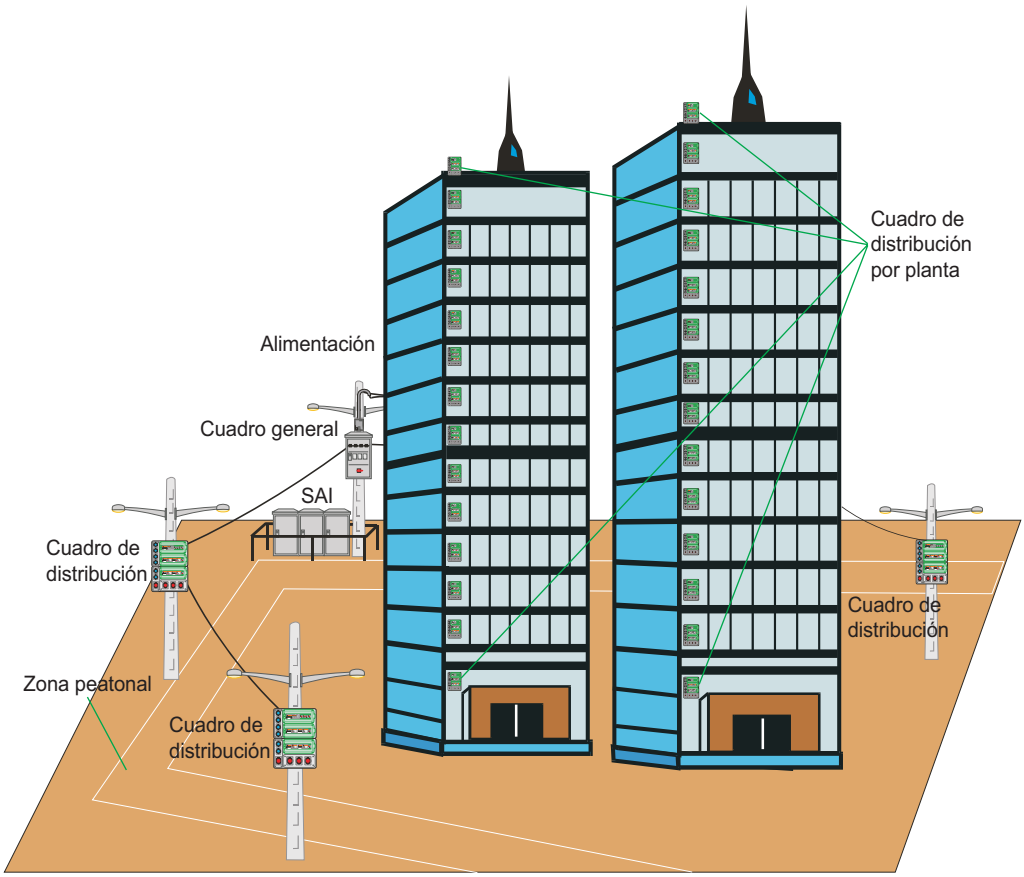
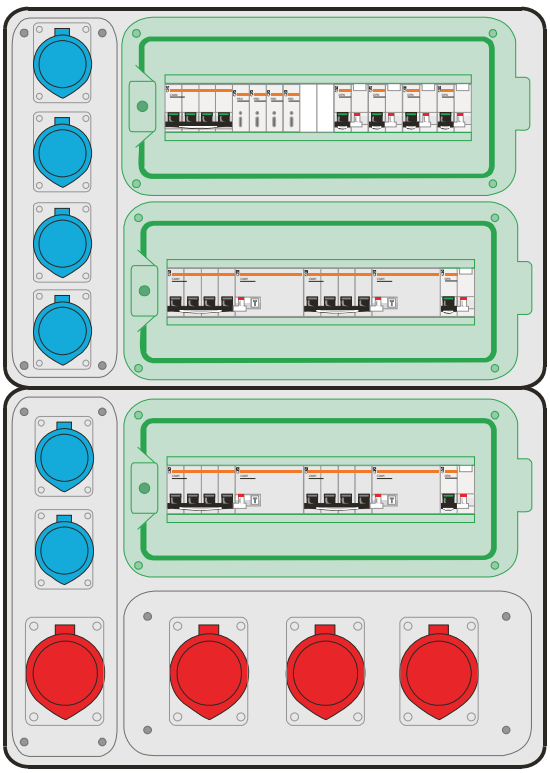


Fig. L6.8-007: *distribución general en una obra de gran volumen.*

■ Salida 5.ª para un grupo de cargas móviles. Interruptor automático magnetotérmico y diferencial, de intensidad nominal en función de la sección de los conductores en correlación a la carga. El DDR de $I_{\Delta n}$ de 300 mA retardado 60 ms.
■ Salida 6.ª para un SAI.
El SAI no es necesario que sea "on-line", pero debe poder alimentar durante una hora:
□ Los montacargas de evacuación del personal.
□ El alumbrado de emergencia.
□ Las autobombas de presión de agua, para los servicios contra incendios.
□ Los extractores de humos de las plantas si es pertinente su instalación, la alimentación debe estar bloqueada por llave y sólo al servicio del cuerpo de bomberos.
■ 3 ud. Cofret PL-1010.

Cuadro de distribución n.º--- CDBT

■ Cuadro de abonado: Kaedra Box IP65 - IK09, para tomas industriales PK (ver página F/130 del 1.er Volumen).
■ Interruptor general seccionador INS.
■ Interruptor automático C60N de 20 A.
■ Descargador de sobretensiones PRD8.
■ Embarrado o bornero para 3f + N + PE + PED.
■ 4 ud. interruptores magnetotérmicos C60N 3f + N.
■ 4 ud. DDR Vigi 4p $I_{\Delta n}$ = 30 mA.
■ 4 ud. base PK 3f + N + PE.
■ 6 ud. interruptores magnetotérmicos DPN N 1f + N Vigi $I_{\Delta n}$ = 30 mA.
■ 6 ud. base PK 1f + N + PE.



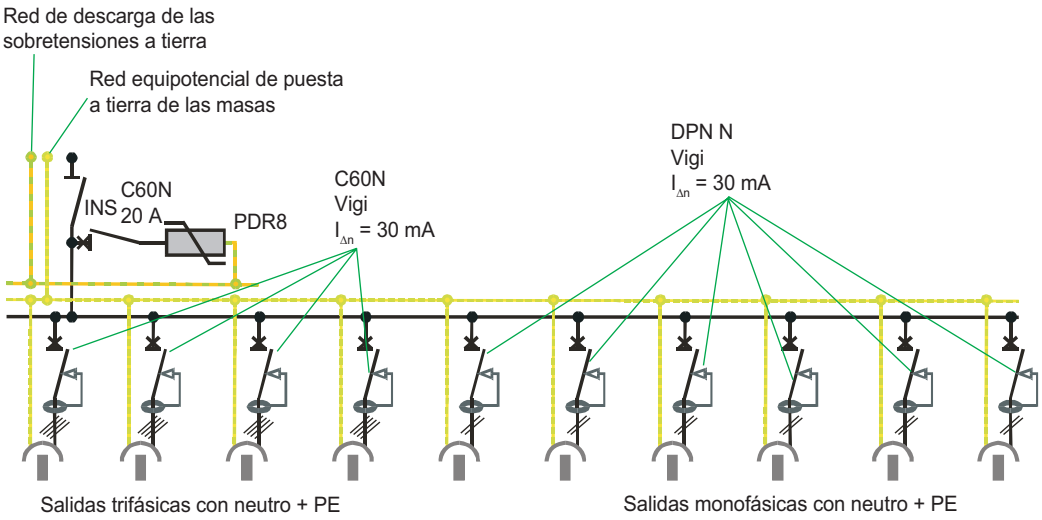


Fig. L6.8-008: *esquema y cuadro de distribución CDBT.*

Las conducciones

El trazado de las conducciones debe evitar cruzar zonas de paso de vehículos y peatones. Pero es recomendable situarlas al entorno del paso de peatones que normalmente son las zonas con menos riesgo de accidente:

■ Las líneas deberán estar protegidas contra los choques eléctricos (ver "La protección contra los choques eléctricos", página G/31 del 2.º Volumen).

■ Las líneas deberán estar protegidas contra los efectos térmicos (ver apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1/27 del 2.º Volumen).

■ Las líneas deberán estar protegidas contra las sobreintensidades (ver apartado 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen).

■ Las líneas deberán estar protegidas contra las sobretensiones (ver apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 del 2.º Volumen).

■ Las líneas deberán estar protegidas contra las influencias electromagnéticas (CEM) (ver apartado 5. "Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)", página H1/197 del 2.º Volumen, y apartado 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética (CEM)", página F/264 del 1.er Volumen).

■ Las líneas deberán estar protegidas contra las bajadas de tensión (ver apartado 6. "Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión", página H1/205 del 2.º Volumen).

■ Las líneas deberán estar proyectadas para mantener la seguridad en el seccionamiento y mando (ver apartado 7. "Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando", página H1/207 del 2.º Volumen).

Las líneas aéreas

Independientemente de las prescripciones del apartado 7.1.1. "Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados", página F/169 del 1.er Volumen. Debemos tener en consideración:

■ Los conductores serán como mínimo de una tensión asignada de 450/750 V.

■ Todas las líneas aéreas deberán realizarse con conductores aislados.

■ Los postes o soportes de las líneas aéreas deberán distanciarse o protegerse de todo movimiento previsible de los vehículos.

■ Los puntos más bajos de las catenarias de los conductores deberán estar situados, como mínimo, a 6 m del suelo en las zonas donde se pueda desplazar un vehículo, y 3,5 m en el resto.
■ Las protecciones de los conductores en las partes accesibles serán de una resistencia al impacto "muy fuerte" IK09 o IK10.

Las redes subterráneas

Independientemente de las prescripciones del apartado "7.1.2. Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías", página F/189 del 1.er Volumen, debemos tener en consideración:
■ Las conducciones subterráneas deben circular fuera de los posibles emplazamientos de herramientas y vehículos.
■ Las conducciones subterráneas deben estar alejadas de las zonas donde se puedan clavar tensores o piquetas para el anclaje de elementos de la obra.
■ Las protecciones de los conductores deberán ser muy resistentes a la compresión. Son adecuadas las zanjas de un metro de profundidad en la situación de los conductores.

La aparamenta

Cada cuadro de distribución y el general deben disponer de un interruptor general en carga de corte omnipolar, con categoría de seccionador y capacidad de actuación en carga.
Los dispositivos de seccionamiento deben poder ser enclavados (por llave) en la posición de abierto.

Protecciones contra los choques eléctricos

(Ver "La protección contra los choques eléctricos", página G/31 del 2.º Volumen.)
Debemos analizar las situaciones del cuerpo humano en la zona de una obra, en función de la resistencia eléctrica del cuerpo humano BB (ver Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen):
■ En la zona de estructura fija, los servicios y duchas, el cuerpo humano está mojado (BB3). Tensión de contacto 12 V.
■ En la zona de oficinas, el cuerpo humano está seco (BB). Tensión de contacto 50 V.
■ En el exterior estamos en campo abierto, el cuerpo humano puede estar seco (BB1), húmedo (BB2) o mojado (BB3).
En el análisis anterior podemos detectar que el caso de máximo riesgo es el de la situación de mojado (BB3) del cuerpo humano. Por tanto, deberemos prever las protecciones contra los choques eléctricos para una tensión de contacto permanente máxima de 12 V.
En Francia, Italia y Portugal de considera una situación BB2 de U_c 25 V suficiente para las obras.
En realidad esto nos afectará en el dimensionado de la toma de tierra. Si la obra es la instalación de un edificio, es lógico que la toma de tierra propia para el edificio se utilice durante el período de la obra para la misma.

La ITC-BT-33 considera adecuadas las protecciones contra

Los contactos directos

■ Protección por medio de aislamiento de las partes activas.
■ Protección por medio de barreras o envolventes (doble aislamiento).

Los contactos indirectos

■ La desconexión del suministro en caso de fuga por interruptores diferenciales de 30 mA.

ITC-BT-33-4-2

■ El aislamiento de cada toma de corriente a través de un transformador de separación.

■ La utilización de muy bajas tensiones de seguridad MBTS.

En España todos los suministros de energía deben estar protegidos con doble aislamiento hasta la salida del dispositivo de protección general, por corte de la alimentación contra los choques eléctricos.

En el apartado 3. "Protección contra los contactos indirectos", página G/53 del 2.º Volumen, encontraremos los criterios de protección en función de los esquemas de conexión del neutro ECT. En España el ECT más utilizado es el TT, y en el apartado 4. "Instalación régimen TT", página G/81 del 2.º Volumen, encontraremos los criterios de cálculo e instalación. No obstante en este apartado realizaremos el cálculo del conductor de protección necesario para una situación del cuerpo humano BB3 y régimen TT.

Cálculo de las protecciones

En los apartados 3.2. "Protección por corte automático de la alimentación", página G/59, 4. "Instalación en régimen TT", página G/81, y "Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de la red de alumbrado público", página G/244 del 2.º Volumen; y en el apartado "Cálculo de las protecciones", página L/1731 de este Volumen, encontraremos las referencias suficientes para realizar los cálculos pertinentes.

En realidad tendremos unas masas conectadas, a través de una red equipotencial, a tierra y la posibilidad de que exista una corriente de fuga y que una persona esté en contacto con una masa y derive parte de esta corriente de fuga a través de su cuerpo a tierra.

Lo importante para el cuerpo humano es: ¿qué intensidad de la corriente de fuga y cuánto tiempo puede circular por su cuerpo?, antes que la protección por corte de la alimentación actúe y elimine el suministro de fluido al circuito afectado.

Régimen TT

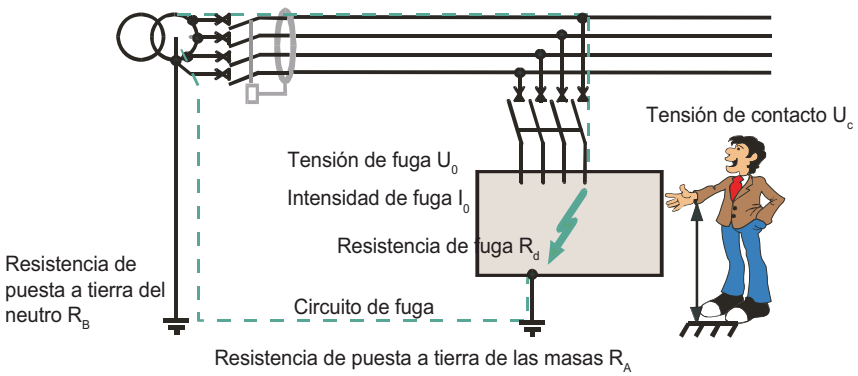


Fig. L6.8-009: *esquema de fuga régimen TT.*

En realidad lo que debemos lograr es que la intensidad que pueda circular por el cuerpo humano I_{dh} y el tiempo que dure no produzca ningún daño irreversible a la persona.

Esto dependerá de:

■ La sensibilidad de los DDR $I_{\Delta n}$.

■ El tiempo de desconexión del DDR a la intensidad de fuga I_d.

■ La resistencia de la red equipotencial R_{AL}.

■ La resistencia de la puesta a tierra R_{AT}.

■ La resistencia del cuerpo humano en función de su situación ambiental R_h.

■ La resistencia de puesta a tierra del transformador o alternador R_B.
Una buena combinación de los valores de estos parámetros nos permite mantener una protección adecuada al cuerpo humano.

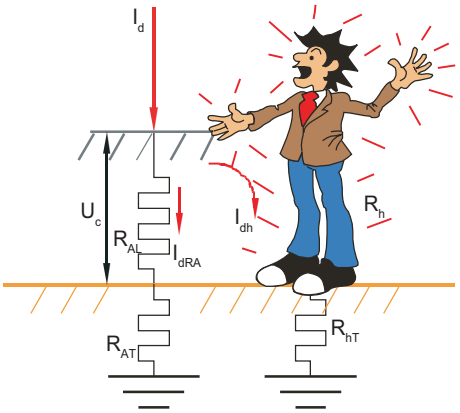


Fig. L6.8-010: *reparto de la corriente de fuga, al contacto de una persona a una masa con fuga.*

Si por reglamentación debemos situar interruptores diferenciales DDR de 30 mA en cada toma, aguas arriba deberemos colocar interruptores diferenciales DDR de 300 o 500 mA para obtener una selectividad amperimétrica y un retardo de 60 ms para obtener una selectividad cronométrica.

El circuito eléctrico que dispondremos será

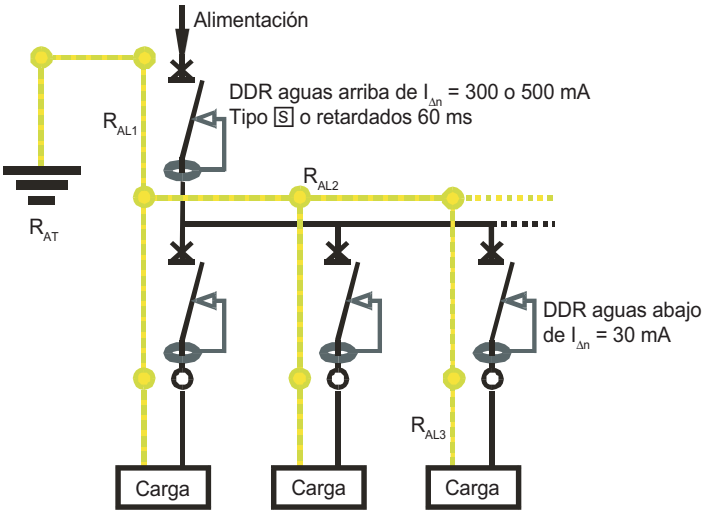


Fig. L6.8-011: *circuito de distribución.*

Si dimensionamos la resistencia del circuito equipotencial:
R_{AL3}: del punto de alimentación de la carga hasta la masa más alejada, con conductor de 2,5 o 4 mm^2 en Cu.
R_{AL2}: desde la salida del DDR aguas arriba hasta el DDR aguas abajo.
R_{AL1}: desde el borne principal de tierra hasta el DDR considerado aguas arriba.
R_{AT}: la resistencia de puesta a tierra de las masas.
R_A: la resistencia total de puesta a tierra de las masas.

El proceso de cálculo será

La tensión de contacto U_c

La tensión de contacto máxima, aceptada, es función de la situación del cuerpo humano en el momento de contacto y del tiempo de desconexión.

■ Situación ambiental del cuerpo humano.

La Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen, nos indica:

BB	Resistencia eléctrica del cuerpo humano	
BB1	Seco	Tensión de contacto 50 V
BB2	Húmedo	Tensión de contacto 25 V
BB3	Mojado	Tensión de contacto 12 V

□ En las instalaciones fijas:

– Oficinas, con todos los servicios propios de la estructura de un edificio de pública concurrencia, podemos considerar que el cuerpo humano está seco (BB1).

– Vestuarios, con todos los servicios propios de la actividad, con sanitarios y duchas de un centro de trabajo de más de 50 trabajadores. En las duchas el cuerpo humano queda mojado, en una situación BB3. Tensión de contacto 12 V.

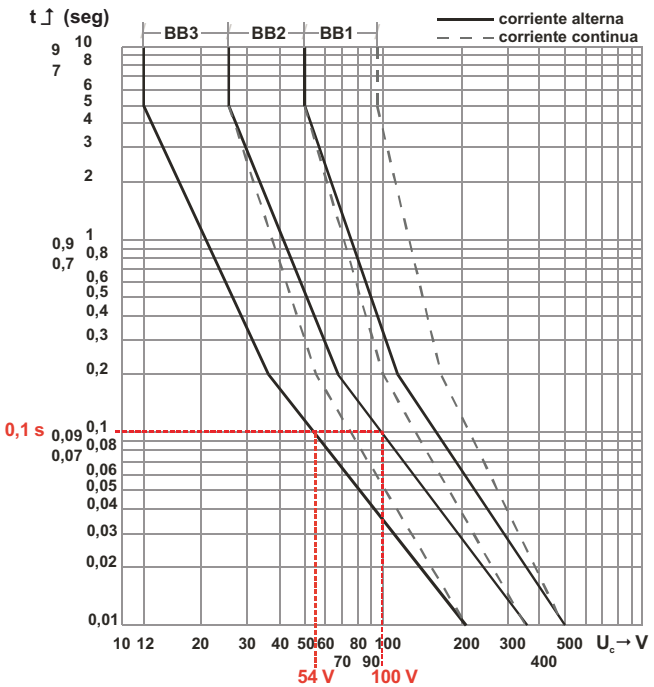
□ En instalaciones exteriores el cuerpo humano puede estar en tres situaciones, en función de la climatología. El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en una situación similar como el alumbrado exterior, en la ITC-BT-09 considera la tensión de contacto de 25 V, por tanto una situación BB2 húmedo. No es la situación máxima de mojado que se considera en instalaciones con agua, baños, piscinas, fuentes...

¿Somos capaces de asegurar que en una situación de mojado BB3 no se dará un contacto con una masa con fuga?

■ Tiempo de duración de la tensión de contacto.

La tensión de contacto quedará limitada al tiempo de desconexión del DDR. Los DDR instantáneos desconectan por construcción en menos de 0,1 s.

Para poder iniciar el cálculo nos basamos en el ábaco de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen.



En el ábaco podemos observar que la U_c será 54 V en BB3 y 100 V en BB2.

■ La tensión de contacto U_c es función de la R_A e I_d (intensidad de fuga):

$U_c = I_d \cdot R_A = 54$ V.

$U_c = I_d \cdot R_A = 100$ V.

■ La intensidad de fuga es función de la tensión de fuga máxima (fase-masa) U_0, de la resistencia de puesta a tierra del neutro del transformador o generador y de la resistencia de puesta a tierra de las masas.

La intensidad de fuga será: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{R_A + 10\ \Omega}$.

■ La tensión de contacto será: $U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 54$ V.

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 100\ V.$$

■ La resistencia de puesta a tierra de las masas R_A será:

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{54\ V} - 1} = \frac{10\ \Omega}{3{,}259} = 3{,}0684258\ \Omega.$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{100\ V} - 1} = \frac{10\ \Omega}{1{,}3} = 7{,}6923076\ \Omega.$$

La resistencia de la puesta a tierra R_{AT} será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL} = 3{,}0684258\ \Omega$.

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 3{,}0684258\ \Omega - R_{AL}$.

$R_A = R_{AT} + R_{AL} = 7{,}6923076\ \Omega$.

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 7{,}6923076\ \Omega - R_{AL}$.

El valor de R_{AL} es función de la longitud y sección de la red equipotencial $R_{AL} = R_{AL1} + R_{AL2} + R_{AL3}$, que podremos calcular en función de la longitud y la sección:

$$R_{AL1} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega\ mm^2/m\ \frac{L_1\ (m)}{S_1(mm^2)}.$$

$$R_{AL2} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega\ mm^2/m\ \frac{L_2\ (m)}{S_2(mm^2)}.$$

$$R_{AL3} = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225\ \Omega\ mm^2/m\ \frac{L_3\ (m)}{S_3(mm^2)}.$$

¿Cuál debe ser la estructura de la RAT para no superar los (----) Ω en un terreno de resistividad 150 Ω · m?

En la Tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, encontraremos una serie de alternativas para poder realizar la puesta a tierra:

■ El valor del coeficiente K_r de la tabla será:

$$K_r = \frac{R_{AT}}{\rho} = \frac{(---)\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}0\text{--}.$$

La configuración más próxima es la (-/--), cuyo coeficiente $K_r = 0.0$--.

■ ¿Cuántas configuraciones necesitamos para lograr un coeficiente próximo a $K_r = 0{,}0$---?:

$$N.^o\ (configuraciones) = \frac{K_{r\ (configuración)}}{K_{r\ (deseado)}} \approx N.$$

■ Esto representa que debemos disponer de una estructura de puesta a tierra determinada por la tabla.
■ La resistencia de esta estructura será:

$$R_{AT} = \rho \cdot \frac{K_r}{2 \text{ ud.}} = 150\ \Omega/\text{m} \cdot \frac{0{,}0\text{--}}{N} = (\text{-,--})\ \Omega < 7{,}6923076\ \Omega.$$

$$R_{AT} = \rho \cdot \frac{K_r}{2 \text{ ud.}} = 150\ \Omega/\text{m} \cdot \frac{0{,}0\text{--}}{N} = (\text{-,--})\ \Omega < 3{,}0684258\ \Omega.$$

Valor R_A
■ La resistencia R_A al punto más alejado será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL}$.

Si se construye un edificio para ubicar en él una actividad que necesite el consumo de energía eléctrica, es decir, una instalación de un circuito eléctrico, lo adecuado es calcular la puesta a tierra del edificio e instalarla:
■ ***Si esta toma de tierra es útil para la obra se puede utilizar para la misma.***
■ ***Es imprescindible tener en consideración que las puestas a tierra deben superar revisiones periódicas y que se han de calcular con la resistividad del terreno en períodos (meses) de sequía.***
■ ***Es necesario tener en consideración que en el edificio puede existir más de un suministro de BT con fuentes diferentes (centros de transformación o generadores) y más de un sistema de esquema de conexión a tierra ECT. Esto obliga a una previsión de puestas a tierra que no deben tener interferencia unas con las otras, ni entre las de BT ni con las de MT de los posibles CT, ni con las de las descargas atmosféricas.***

La intensidad de fuga será

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ \text{V}}{(\text{---})\ \Omega + 10\ \Omega} = (\text{---})\ \text{A}.$$

El tiempo de desconexión

El tiempo de desconexión será, para los interruptores DDR, función de la relación de la intensidad de fuga y la intensidad de fuga nominal del DDR.
Por construcción a $I_{\Delta n}$ un DDR debe desconectar en menos de 100 ms pero a 5 veces la $I_{\Delta n}$ debe desconectar en 40 ms:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{(\text{---})\ \text{A}}{0{,}03\ \text{A}} = (\text{---})\ \text{veces} > 5\ \text{veces}.$$

$t_{(inst)} \leqslant 40$ ms.

La tensión de contacto será

$U_c = R_A \cdot I_d = (\text{---})$ V.
En el ábaco de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar, en la curva de tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V) y BB2 (25 V), que para una tensión de contacto de (---) V el tiempo máximo de desconexión es de (---) s.
En nuestro caso desconecta en 0,04 s unas (n) veces menos.

¿Cuál es la corriente que circula por el cuerpo humano en contacto con una masa?

La intensidad de fuga se reparte inversamente proporcional a las resistencias en juego, entre el circuito generado por el cuerpo humano y el circuito de puesta a tierra de las masas:

$$\frac{R_h}{R_A} = \frac{I_{dA}}{I_{dh}}.$$

La puesta a tierra del neutro del centro de transformación es igual para los dos ramales.

El caso más desfavorable será cuando la resistencia de contacto a la masa y a tierra del cuerpo humano lo consideramos franco y por tanto de valor 0.

En la Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen, encontraremos la resistencia del cuerpo humano en función de la tensión de contacto, pero la IEC recomienda que podemos considerar 1.000 Ω en términos generales de cálculo:

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = (---)\ \Omega$.

$R_h = 1.000\ \Omega$.

La intensidad a circular por el cuerpo humano será del orden de

$$I_{dh} = \frac{R_A \cdot I_d}{R_h + R_A} = (--)\ A.$$

La intensidad a circular por la puesta a tierra será del orden de

$I_{dA} = I_d - I_{dh} = (---)\ A.$

Los efectos de la I_{dh} sobre el cuerpo humano son:

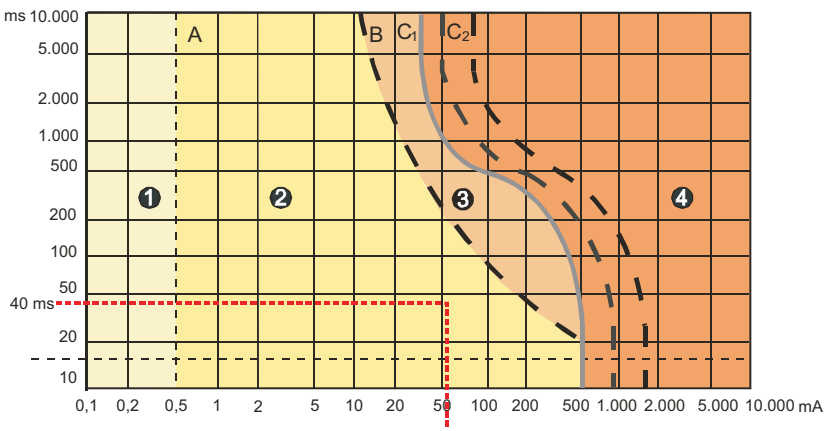


Fig. L6.8-012: *zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas.*

■ Zona 1. Habitualmente ninguna reacción.

■ Zona 2. Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.

■ Zona 3. Normalmente ningún daño orgánico. Perturbaciones irreversibles en la formación y propagación de los impulsos del corazón que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.

■ Zona 4. Fibrilación ventricular probable. Otros efectos patofisiológicos, tales como quemaduras graves, se prevén en la mayoría de los efectos de la zona 3, que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.

Debemos dimensionar para que la relación intensidad a circular por el cuerpo humano y el tiempo de duración quede en zona 2 como máximo.

La protección contra los choques eléctricos, a lo largo de la red, debe adecuarse a la necesidad de protección y a una selectividad adecuada para mantener un grado elevado de disponibilidad.
El interruptor DDR aguas arriba lo retardaremos en 60 ms para mantener una selectividad, pero también debe quedar situado en la zona 2.
Normalmente podemos disponer de tres niveles de protección y consecuentemente de selectividad:
■ Niveles de intensidad de fuga: 1.º 30 mA, 2.º 300 mA y 3.º 500 mA.
■ Niveles de tiempo de desconexión: 1.º 40 ms, 2.º 100 ms y 3.º 160 ms.
Con estas regulaciones es fácil dimensionar los circuitos equipotenciales de puesta a tierra (PE), para entrar a niveles de protección correspondientes a la zona 2.ª.

Las medidas de protección contra los efectos térmicos

■ La regla general a cumplir contra los efectos térmicos establece que las personas, los animales domésticos, los materiales, los objetos próximos a los materiales y el entorno no deben estar sometidos a temperaturas que puedan destruirlos o lesionar sus características normales. Las posibles manifestaciones térmicas, por conducción, radiación o convección deben ser aisladas por materiales resistentes y no accesibles a las personas, animales domésticos, materiales no resistentes, a los objetos próximos y al entorno.
■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ Las líneas en interiores deberán dimensionarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen.
■ Los cuadros eléctricos se deberán dimensionar de conformidad al apartado 6. “Los cuadros eléctricos”, página F/109 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ En el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.
■ Consideraciones específicas a tener en consideración sobre las posibles cargas:
□ Un motor accionado automáticamente o a distancia, y que no está supervisado de forma permanente, debe estar equipado con un dispositivo de protección contra las temperaturas excesivas con rearme manual.
□ Los equipos de iluminación tales como lámparas de incandescencia, luz concentrada y pequeños proyectores, y otros equipos o aparatos cuyas temperaturas de superficie son elevadas, deben disponer de una protección apropiada y estar instalados y situados conforme a sus normas. Estos equipos deben estar instalados lejos de cualquier materia combustible de forma que se impida cualquier contacto.

Las medidas de protección contra las sobreintensidades

Debemos atender:
■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen, y 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.

■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen, y 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.
Las líneas de interiores:
■ Las líneas en interiores deberán dimensionarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen.
■ En el apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.
Para poder seguir un ejemplo detallado de un proceso de cálculo, ver el apartado 6.4.4. “La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales”, página L/836 de este Volumen.

Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias

Apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, página H1/157 del 2.º Volumen.
Trataremos el tema desde las dos vertientes de las fuentes de generación de las sobretensiones:
■ Atmosféricas.
■ De red.

Las sobretensiones atmosféricas en obras

Debemos efectuar una instalación que sea capaz de derivar las descargas de las cargas atmosféricas, procurando controlar el camino a tierra.
Este camino puede ser facilitado por una instalación con la intención de alejar las descargas atmosféricas de las instalaciones domésticas y las personas.
Debemos distinguir diferentes situaciones en función del nivel de la obra y los utensilios con respecto a tierra.

Una excavación o trabajos a nivel del suelo

■ Nos podemos encontrar que esté situado dentro del perímetro de una ciudad con edificios colindantes con pararrayos instalados. Entonces debemos considerar la posibilidad de covertura de los pararrayos existentes.
■ Nos podemos encontrar que la situación de la obra sea a campo libre. Entonces puede suceder que:
□ Las partes más altas serán los postes de soporte del alumbrado y la distribución.
□ Deberemos colocar los pararrayos en los postes y cable de guarda sobre la red de BT.
■ Los tramos de conductor de unión del pararrayos a tierra, los dos metros próximos al suelo y el primer metro clavado en el mismo, deberán protegerse del contacto fortuito de personas y animales domésticos, para evitar posibles contactos y el efecto de tensión de paso.
■ La puesta a tierra del pararrayos situado en el poste contiguo a un generador móvil deberá distanciarse como mínimo unos 15 m de la puesta a tierra del generador.
■ El pararrayos cubre un volumen formado por una generatriz a 45º. Por tanto en función de la altura deberemos considerar el número de pararrayos para cubrir la zona deseada.

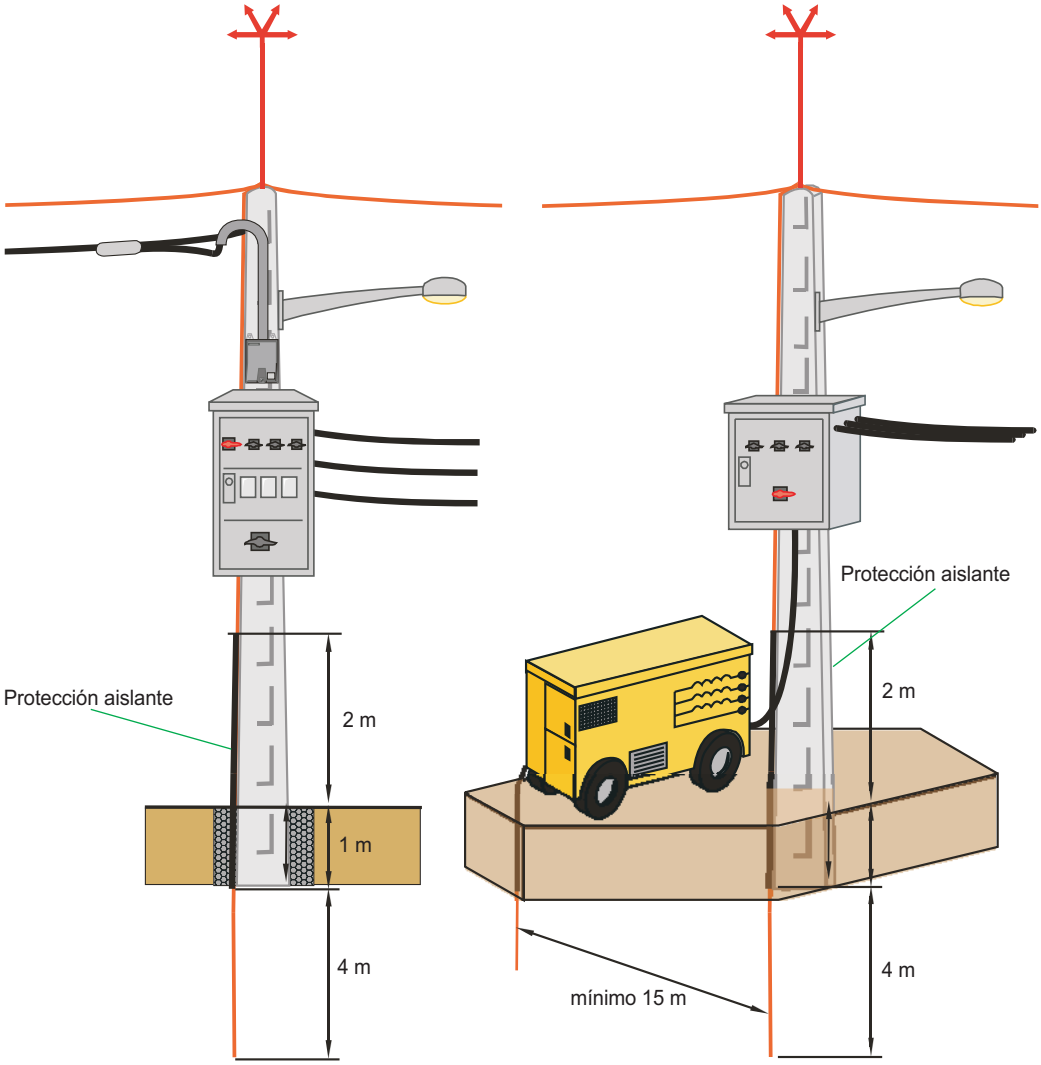


Fig. L6.8-013: *cable de guarda y pararrayos en los postes de suministro.*

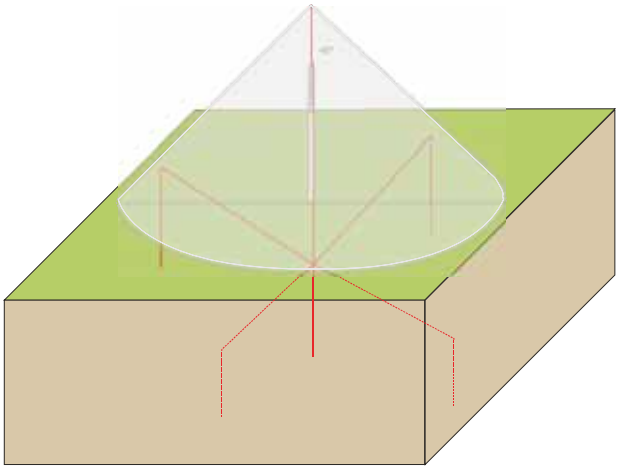


Fig. L6.8-014: *cono de protección de un pararrayos.*

Una obra de media altura

■ Nos podemos encontrar en las mismas condiciones de que la parte más alta sean los postes de la red de distribución. La solución será la misma que la anterior.

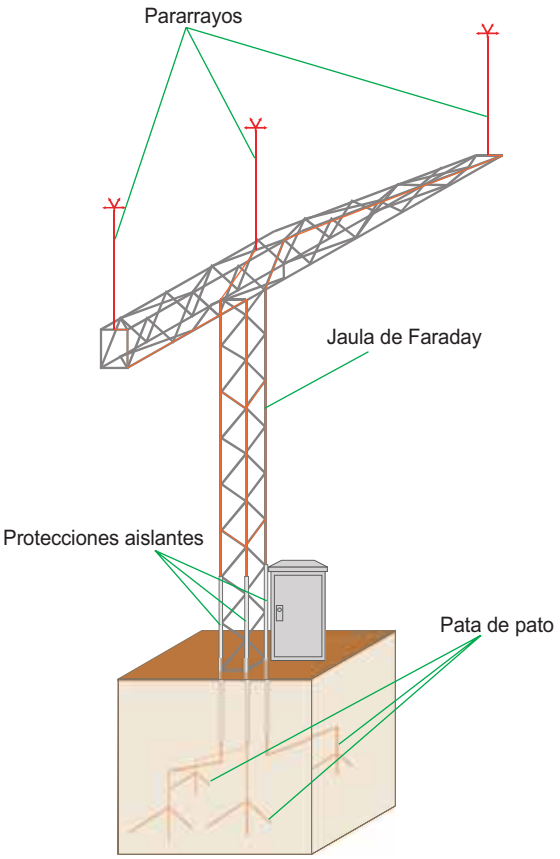


Fig. L6.8-015: *pararrayos en una grúa para obras.*

■ Que la parte más alta sea una grúa entonces debemos considerar el volumen que el cono del pararrayos protege.
Las grúas generalmente son de estructura metálica y capaces de conducir un rayo. Los deterioros en la propia estructura que puede causar el paso de un rayo por ella y sus conscuencias son imprevisibles. Esta imprevisión puede afectar a la seguridad de las personas, animales domésticos y bienes. Consecuentemente debemos proteger la estructura generando caminos mejores, para la descarga del rayo, que la propia estructura. La mejor solución encontrada es la Jaula de Faraday (ver el apartado “La caja mallada o de Faraday”, página H1/168 del 2.º Volumen).

Una obra de gran altura

La obra va elevándose a medida que avanza la construcción, debemos considerar dos fases:
■ 1.ª - Que la altura del edificio no supere la de la grúa. Entonces estamos en la misma situación que la anterior.
■ 2.ª - Que la altura del edificio supere la grúa y se vaya elevando por medio de montacargas. Entonces deberemos instalar los pararrayos a medida que elevemos las plantas.

Interferencias en las puestas a tierra

En el espacio de una obra pueden coincidir las tomas de tierra de los pararrayos (AT), las tomas de tierra de los posibles centros de transformación, en los que se pueden derivar fugas de (MT) y las puestas a tierra de las masas (BT). Estas puestas a tierra deben mantener las distancias suficientes para que no puedan crearse interferencias peligrosas entre ellas. Ver apartado "Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra", página F/101 del 1.er Volumen.

No es fácil realizar inversiones en protecciones y no disponemos de datos que validen su ejecución. La posibilidad de la protección de las personas es suficiente, pero los riesgos de seguridad cada día se incrementan al utilizar circuitos de corriente débil en los procesos y en el control de la seguridad.

Las medidas de protección contra las influencias de la CEM

Nos debemos atener al apartado 5. "Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)", página H1/197 del 2.º Volumen.

Las medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando

Nos debemos atener al apartado 7. "Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando", página H1/207 del 2.º Volumen.

ITC-BT-34

6.8.2. Instalaciones eléctricas en exposiciones y stands

Campo de aplicación

Las instalaciones eléctricas temporales en exposiciones, espectáculos temporales, de ferias, stands, verbenas, alumbrados festivos...
No se aplica a las instalaciones eléctricas fijas, que pudieran haber en los edificios donde se pueden ubicar estas actividades temporales.

Conceptos

- **Exposición:** evento destinado a la presentación y/o venta de productos, etc., que puede tener lugar en cualquier emplazamiento conveniente, ya sea una sala, un edificio, una estructura temporal o bien en el exterior.
- **Espectáculo:** presentación o manifestación en cualquier emplazamiento adecuado, bien sea una sala, un edificio, una estructura temporal o al exterior.
- **Muestra:** es una presentación o espectáculo realizado en cualquier emplazamiento apropiado ya sea una estancia, edificio, estructura temporal o al aire libre.
- **Stand:** área o estructura temporal, utilizada para presentaciones, publicidad, venta, juegos, etc.
- **Parque de atracciones:** es un lugar o área en el que se incluyen tiovivos, barracas de feria, casetas, atracciones, etc., que tienen la finalidad específica de la diversión del público.
- **Estructura temporal:** unidad o parte de una unidad que incluye elementos portátiles móviles, situada en el interior o en el exterior, diseñada y destinada a ser montada y desmontada.
- **Instalación eléctrica temporal:** instalación eléctrica instalada y desmontada al mismo tiempo que el stand o la exposición a la que está asociada.
- **Origen de la instalación eléctrica temporal:** punto de la instalación permanente o de cualquier fuente de alimentación a partir del cual es suministrada la energía eléctrica para el uso temporal.

Clasificación de las influencias externas

Las influencias ambientales quedan definidas en la Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen.

Tendremos dos tipos de instalaciones eléctricas básicamente diferenciadas:
■ Las instalaciones en el interior de edificios.
■ Las instalaciones al aire libre.
Podemos disponer de otra clasificación que nos permita efectuar instalaciones eléctricas distintas:
■ En lugares excepcionales.
■ En lugares repetitivos.
Es obvio que en las instalaciones en interiores, normalmente nos referimos a lugares en que existen diversas actuaciones temporales (montables y desmontables) de formas más o menos periódicas.
En las instalaciones al aire libre puede suceder que los acontencimientos sean esporádicos o con una cierta periodicidad. Por ejemplo un recinto ferial de una población, la instalación de alumbrado navideño, la instalación especial de festejos..., todos ellos pueden tener un carácter repetitivo.

Protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos
(Ver "La protección contra los choques eléctricos", página G/31 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra los efectos térmicos
(Ver apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1/27 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra las sobreintensidades
(Ver apartado 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra las sobretensiones
(Ver apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas CEM
(Ver apartado 5. "Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)", página H1/197 del 2.º Volumen, y 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética (CEM)", página F/264 del 1.er Volumen.)

Medidas de protección contra las bajadas de tensión
(Ver apartado 6. "Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión", página H1/205 del 2.º Volumen.)

Medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando
(Ver apartado 7. "Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando", página H1/207 del 2.º Volumen.)

Las medidas de protección contra los choques eléctricos

No se admiten medidas de protección contra contactos directos:
■ Por medio de la colocación de obstáculos.
■ Por medio de la situación fuera del alcance.
No se admiten medidas de protección contra los contactos indirectos por:
■ Situación en medios no conductores.
■ Uniones equipotenciales sin puesta a tierra.

La norma UNE 20460-7-711 de 2003 y la ITC-BT-34 del REBT de 2002, establece la protección de los circuitos por corte automático de la alimentación con DDR, de como máximo una corriente nominal de fuga de 30 mA. Tanto la norma que solicita que los conductores de protección PE de la red equipotencial de las masas sea de 4 mm^2 en cobre, o la ITC-BT-34 que nos remite al apartado 2.3. de la ITC-BT-19, que especifica condiciones equivalentes a la norma, no son suficientes.

Nuestro Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-34, apartado 3.1. "Protección contra contactos directos e indirectos", expone textualmente:

> Cualquiera que sea el esquema de distribución utilizado, la protección de las instalaciones de los equipos eléctricos accesibles al público **debe asegurarse mediante** dispositivos diferenciales de corriente diferencial residual asignada máxima de 30 mA.

La condición de asegurar implica la especificación de una tasa de fallo, tal como especificamos en el capítulo K del 4.º Volumen.

La tasa de fallo de un DDR es muy baja, existe una gran fiabilidad.

¿Pero es suficiente para nuestros intereses de protección?

Un interruptor DDR, por sí solo puede desconectar en una zona 3 (ver Fig. G1-011, página G/38 del 2.º Volumen).

Zona 3. Normalmente ningún daño orgánico. Perturbaciones reversibles en la formación y la propagación de los impulsos del corazón que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.

La UNE 20460-7-711 especifica que las líneas de alimentación de los puntos de conexión estén protegidas con interruptores DDR de 300 mA, y la ITC-BT-34 que no superen los 500 mA.

Esta especificación nos sitúa en una redundancia en serie, un DDR de 30 mA y otro de 300 mA o 500 mA aguas arriba.

En España acostumbramos a distribuir con ECT-TT, con esquemas de conexión a tierra de régimen TT.

Si complementamos las protecciones diferenciales de los DDR instalados en serie con una adecuada red equipotencial con puesta a tierra, dispondremos de una instalación con seguridad suficiente.

En los apartados 3.2. "Protección por corte automático de la alimentación", página G/59, 4. "Instalación en régimen TT", página G/81, y "Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de la red de alumbrado público", página G/244 del 2.º Volumen; y en el apartado "Cálculo de las protecciones", página L/1731 de este Volumen, encontraremos las referencias suficientes para realizar los cálculos pertinentes.

En realidad tendremos unas masas conectadas, a través de una red equipotencial, a tierra y la posibilidad de que exista una corriente de fuga y que una persona esté en contacto con una masa, y derive parte de esta corriente de fuga a través de su cuerpo a tierra.

La importancia para el cuerpo humano es ¿qué intensidad de la corriente de fuga y cuánto tiempo puede circular por su cuerpo?, antes que la protección por corte de la alimentación actúe y elimine el suministro de fluido al circuito afectado.

Régimen TT

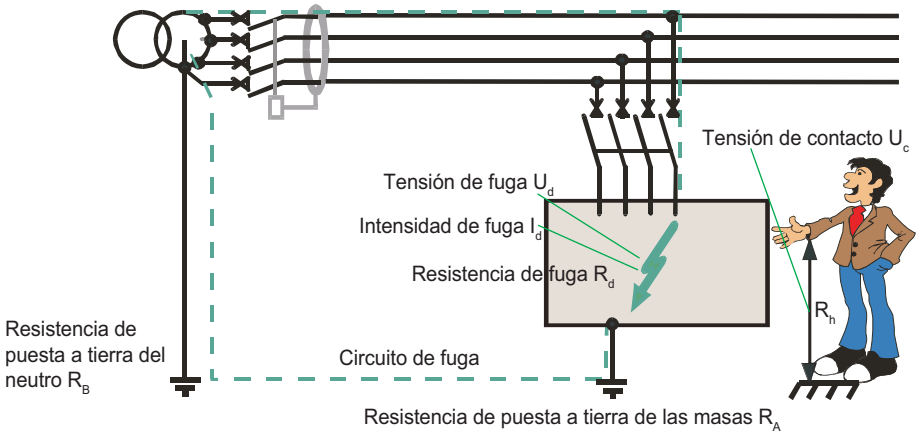


Fig. L6.8-016: *esquema de fuga régimen TT.*

En realidad lo que debemos lograr es que la intensidad que pueda circular por el cuerpo humano I_{dh} y el tiempo que dure no produzca ningún daño irreversible a la persona.
Esto dependerá de:
- La sensibilidad de los DDR $I_{\Delta n}$.
- El tiempo de desconexión del DDR a la intensidad de fuga I_d.
- La resistencia de la red equipotencial R_{AL}.
- La resistencia de la puesta a tierra R_{AT}.
- La resistencia del cuerpo humano en función de su situación ambiental R_h.
- La resistencia de puesta a tierra del transformador R_B.

Una buena combinación de los valores de estos parámetros nos permite mantener una protección adecuada al cuerpo humano.

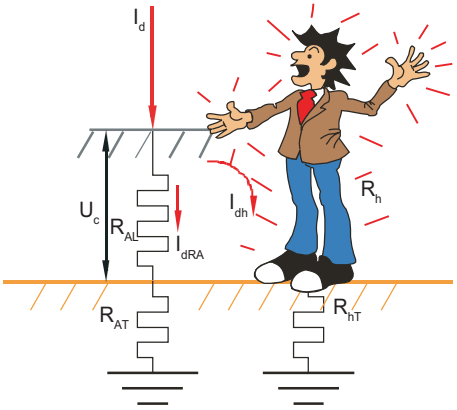


Fig. L6.8-017: *reparto de la corriente de fuga, al contacto de una persona a una masa con fuga.*

Si por reglamentación debemos situar interruptores diferenciales DDR de 30 mA aguas abajo y DDR de 300 mA o 500 mA aguas arriba y con una selectividad con respecto al DDR de 30 mA aguas abajo. Para obtener una selectividad efectiva, amperimétrica y cronométrica, deberemos dotar al interruptor DDR aguas arriba de un retardo de como mínimo 60 ms.

El circuito eléctrico que dispondremos será

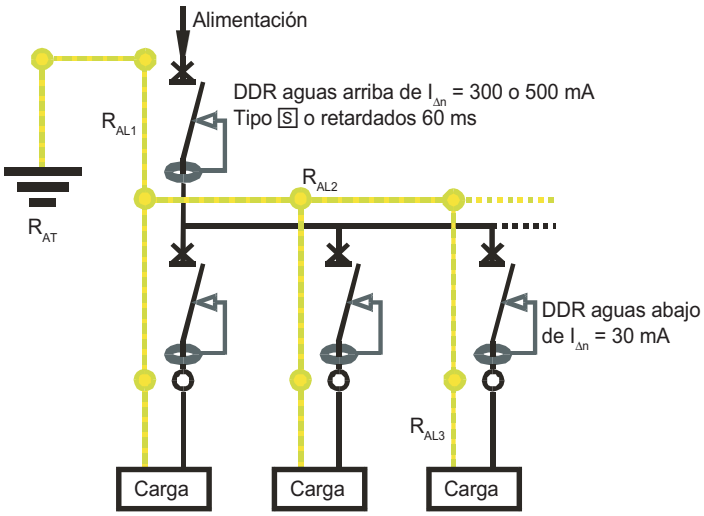


Fig. L6.8-018: *circuito de distribución.*

Si dimensionamos la resistencia del circuito equipotencial:
R_{AL3}: del punto de alimentación del utilizador hasta la masa más alejada, con conductor de 2,5 o 4 mm^2 en Cu.
R_{AL2}: desde la salida del DDR aguas arriba hasta el DDR aguas abajo.
R_{AL1}: desde el borne principal de tierra hasta el DDR considerado aguas arriba.
R_{AT}: la resistencia de puesta a tierra de las masas.
R_A: la resistencia total de puesta a tierra de las masas.

El proceso de cálculo será

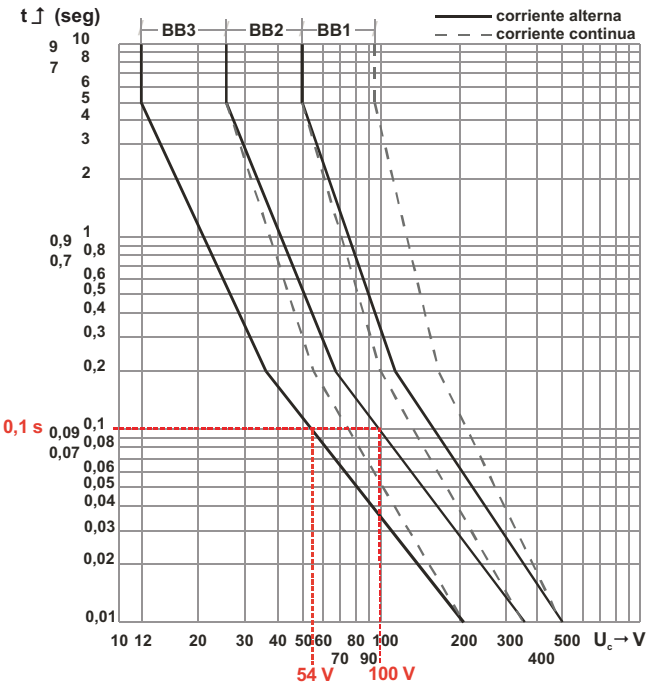
La tensión de contacto U_c

La tensión de contacto máxima, aceptada, es función de la situación del cuerpo humano en el momento de contacto y del tiempo de desconexión:
■ Situación ambiental del cuerpo humano.
La Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen nos indica:

BB	Resistencia eléctrica del cuerpo humano	
BB1	Seco	Tensión de contacto 50 V
BB2	Húmedo	Tensión de contacto 25 V
BB3	Mojado	Tensión de contacto 12 V

□ En las instalaciones interiores con todos los servicios propios de la estructura de un edificio de pública concurrencia, podemos considerar que el cuerpo humano está seco (BB1).
□ En instalaciones exteriores el cuerpo humano puede estar en tres situaciones, en función de la climatología. El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en una situación similar como el alumbrado exterior, de la ITC-BT-09 considera la tensión de contacto de 25 V, por tanto una situación BB2 húmedo. No es la situación máxima de mojado que se considera en instalaciones con agua, baños, piscinas, fuentes...
También debemos considerar que en una instalación de pública concurrencia existirán sanitario portátiles. Si estos sanitarios solamente disponen de taza y lavabo la consideración de húmedo es adecuado, pero si existen duchas deberemos considerar una situación de mojado (BB3).

■ Tiempo de duración de la tensión de contacto.
La tensión de contacto quedará limitada al tiempo de desconexión del DDR. Los DDR instantáneos desconectan por construcción en menos de 0,1 s.
Para poder iniciar el cálculo nos basamos en el ábaco de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen.



En el ábaco podemos observar que la U_c será 54 V en BB3 y 100 V en BB2.
■ La tensión de contacto U_c es función de la R_A e I_d (intensidad de fuga):

$U_c = I_d \cdot R_A = 54$ V.

$U_c = I_d \cdot R_A = 100$ V.

■ La intensidad de fuga es función de la tensión de fuga máxima (fase-masa) U_0, de la resistencia de puesta a tierra del neutro del transformador y de la resistencia de puesta a tierra de las masas.

La intensidad de fuga será:

■ La tensión de contacto será:

■ La resistencia de puesta a tierra de las masas R_A será:

La resistencia de la puesta a tierra R_{AT} será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL} = 3{,}0684258\ \Omega$.

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 3{,}0684258\ \Omega - R_{AL}$.

$R_A = R_{AT} + R_{AL} = 7{,}6923076\ \Omega$.

$R_{AT} = R_A - R_{AL} = 7{,}6923076\ \Omega - R_{AL}$.

El valor de R_{AL} es función de la longitud y sección de la red equipotencial $R_{AL} = R_{AL1} + R_{AL2} + R_{AL3}$, que podremos calcular en función de la longitud y la sección:

¿Cuál debe ser la estructura de la RAT para no superar los (----) Ω en un terreno de resistividad 150 Ω · m?

En la Tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, encontraremos una serie de alternativas para poder realizar la puesta a tierra:

■ El valor del coeficiente K_r de la tabla será:

La configuración más próxima es la (-/--), cuyo coeficiente $K_r = 0.0$--.

■ ¿Cuántas configuraciones necesitamos para lograr un coeficiente próximo a $K_r = 0{,}0$---?:

■ Esto representa que debemos disponer de una estructura de puesta a tierra determinada por la tabla.

■ La resistencia de esta estructura será:

Valor R_A

■ La resistencia R_A al punto más alejado será:

$R_A = R_{AT} + R_{AL}$.

La intensidad de fuga será

El tiempo de desconexión

El tiempo de desconexión será, para los interruptores DDR, función de la relación de la intensidad de fuga y la intensidad de fuga nominal del DDR.

Por construcción a $I_{\Delta n}$ un DDR debe desconectar en menos de 100 ms pero a 5 veces la $I_{\Delta n}$ debe desconectar en 40 ms:

La tensión de contacto será
$U_c = R_A \cdot I_d$ = (---) V.
En el ábaco de la Fig. G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar, en la curva de tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V) y BB2 (25 V), que para una tensión de contacto de (---) V el tiempo máximo de desconexión es de (---) s.
En nuestro caso desconecta en 0,04 s unas (n) veces menos.

¿Cuál es la corriente que circula por el cuerpo humano en contacto con una masa?
La intensidad de fuga se reparte inversamente proporcional a las resistencias en juego, entre el circuito generado por el cuerpo humano y el circuito de puesta a tierra de las masas:

La puesta a tierra del neutro del centro de transformación es igual para los dos ramales.
El caso más desfavorable será cuando la resistencia de contacto a la masa y a tierra del cuerpo humano lo consideramos franco y por tanto de valor 0.
En la Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen, encontraremos la resistencia del cuerpo humano en función de la tensión de contacto, pero la IEC recomienda considerar 1.000 Ω en términos generales de cálculo:
$R_{AT} = R_A - R_{AL}$ = (---) Ω.
R_h = 1.000 Ω.

La intensidad a circular por el cuerpo humano será del orden de

La intensidad a circular por la puesta a tierra será del orden de
$I_{dA} = I_d - I_{dh}$ = (---) A.

Los efectos de la I_{dh} sobre el cuerpo humano son:

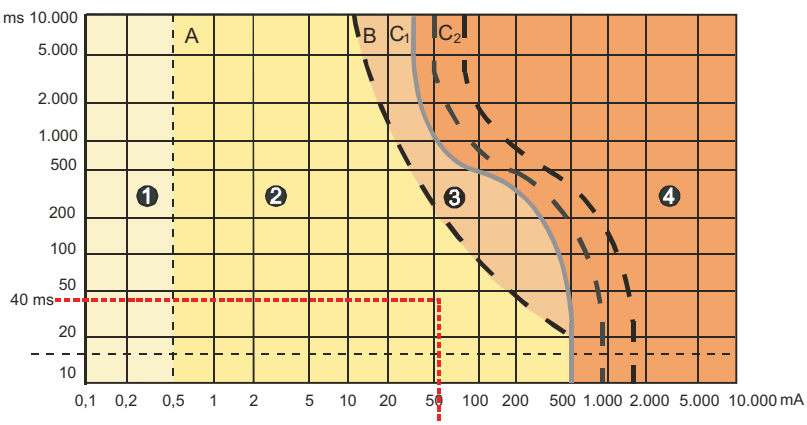


Fig. L6.8-019: *zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas.*

■ Zona 1. Habitualmente ninguna reacción.
■ Zona 2. Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.
■ Zona 3. Normalmente ningún daño orgánico. Perturbaciones irreversibles en la formación y propagación de los impulsos del corazón que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
■ Zona 4. Fibrilación ventricular probable. Otros efectos patofisiológicos, tales como quemaduras graves, se prevén en la mayoría de los efectos de la zona 3, que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.
Debemos dimensionar para que la relación intensidad a circular por el cuerpo humano y el tiempo de duración quede en zona 2 como máximo.
La protección contra los choques eléctricos, a lo largo de la red, debe adecuarse a la necesidad de protección y a una selectividad adecuada para mantener un grado elevado de disponibilidad.
El interruptor diferencial DDR aguas arriba lo retardaremos en 60 ms para mantener una selectividad, pero también debe quedar situado en la zona 2.

Las medidas de protección contra los efectos térmicos

■ La regla general a cumplir contra los efectos térmicos establece que las personas, los animales domésticos, los materiales, los objetos próximos a los materiales y el entorno no deben estar sometidos a temperaturas que puedan destruirlos o lesionar sus características normales. Las posibles manifestaciones térmicas, por conducción, radiación o convección deben ser aisladas por materiales resistentes y no accesibles a las personas, animales domésticos, materiales no resistentes, a los objetos próximos y al entorno.
■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ Las líneas en interiores deberán dimensionarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen.
■ Los cuadros eléctricos se deberán dimensionar de conformidad al apartado 6. “Los cuadros eléctricos”, página F/109 del 1.er Volumen, y el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen.
■ En el apartado 2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página H1/27 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.
■ Independientemente de lo expuesto en estos apartados, también deberemos tener una especial consideración a los requisitos sobre el tema de la ITC-BT-34:
□ 4. Protección contra el fuego (ver página L/1821).
□ 5. Protección contra altas temperaturas (ver página L/1821).
■ Consideraciones específicas a tener en cuenta sobre las posibles cargas:
□ Un motor accionado automáticamente o a distancia, y que no está supervisado de forma permanente, debe estar equipado con un dispositivo de protección contra las temperaturas excesivas con rearme manual.
□ Los equipos de iluminación tales como: lámparas de incandescencia, luz concentrada y pequeños proyectores, y otros equipos o aparatos cuyas temperaturas de superficie son elevadas, deben disponer de una protección apropiada, y estar instalados y situados conforme a sus normas. Estos equipos deben estar instalados lejos de cualquier materia combustible de forma que se impida cualquier contacto.

□ Las vitrinas iluminadas y los paneles de fijación de carteles deben estar construidos de forma que presenten una adecuada resistencia al calor, a los esfuerzos mecánicos, un aislamiento eléctrico y una ventilación apropiada, teniendo en cuenta la combustibilidad de los objetos expuestos al calor radiado por la iluminación.
□ La instalación de stands que incluyen una concentración de materiales eléctricos, de alumbrado o de lámparas que pueden emitir un calor excesivo, no debe realizarse a menos que dispongan de ventilación adecuada, como por ejemplo techos convenientemente ventilados realizados a base de materiales incombustibles.
□ En todos los casos deben seguirse las instrucciones de los fabricantes.

Las medidas de protección contra las sobreintensidades

Debemos atender:
■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. "Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados", página F/169 del 1.er Volumen, y 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen.
■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. "Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías", página F/189 del 1.er Volumen, y 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen.
Las líneas de interiores:
■ Las líneas en interiores deberán dimensionarse de conformidad al apartado 7.2. "Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras", página F/214 del 1.er Volumen.
■ En el apartado 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.
Para poder seguir un ejemplo detallado de un proceso de cálculo, ver el apartado 6.4.4. "La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales", página L/836 de este Volumen.

Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias

Apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 del 2.º Volumen.
Trataremos el tema desde las dos vertientes de las fuentes de generación de las sobretensiones:
■ Atmosféricas.
■ De red.

Las sobretensiones atmosféricas en instalaciones de feria y stands

Debemos efectuar una instalación que sea capaz de derivar las descargas de las cargas atmosféricas procurando encauzar y controlar el camino a tierra.
Este camino puede ser provocado por una instalación con la intención de alejar las descargas atmosféricas de las instalaciones domésticas.
Debemos distinguir diferentes situaciones:
■ Stands o ferias situadas dentro de edificaciones permanentes. En las que las protecciones contra las sobretensiones serán instalaciones permanentes y...
■ Stands o ferias situadas al aire libre con instalaciones permanentes, las cuales ya poseen las protecciones contra las sobreintensidades transitorias o...
■ Stands o ferias situadas al aire libre con instalaciones temporales ejecutadas para el fin y retiradas al finalizar la temporada.

■ Las instalaciones ornamentales de calles y edificios se sitúan en zonas donde las instalaciones contra descargas atmosféricas deberían estar cubiertas por los edificios colindantes. Sólo deberemos tener en consideración las protecciones para las posibles sobretensiones inducidas a la red.

Las medidas de protección contra las influencias de la CEM

Nos debemos atener al apartado 5. “Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)”, página H1/197 del 2.º Volumen.

Las medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando

Nos debemos atener al apartado 7. “Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando”, página H1/207 del 2.º Volumen.

Instalaciones en recintos feriales

En este tratado de instalaciones eléctricas en exposiciones y stands abarcamos solamente la instalación desde el punto de conexión. Las instalaciones de suministro quedan sujetas en las instalaciones de pública concurrencia ITC-BT-28.

¿Cuáles son las prestaciones del suministro a los stands o atracciones?

Como recintos de pública concurrencia deberemos considerar las instrucciones de la ITC-BT-28.

No podemos olvidar que el stand o atracción forma parte de un recinto de pública concurrencia y como tal debe cumplir los requisitos específicos de la pública concurrencia.

La seguridad en el suministro eléctrico lo debe cumplir la alimentación del recinto y la distribución del mismo hasta el punto de conexión del stand o atracción.

Los circuitos de seguridad deben ser una prolongación de los generales en el espacio del stand o atracción. Independientemente de que el estand o atracción sea una área importante o insignificante del edificio.

Por tanto deberemos disponer como mínimo de los siguientes circuitos:

■ La instalación de distribución de energía.

■ La instalación del alumbrado general. Con la variante de que un tercio del suministro esté asegurado por otra línea.

■ Alumbrado de emergencia. Debe poder suministrar energía durante una hora al fallo del alumbrado general.

Si el alumbrado de orientación de un tercio del alumbrado total se alimenta a través de un sistema de alimentación ininterrumpido SAI durante una hora, cumple las cualidades correspondientes del alumbrado antipánico.

La instalación puede seguir suministrando potencia a los puntos luz de sañalización a través de un sistema de alimentación ininterrumpida SAI o simplemente para puntos luz autónomos, a través del suministro de una señal de activación y la posibilidad de recarga desde la red de alumbrado general.

El punto de alimentación del stand o atracción

■ Suministro de potencia.

■ Suministro de alumbrado general:

□ Red de alumbrado general.

□ Red de un tercio del alumbrado.

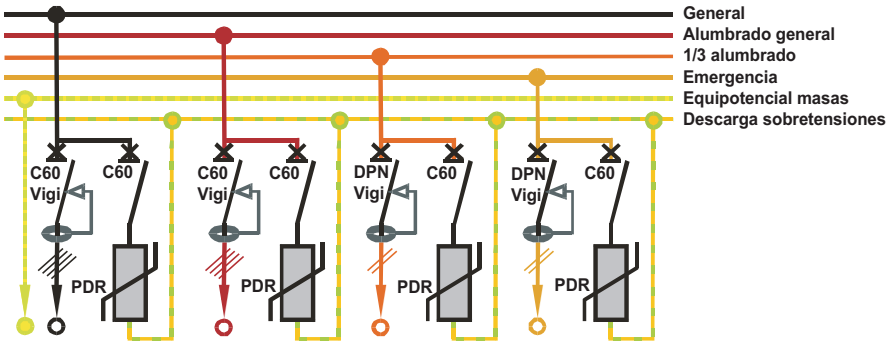
■ Suministro de alumbrado de emergencia.

■ Borne del circuito equipotencial de las masas.

■ Borne del circuito de descarga de las sobretensiones.

El sistema de contratación puede ser a contrato global o a consumo real. La diferencia será la opción de contaje.

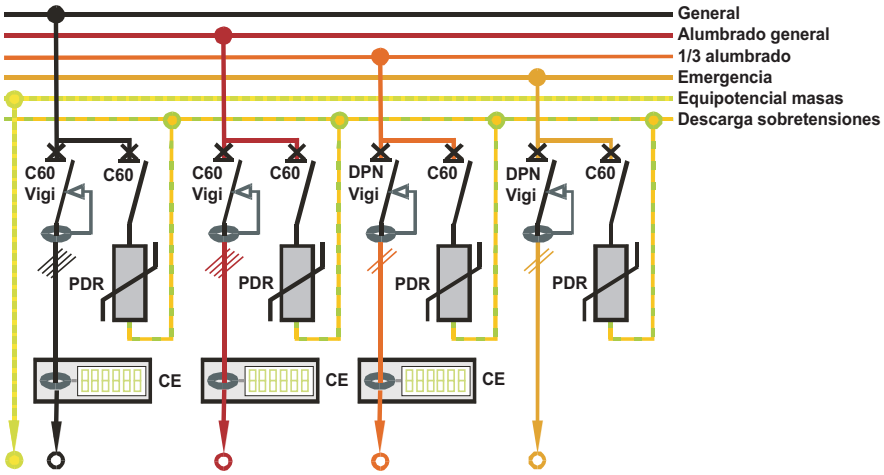
Circuito del punto de suministro a contrato global



Borne red equipotencial de las masas | Alimentación general | Alumbrado general | 1/3 del alumbrado general | Alumbrado de emergencia

Fig. L6.8-020: *esquema del punto de conexión sin contaje.*

Circuito de suministro a consumo real



Borne red equipotencial de las masas | Alimentación general | Alumbrado general | 1/3 del alumbrado general | Alumbrado de emergencia

Fig. L6.8-021: *esquema del punto de conexión con contaje.*

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, según UNE-EN 60898. Curva C.
- Protección diferencial acoplable a un C60, según UNE-EN 61009. $I_{\Delta n}$ = 30 mA instantáneo.
- Interruptor automático diferencial DPN N Vigi, superinmunizado, según UNE-EN 61009. Curva C, $I_{\Delta n}$ = 30 mA instantáneo.
- Limitadores de sobretensiones transitorias PRD, según IEC 61643-11 clase II test.
- Contador de energía CE o CEr, de clase II.
- Kaedra Box de doble aislamiento, IP65, IK09.

Distribución en interiores

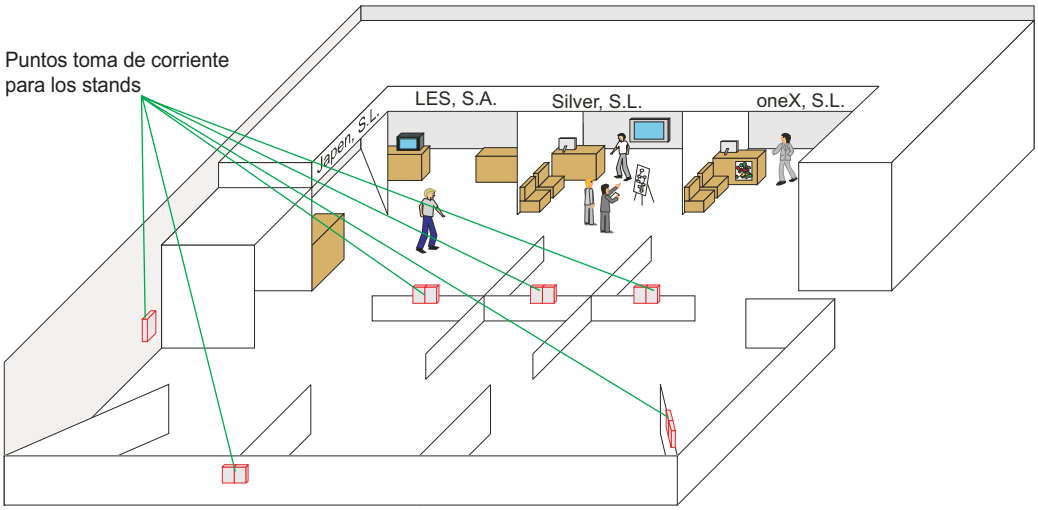


Fig. L6.8-022: *distribución de los puntos de conexión en interiores.*

Las canalizaciones

Canalizaciones prefabricadas

Tanto si se trata de edificios fijos o instalaciones bajo tejado desmontables, la distribución puede realizarse con canalizaciones prefabricadas.

Canalizaciones con conductores

■ Las canalizaciones deben proteger a los conductores de los posibles impactos propios de la actividad del entorno. Debe tenerse especial atención en los momentos de montaje y desmontaje.

■ Los cables armados con protección mecánica deben utilizarse en cualquier parte donde exista la posibilidad de un impacto.

■ Las almas de los conductores deben ser de cobre y tener una sección mínima de 1,5 mm^2, y los cables deben ser conformes con la UNE 21027 o con la UNE 21031 según el caso.

■ Los cables flexibles no deben estar situados en áreas accesibles al público a menos que estén protegidos contra impactos mecánicos y su longitud no exceda los 2 m.

Las uniones y derivaciones

■ Si se realizan con canalizaciones prefabricadas las derivaciones ya están previstas con elementos estándar del sistema.

ITC-BT-19-2-11 ■ Si se realizan con cables eléctricos, las uniones no deben realizarse sobre los cables, salvo si es necesario para una conexión en un circuito.

ITC-BT-19-2-11 ■ Si se efectúan conexiones, éstas deben realizarse conforme a las normas IEC correspondientes, o instalarse en envolventes que presenten un grado de protección de como mínimo IP4x o IPxxD.

■ Si pueden ser transmitidos esfuerzos sobre bornes, la conexión debe incluir la fijación de los conductores implicados, de forma que las tensiones no afecten a la conexión.

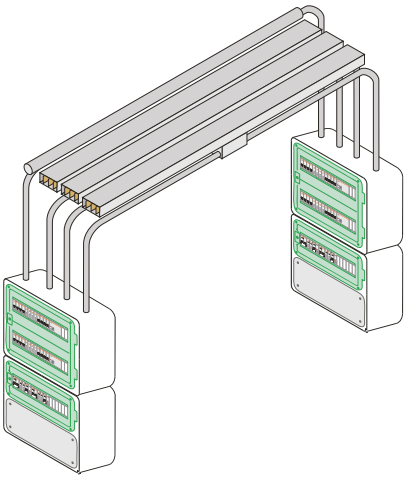


Fig. L6.8-023: *distribución con canalizaciones prefabricadas.*

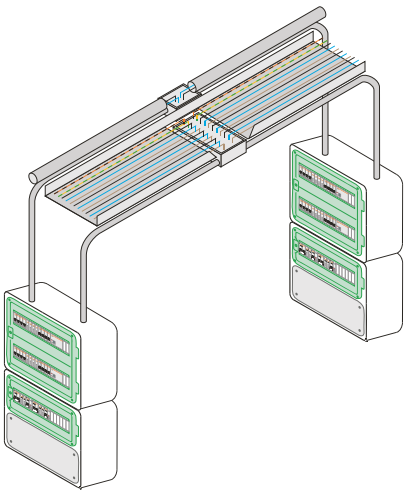


Fig. L6.8-024: *distribución con conductores y canalizaciones.*

Distribución en exteriores

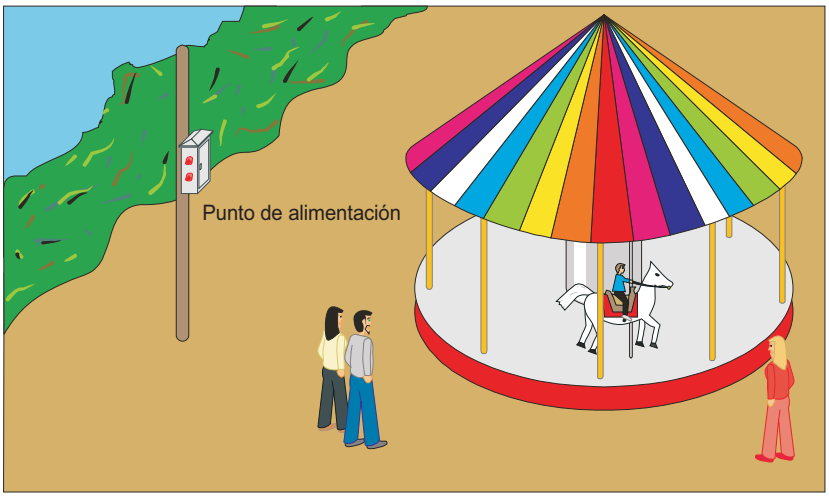


Fig. L6.8-025: *distribución en las ferias al aire libre.*

Las canalizaciones

Canalizaciones prefabricadas

Las canalizaciones prefabricadas estandarizadas para interiores no son adecuadas para la intemperie.

Canalizaciones con conductores

■ Las canalizaciones deben proteger a los conductores de los posibles impactos propios de la actividad del entorno. Debe tenerse especial atención en los momentos de montaje y desmontaje.

■ Los cables armados con protección mecánica deben utilizarse en cualquier parte donde exista la posibilidad de un impacto.

■ Las almas de los conductores deben ser de cobre y tener una sección mínima de 1,5 mm^2, y los cables deben ser conformes con la UNE 21027 o con la UNE 21150 según el caso.

■ Los cables flexibles no deben estar situados en áreas accesibles al público a menos que estén protegidos contra impactos mecánicos y su longitud no exceda los 2 m.

ITC-BT-19-2-11 **Las uniones y derivaciones**

■ Si se efectúan conexiones, éstas deben realizarse conforme a las normas IEC correspondientes, o instalarse en envolventes que presenten un grado de protección de como mínimo IP55 o IP55D.

■ Si pueden ser transmitidos esfuerzos sobre bornes, la conexión debe incluir la fijación de los conductores implicados, de forma que las tensiones no afecten a la conexión.

Ver apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen.

Punto de alimentación

En una distribución aérea la línea de alimentación deberá cumplir los requisitos de las distribuciones aéreas (ver apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen).

La red de distribución de la energía puede coincidir con la de alumbrado público. Al ser una instalación en cielo abierto independientemente de los pararrayos oportunos para la protección de las instalaciones en el terreno, es aconsejable la situación de un cable de guarda para la protección de la derivación, con conexión a tierra, a través de una piqueta en cada poste.

Deberemos distinguir dos tipos de suministros, los de consumos mayores y los de consumos menores:

■ Podemos considerar (por ejemplo):

□ Consumos mayores de 35 a 70 A por fase a 230/400 V, 50 Hz.

□ Consumos menores de 10 a 35 A por fase a 230 V, 50 Hz.

■ Consumos mayores:

□ Partiremos de una CGP aérea de 80 A.

□ Un cuadro Kaedra de IP65 según IEC 60529 e IK09 según UNE-EN 50102 para cada suministro.

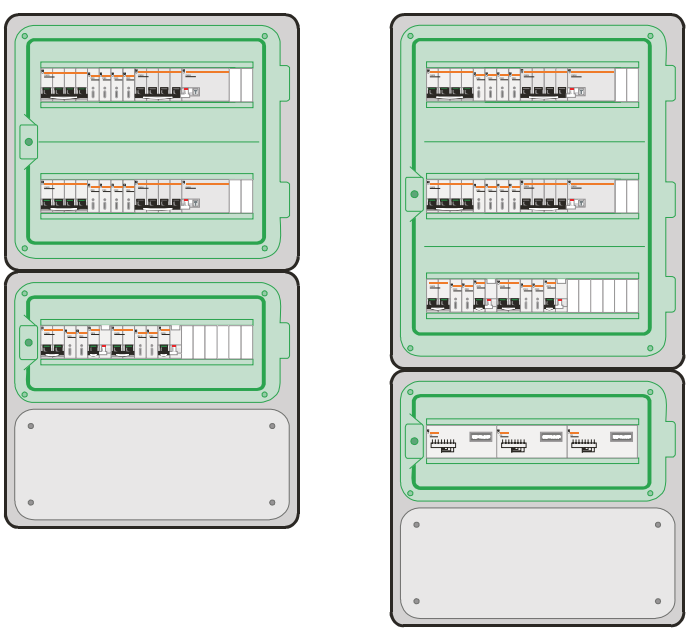


Fig. L6.8-026: *cofrets con la aparamenta para dos puntos de alimentación.*

■ La aparamenta del cuadró será:
□ Un interruptor magnetotérmico C60N 3P+N de 20 A curva C.
□ Un descargador de sobretensiones PRD40 3fP + N.
□ Un interruptor magnetotérmico C60N de 63 A curva C con protección Vigi de 30 mA, para la alimentación de potencia.
□ Un interruptor DPN N Vigi 1P + N de 20 A curva C de 30 mA, para la alimentación de alumbrado.
■ Consumos menores:
□ Partiremos de una CGP aérea de 40 A.
□ Un cuadro Kaedra de IP65 según IEC 60529 e IK09 según UNE-EN 50102 para tres suministros.

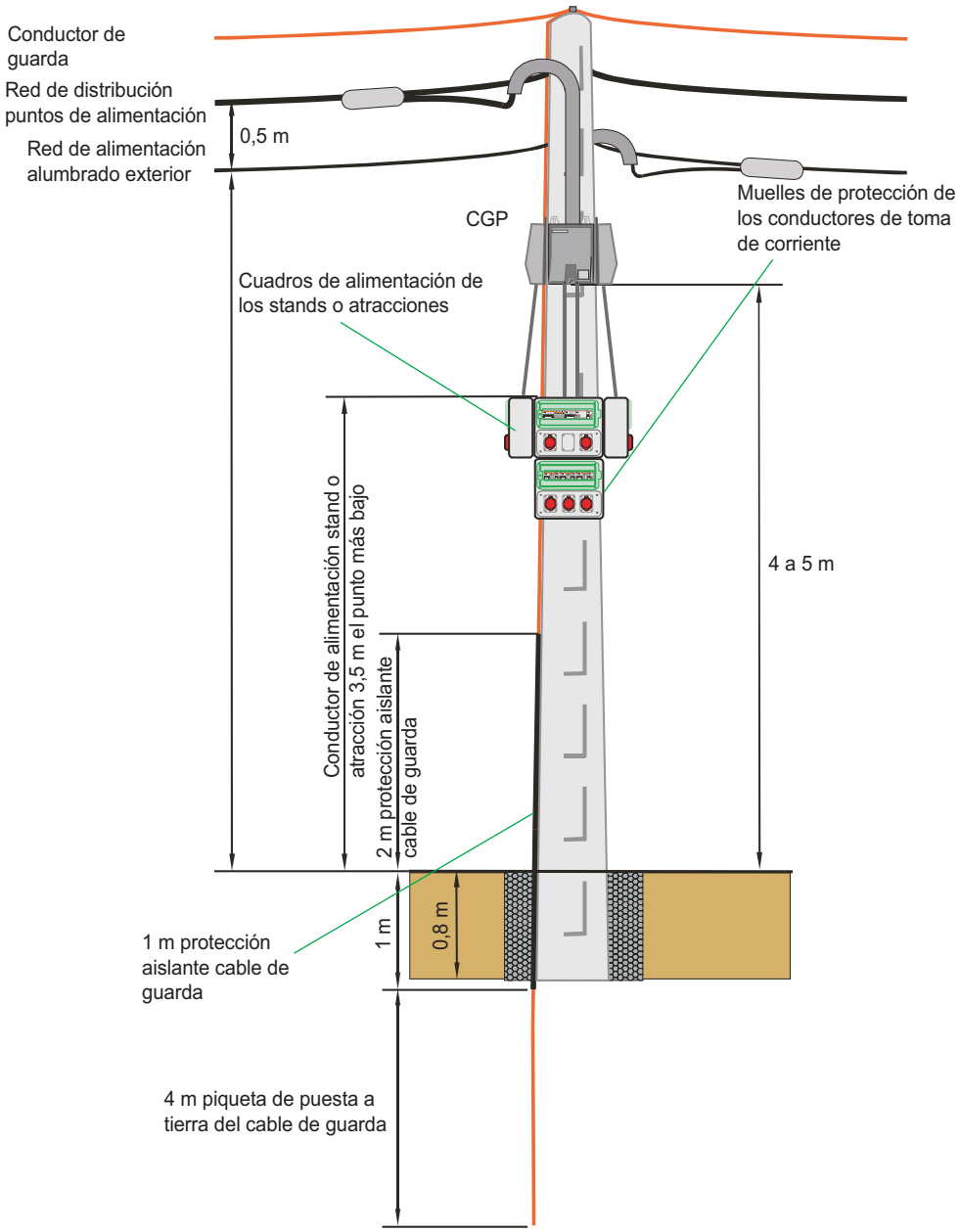


Fig. L6.8-027: *distribución aérea.*

■ La aparamenta del cuadro será:
□ Un interruptor magnetotérmico DPN N 1P+N de 20 A curva C.
□ Un descargador de sobretensiones PRD40 1f + N.
□ Un interruptor DPN N Vigi 1P + N de 20 A curva C de 30 mA, para la alimentación.

El alumbrado

Como zona de pública concurrencia deberá satisfacer las condiciones de alumbrado general y alumbrado de emergencia.

Las luminarias

Las luminarias instaladas a menos de 2,5 m (al alcance de la mano) del suelo, o susceptibles de poder ser tocadas, de forma fortuita, deben estar situadas y fijadas firme y convenientemente. Deben estar protegidas de forma que se impida todo riesgo de lesión para las personas y animales domésticos y de inflamación de los materiales.

Los sistemas de iluminación de MBTS para lámparas de filamento

Los sistemas de alumbrado de MBTS para lámparas de filamento deben cumplir las indicaciones de la norma UNE-EN 60598-2-23. Ver el apartado 2.1. “Medidas de protección contra los contactos directos e indirectos”, página G/41 del 2.º Volumen. En este apartado se exponen los criterios de utilización, finalidad e idoneidad de la utilización de las instalaciones con tensiones de MBT.

Los portalámparas

Los portalámparas con penetración en los bornes con el aislamiento del conductor, sólo se pueden usar si el conductor y el portalámparas están homologados para esta utilización.

Los transformadores y convertidores electrónicos de MBT

Un dispositivo de protección de rearme manual debe proteger el circuito secundario de cada transformador o convertidor electrónico.
Debe tenerse un cuidado especial durante la instalación de los transformadores MBT, los cuales deben ser instalados fuera del alcance del público y deben estar ventilados de forma apropiada. Debe preverse el acceso a estos transformadores de personas cualificadas o expertas para las verificaciones y mantenimiento. Los convertidores electrónicos deben ser conformes con la IEC 61046.

La instalación de lámparas de descarga

La instalación de cualquier tubo luminoso o lámpara como punto luz sobre un stand o como punto luz de un expositor a una tensión nominal superior a 230/400 V en corriente alterna debe satisfacer las siguientes condiciones:
■ El tubo o la lámpara debe estar colocado fuera del alcance o debe estar convenientemente protegido para reducir el riesgo de lesiones a las personas.
■ Los rótulos o el material del plano de apoyo por detrás de los tubos luminosos o las lámparas deben ser de material no inflamable y estar protegidos según los requisitos de las normas nacionales.
■ La aparamenta cuya tensión de salida sea superior a 230/400 V CA, deben estar instalados sobre materiales no inflamables.
■ Debe utilizarse un circuito separado para alimentar tales rótulos, lámparas o vitrinas, las cuales deben ser controladas por un dispositivo de corte de emergencia. Este dispositivo debe ser fácilmente visible, accesible y marcado según los requisitos de las autoridades locales.
Ver apartado 6.1.2. “Instalaciones eléctricas de alumbrado en locales de baja tensión para elementos de media tensión”, página L/317 del Volumen 5.1.

Los motores eléctricos

Si un motor es susceptible de entrañar situaciones peligrosas, debe estar equipado de dispositivos de seccionamiento omnipolares efectivos y tales seccionadores deben estar próximos al motor que controlan. Consultar la IEC 60204-1.

Tomas de corriente y clavijas

■ Un número adecuado de bases de tomas de corriente debe instalarse con el fin de permitir a los usuarios satisfacer las reglas de seguridad.

■ Las tomas de corriente instaladas en los suelos deberán situarse dentro de envolventes protegidas contra la penetración de fluidos con IP65 y contra los impactos con IK10, según UNE-EN 50102.

■ Un sólo cable o cordón debe ser unido a una toma. No deben utilizarse adaptadores multivía.

■ No se deben utilizar las bases múltiples, excepto las bases múltiples móviles, que se alimentan desde una base fija con un cable de longitud máxima de 2 m.

Los generadores eléctricos portátiles

Ver apartado 17. “Aparamenta para circuitos alimentados por un alternador”, página J/809 del 3.er Volumen.

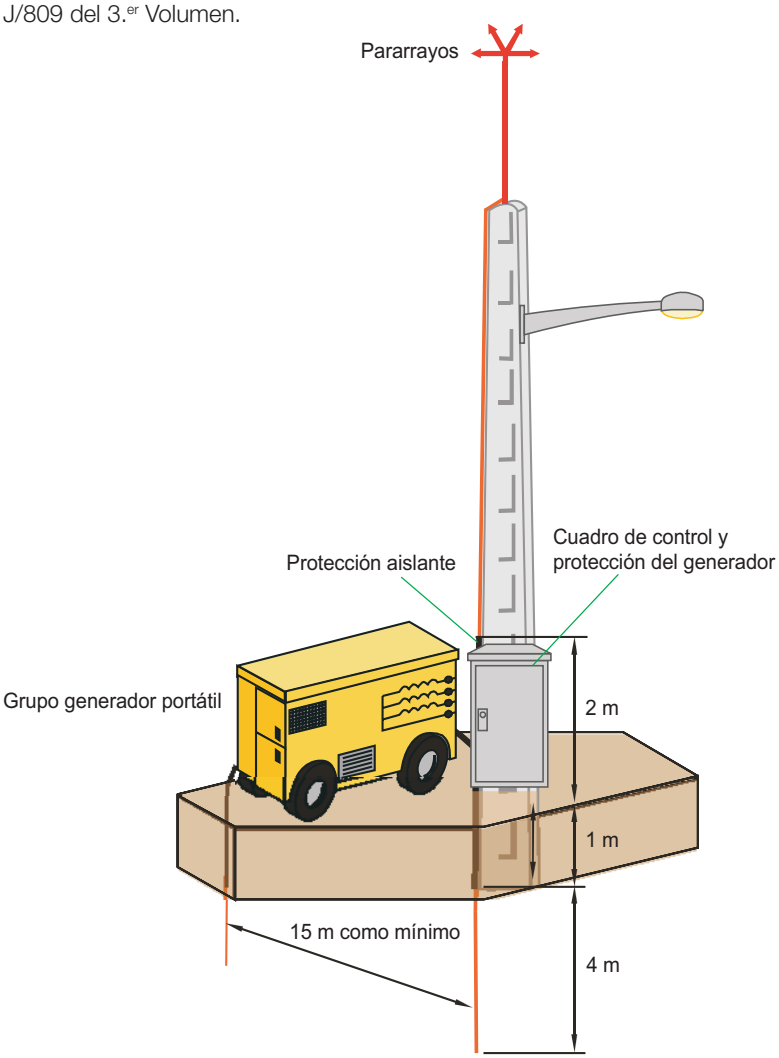


Fig. L6.8-028: *generador portátil.*

Independientemente de la capacidad del grupo generador que utilicemos:
- Pequeños grupos portátiles de mano.
- Grupos transportables.

Independientemente del esquema de conexión a tierra ECT que se utilice, debemos garantizar una correcta instalación a tierra.
En el caso de ser una instalación exterior, también debemos tener en consideración la conducción a tierra de las posibles descargas atmosféricas del entorno del grupo.

Las protecciones contra las descargas atmosféricas

Debemos tener en consideración que facilitaremos el camino adecuado a las posibles descargas atmosféricas para que no dañen a las personas, animales domésticos y bienes.
La mejor forma que conocemos es la instalación de pararrayos que facilitan el camino a las cargas atmosféricas, desde el punto más alto (el punto más próximo de contacto) hasta tierra.
Debemos tener en consideración que un pararrayos protege el volumen engendrado por una generatriz a 45° de su vértice hasta tierra.

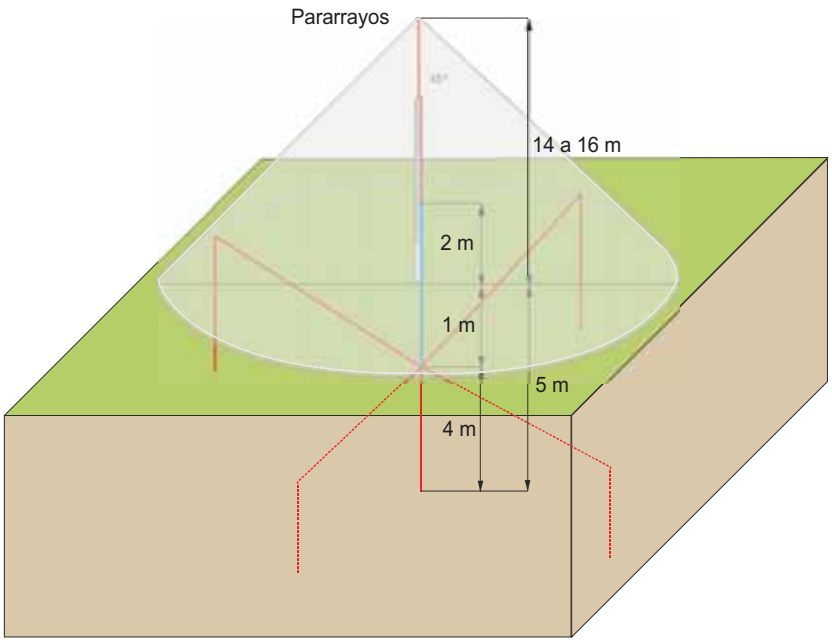


Fig. L6.8-029: *pararrayos para recintos feriales al aire libre.*

En función de la altura del vértice del pararrayos, éste cubre un mayor o menor volumen de protección.
El conductor de comunicación del pararrayos a tierra debe ser de cobre y como mínimo de 50 mm^2 en cobre u otro material de resistencia equivalente.
Este conductor debe estar protegido por un aislamiento, en los dos primeros metros sobre del nivel del suelo y por el primer metro clavado en la tierra. La finalidad es la protección de las personas y los animales domésticos de posibles contactos con una descarga y de la posible tensión de paso del suelo.
La toma de tierra debe tener una buena superficie de contacto para evitar que la descarga reaccione sobre el terreno, lo cristalice y el suelo deje de ser conductor para absorber las cargas del rayo.
La situación de los pararrayos ha de ser tal que cubran todas las instalaciones, es decir, que las instalaciones queden dentro del volumen del cono de su generatriz.

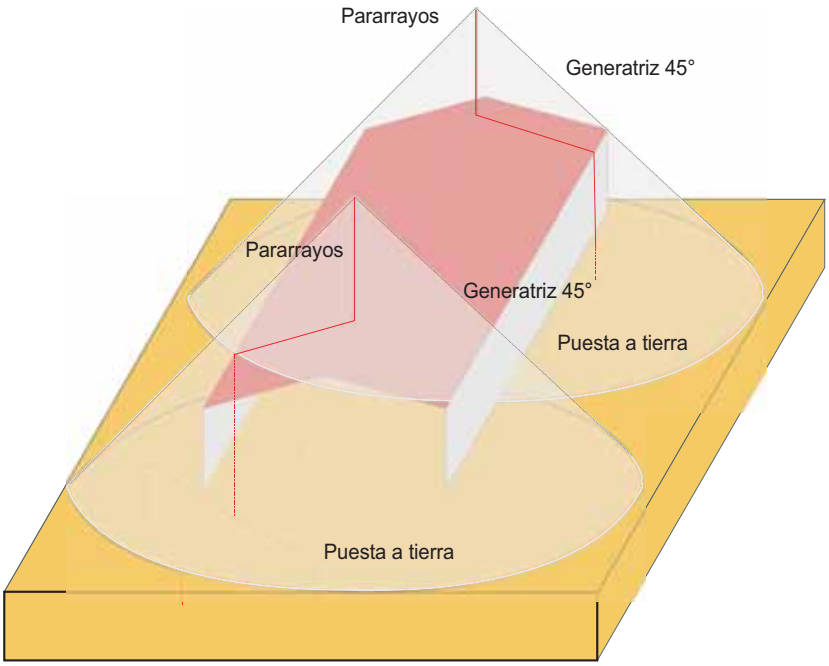


Fig. L6.8-030: *pararrayos para recintos feriales, provisionales con cubierta al aire libre.*

Las instalaciones de alumbrados festivos de calles

Debemos tener en consideración la forma de alimentación. Al tratarse de zonas urbanizadas es normal que las líneas del alumbrado exterior (público) estén previstas para una ampliación de cargas del 30% para alimentar el alumbrado festivo o conmemorativo.

En el caso que las cargas del alumbrado festivo superen la capacidad de la línea o ésta no tenga esta previsión, se deberá trazar una línea para dichas cargas.

Las cargas las derivaremos del punto de conexión en grupos definidos, un grupo de tres cargas por punto luz es una medida práctica de distribución, alimentación y montaje.

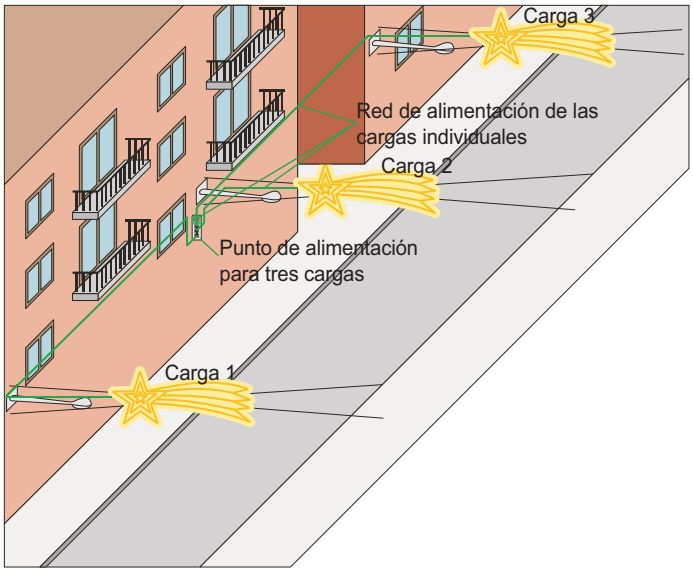
Las líneas deberán realizarse de conformidad a

■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen, y al apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.

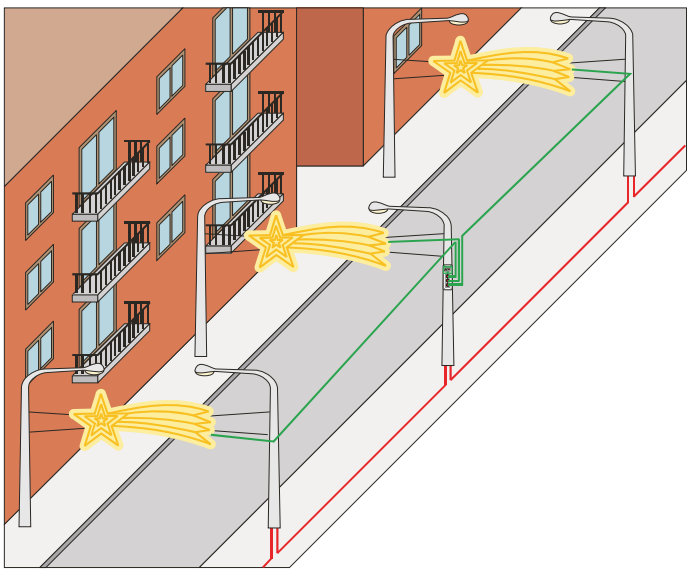
■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen, y al apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen.

Para poder seguir un ejemplo detallado de un proceso de cálculo, ver el apartado 6.4.4. “La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales”, página L/836 de este Volumen.

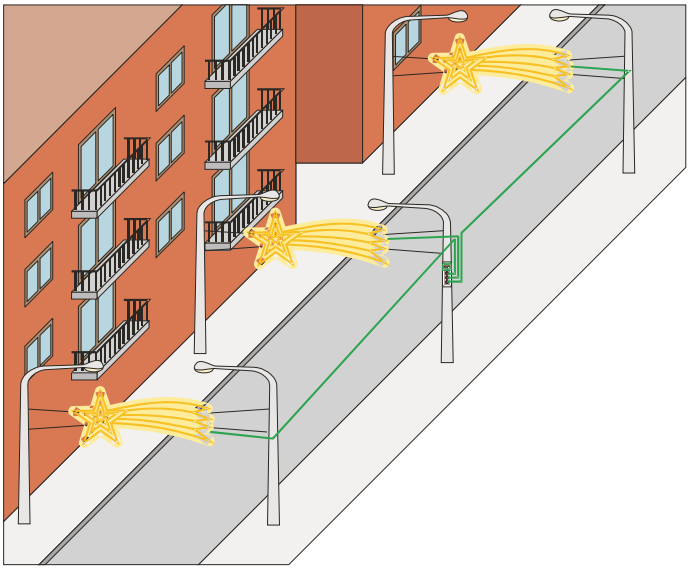
Instalación de alumbrado conmemorativo o festivo entre fachadas con alimentación de la red de alumbrado público o propia, con punto de alimentación para tres cargas.



Instalaciones de alumbrado aéreo conmemorativo o festivo entre postes de puntos luz, con alimentación de la red de alumbrado público o propia, con punto de alimentación para tres cargas.
La alimentación de las cargas desde el punto de alimentación, en función de su provisionalidad, generalmente son líneas aéreas entre postes.
Existen casos con previsiones de conductos subterráneos libres, para poder ser utilizados para estos tipos de eventos, en estos casos las líneas de alimentación de las cargas pueden ser subterráneas entre puntos luz. En el momento de aflorar a la superficie será una línea aérea, y deberán sujetarse a las normas de instalación de las líneas aéreas. Los posibles tramos con acceso a las personas y vehículos deberán incorporar una protección aislante con una resistencia al impacto de IK09.
Instalación de alumbrado conmemorativo o festivo entre postes de puntos luz con alimentación de la red de alumbrado público subterránea, punto de alimentación para tres cargas, con alimentación aérea.



Instalación de alumbrado conmemorativo o festivo entre postes de puntos luz con alimentación propia, punto de alimentación para tres cargas, con alimentación aérea.



Punto de alimentación para tres cargas

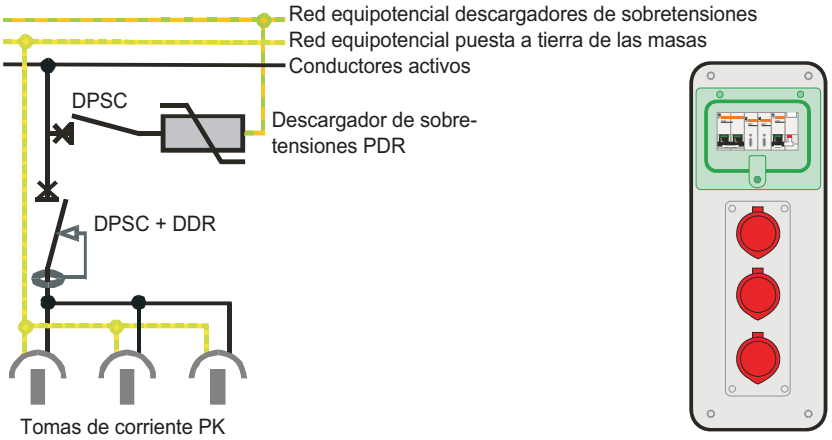


Fig. L6.8-031: *esquema cuatro puntos de alimentación para tres cargas.*

- Interruptor magnetotérmico DPN N 20 A.
- Descargador de sobretensiones PDR8.
- Interruptor magnetotérmico diferencial DPN N Vigi de 30 mA.
- Bases toma de corriente PK. IP65 e IK09.
- Kaedra Box IP65 e IK09.

Las medidas de protección contra los choques eléctricos

■ Si nos alimentamos de redes existentes de alumbrado, dispondremos de una red equipotencial de puesta a tierra de las masas y una protección de los conductores activos. En este caso sólo debemos proteger las cargas con un interruptor diferencial de alta sensibilidad. En realidad se considera como una conexión de una carga móvil.

■ Si nos alimentamos de una red propia deberemos colocar un DDR en cabecera de como mínimo 300 mA, una red equipotencial de puesta a tierra de las masas y una protección para las cargas de alta sensibilidad.

Las medidas de protección contra los efectos térmicos

■ La regla general a cumplir contra los efectos térmicos establece que las personas, los animales domésticos, los materiales, los objetos próximos a los materiales y el entorno no deben estar sometidos a temperaturas que puedan destruirlos o lesionar sus características normales. Las posibles manifestaciones térmicas, por conducción, radiación o convección deben ser aisladas por materiales resistentes y no accesibles a las personas, animales domésticos, materiales no resistentes, a los objetos próximos y al entorno.

■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. "Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados", página F/169 del 1.er Volumen, y el apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1/27 del 2.º Volumen.

■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. "Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías", página F/189 del 1.er Volumen, y el apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1/27 del 2.º Volumen.

■ Los cuadros eléctricos se deberán dimensionar de conformidad al apartado 6. "Los cuadros eléctricos", página F/109 del 1.er Volumen, y el apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1/27 del 2.º Volumen.

■ En el apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1/27 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.

■ Consideraciones específicas sobre las posibles cargas.

Los equipos de iluminación, como por ejemplo las lámparas incandescentes, focos, pequeños proyectores y otros aparatos o dispositivos con superficies que alcanzan altas temperaturas, independientemente de su protección normal, deben situarse separados de materiales combustibles.

Las medidas de protección contra las sobreintensidades

Debemos atender:

■ Las líneas aéreas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.1. "Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados", página F/169 del 1.er Volumen, y 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen.

■ Las líneas subterráneas se deberán dimensionar de conformidad al apartado 7.1.2. "Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías", página F/189 del 1.er Volumen, y 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen.

Las líneas de interiores:

■ En el apartado 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen, encontraremos las herramientas necesarias para el dimensionado de los circuitos.

Para poder seguir un ejemplo detallado de un proceso de cálculo, ver el apartado 6.4.4. "La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales", página L/836 de este Volumen.

Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias

Apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 del 2.º Volumen.

Trataremos el tema desde las dos vertientes de las fuentes de generación de las sobretensiones:

■ Atmosféricas. Si entendemos que estamos en una zona urbanizada debemos comprobar si las instalaciones de los pararrayos de los edificios colindantes cubren el volumen de la instalación. En caso contrario deberemos actuar de conformidad al lo expuesto para los recintos feriales.

■ De red. Las posibles inducciones o inyecciones de sobretensiones deben derivarse a lo largo de la red, con descargadores de sobretensiones.

Las medidas de protección contra las influencias de la CEM

Nos debemos atener al apartado 5. “Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)”, página H1/197 del 2.º Volumen.

Las medidas de protección para asegurar el seccionamiento y mando

Nos debemos atener al apartado 7. “Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando”, página H1/207 del 2.º Volumen.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRAS. ITC-BT-33

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones particulares de esta instrucción se aplican a las instalaciones temporales destinadas:
– A la construcción de nuevos edificios.
– A trabajos de reparación, modificación, extensión o demolición de edificios existentes.
– A trabajos públicos.
– A trabajos de excavación, y
– A trabajos similares.
Las partes de edificios que sufran transformaciones tales como ampliaciones, reparaciones importantes o demoliciones serán consideradas como obras durante el tiempo que duren los trabajos correspondientes, en la medida que estos trabajos necesitan la realización de una instalación eléctrica temporal.
En los locales de servicios de las obras (oficinas, vestuarios, salas de reunión, restaurantes, dormitorios, locales sanitarios, etc.) serán aplicables las prescripciones técnicas recogidas en la ITC-BT-24.
En las instalaciones de obras, las instalaciones fijas están limitadas al conjunto que comprende el cuadro general de mando y los dispositivos de protección principales.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

2.1. Alimentación

Toda instalación deberá estar identificada según la fuente que la alimente y sólo debe incluir elementos alimentados por ella, excepto circuitos de alimentación complementaria de señalización o control.
Una misma obra puede ser alimentada a partir de varias fuentes de alimentación incluidos los generadores fijos o móviles.
Las distintas alimentaciones deben ser conectadas mediante dispositivos diseñados de modo que impidan la interconexión entre ellas.

3. INSTALACIONES DE SEGURIDAD

Cuando debido al posible fallo de la alimentación normal de un circuito o aparato existan riesgos para la seguridad de las personas, deberán preverse instalaciones de seguridad.

3.1. Alumbrado de seguridad

Según el tipo de obra o la reglamentación existente, el alumbrado de seguridad permitirá, en caso de fallo del alumbrado normal, la evacuación del personal y la puesta en marcha de las medidas de seguridad previstas.

3.2. Otros circuitos de seguridad

Otros circuitos como los que alimentan bombas de elevación, ventiladores y elevadores o montacargas para

personas, cuya continuidad de servicio sea esencial, deberán preverse de tal forma que la protección contra los contactos directos quede asegurada sin corte automático de la alimentación. Dichos circuitos estarán alimentados por un sistema automático con corte breve que podrá ser de uno de los tipos siguientes:
– Grupos generadores con motores térmicos, o
– Baterías de acumuladores asociadas a un rectificador o un ondulador.

4. PROTECCIÓN CONTRA LOS CHOQUES ELÉCTRICOS

Las medidas generadas para la protección contra los choques eléctricos serán las indicadas en la ITC-BT-24, teniendo en cuenta lo indicado a continuación:

4.1. Medidas de protección contra contactos directos

Las medidas de protección contra los contactos directos serán preferentemente:
– Protección por aislamiento de partes activas.
– Protección por medio de barreras o envolventes.

4.2. Medidas de protección contra contactos indirectos

Además de las medidas generales señaladas en la ITC-BT-24, serán aplicables las siguientes:
Cuando la protección de las personas contra los contactos indirectos está asegurada por corte automático de la alimentación, según esquema de alimentación TT, la tensión límite convencional no debe ser superior a 24 V de valor eficaz en corriente alterna, o 60 V en corriente continua.
Cada base o grupo de bases de toma de corriente deben estar protegidas por dispositivos diferenciales de corriente diferencial residual asignada igual como máximo a 30 mA; o bien alimentadas a muy baja tensión de seguridad MBTS; o bien protegidas por separación eléctrica de los circuitos mediante un transformador individual.

5. ELECCIÓN E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

5.1. Reglas comunes

Todos los conjuntos de aparamenta empleados en las instalaciones de obras deben cumplir las prescripciones de la norma UNE-EN 60439-4.
Las envolventes, aparamenta, las tomas de corriente y los elementos de la instalación que estén a la intemperie, deberán como mínimo tener un grado de protección IP45, según UNE 20324.
El resto de los equipos tendrán los grados de protección adecuados, según las influencias externas determinadas por las condiciones de instalación.

5.2. Canalizaciones

Las canalizaciones deben estar dispuestas de forma que no se ejerza ningún esfuerzo sobres las conexiones de los cables, a menos que estén previstas especialmente a este efecto.
Con el fin de evitar el deterioro de los cables, éstos no deben estar tendidos en pasos para peatones o vehículos.

Si el tendido es necesario, debe disponerse protección especial contra los daños mecánicos y contra contactos con elementos de la construcción.
En caso de cables enterrados su instalación será conforme a lo indicado en ITC-BT-20 e ITC-BT-21.
El grado de protección mínimo suministrado por las canalizaciones será el siguiente:
Para tubos, según UNE-EN 50086-1:
– Resistencia a la compresión "muy fuerte".
– Resistencia al impacto "muy fuerte".
Para otros tipos de canalización:
– Resistencia a la compresión y resistencia al impacto, equivalentes a las definidas para tubos.

5.3. Cables eléctricos
Los cables a emplear en acometidas e instalaciones exteriores serán de tensión asignada mínima 450/750 V, con cubierta de policloropreno o similar, según UNE 21027 o UNE 21150 y aparatos para servicios móviles.
Para instalaciones interiores los cables serán de tensión asignada mínima 300/500 V, según UNE 21027 o UNE 21031, y aptos para servicios móviles.

6. APARAMENTA

6.1. Aparamenta de mando y seccionamiento
En el origen de cada instalación debe existir un conjunto que incluya el cuadro general de mando y los dispositivos de protección principales.
En la alimentación de cada sector de distribución debe existir uno o varios dispositivos que aseguren las funciones de seccionamiento y de corte omnipolar en carga.
En la alimentación de todos los aparatos de utilización deben existir medios de seccionamiento y corte omnipolar en carga.
Los dispositivos de seccionamiento y de protección de los circuitos de distribución pueden estar incluidos en el cuadro principal o en cuadros distintos al principal.
Los dispositivos de seccionamiento de las alimentaciones de cada sector deben poder ser bloqueados en posición abierta (por ejemplo, por enclavamiento o ubicación en el interior de una envolvente cerrada con llave).
La alimentación de los aparatos de utilización debe realizarse a partir de cuadros de distribución, en los que se integren:
– Dispositivos de protección contra las sobreintensidades.
– Dispositivos de protección contra los contactos indirectos.
– Bases de toma de corriente.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. FERIAS Y STAND. ITC-BT-34

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones de la presente instrucción se aplican a las instalaciones eléctricas temporales de ferias, exposiciones, muestras, stands, alumbrados festivos de calles, verbenas y manifestaciones análogas.

Para los efectos de esta instrucción se aplican las siguientes definiciones:
Exposición: es un acontecimiento destinado a la exposición o venta de productos que puede tener lugar en un emplazamiento adecuado, ya sea edificio, estructura temporal o bien al aire libre.
Muestra: es una presentación o espectáculo realizado en cualquier emplazamiento apropiado ya sea una estancia, edificio, estructura temporal o al aire libre.
Stand: es un área o estructura temporal utilizada para presentación, marketing, ventas, ocio, etc.
Parque de atracciones: es un lugar o área en el que se incluyen tiovivos, barracas de feria, casetas, atracciones, etc., que tienen la finalidad específica de la diversión del público.
Estructura temporal: es una unidad o parte de ella situada en interior o exterior diseñada o concebida para su fácil instalación, retiro y transporte. Se incluyen las unidades móviles y portátiles.
Instalación eléctrica temporal: es una instalación eléctrica destinada a ser montada y desmontada al mismo tiempo que la exposición, muestra, stand, etc., con la que está asociada.
Origen de la instalación eléctrica temporal: es el punto de la instalación permanente o de otra fuente de suministro desde la que se alimenta a las instalaciones eléctricas temporales.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

2.1. Alimentación

La tensión nominal de las instalaciones eléctricas temporales en exposiciones, muestras, stands y parques de atracciones no será superior a 230/400 V en corriente alterna.

2.2. Influencias externas

Las condiciones de influencias externas son las de los emplazamientos particulares, donde se realizan estas instalaciones, por ejemplo choques mecánicos, agua, temperaturas externas, etc.

3. PROTECCIÓN PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD

3.1. Protección contra contactos directos e indirectos

No se aceptan las medidas protectoras contra el contacto directo por medio de obstáculos ni por su colocación fuera del alcance.
No se aceptan medidas protectoras contra el contacto indirecto mediante un emplazamiento no conductivo ni mediante conducciones equipotenciales sin conexión a tierra. Cualquiera que sea el esquema de distribución utilizado, la protección de las instalaciones de los equipos eléctricos accesibles al público debe asegurarse mediante dispositivos diferenciales de corriente diferencial residual asignada máxima de 30 mA.
Cuando se utilice una MBTS, la protección contra contactos directos debe ser asegurada, cualquiera que sea la tensión nominal asignada, mediante un aislamiento ca-

paz de resistir un ensayo dieléctrico de 500 V durante un minuto.

3.2. Medidas de protección en función de las influencias externas

Es recomendable que el corte automático de cables destinados a alimentar instalaciones temporales se realice mediante dispositivo diferencial cuya corriente diferencial residual asignada no supere 500 mA.

Estos dispositivos serán selectivos con los dispositivos diferenciales de los circuitos terminales.

Todos los circuitos de alumbrado además de las luminarias de emergencia y las tomas de corriente de valor asignado inferior a 32 A, deberán ser protegidos por un dispositivo diferencial cuya corriente asignada no supere los 30 mA.

3.3. Medidas de protección contra sobreintensidades

Todos los circuitos deben estar protegidos contra sobreintensidades mediante un dispositivo de protección apropiado, situado en el origen del circuito.

4. PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

El riesgo de incendio es superior debido a la naturaleza temporal de las instalaciones y a la presencia de público. Esto debe tenerse en cuenta cuando se valoren las influencias externas, de acuerdo con la "naturaleza del material procesado o almacenado".

El equipo eléctrico debe seleccionarse y constituirse de forma que el aumento de su temperatura normal y el aumento de la temperatura previsible, en el caso de que se produzca un posible fallo, no dé lugar a una situación peligrosa.

5. PROTECCIÓN CONTRA ALTAS TEMPERATURAS

El equipo de iluminación, como por ejemplo, las lámparas incandescentes, focos, pequeños proyectores y otros aparatos o dispositivos con superficies que alcanzan altas temperaturas, además de protegerse adecuadamente, deben disponerse suficientemente apartados de los materiales combustibles. Los escaparates y los rótulos con iluminación interna se construirán con materiales que tengan una resistencia al calor apropiada, sean mecánicamente resistentes y tengan aislamiento eléctrico, al tiempo que contarán con una ventilación adecuada.

A menos que los artículos expuestos sean de naturaleza incombustible, los escaparates se iluminarán solamente desde el exterior, o con lámparas de poca emisión de calor, en su funcionamiento.

Los stands que contengan una concentración de aparatos eléctricos, accesorios de iluminación o lámparas, propensos a generar un calor superior al normal, tendrán una cubierta bien ventilada, constituida con materiales incombustibles.

6. APARAMENTA Y MONTAJE DE EQUIPOS

6.1. Reglas comunes

La aparamenta de mando y protección deberá estar situada en envolventes cerradas que no puedan abrirse o

desmontarse más que con la ayuda de un útil o una llave, a excepción de sus accionamientos manuales. Los grados de protección para las canalizaciones y envolventes será IP4x para instalaciones de interior e IP45 para instalaciones de exterior, según UNE 20324.

6.2. Cables eléctricos

Para instalaciones interiores los cables serán de tensión asignada mínima 300/500 V según UNE 21027 o UNE 21031 y aparatos para servicios móviles.

En instalaciones interiores los cables serán de tensión asignada mínima 450/750 V con cubierta de policloropreno o similar, según UNE 21027 o UNE 21150 y aptos para servicios móviles.

Para alumbrados festivos se utilizan cables flexibles de características constructivas según UNE 21027 o UNE 21031.

La longitud de los cables de conexión flexible o cordones no sobrepasarán los 2 m.

6.3. Canalizaciones

Las canalizaciones se realizarán mediante tubos o canales según lo dispuesto en las ITC-BT-20 y 21.

Las canalizaciones metálicas deberán tener un grado de protección IP4x según UNE 20324.

6.4. Otros equipos

6.4.1. Luminarias

Las luminarias fijas situadas a menos de 2,5 m del suelo o en lugares accesibles a las personas, deberán estar firmemente fijadas y situadas de forma que se impida todo riesgo de peligro para las personas o inflamación de materiales.

El acceso al interior de las luminarias sólo podrá realizarse mediante el empleo de una herramienta.

6.4.2. Alumbrado de emergencia

Se instalará alumbrado de seguridad siguiendo lo estipulado en la ITC-BT-28 en aquellas instalaciones temporales interiores que puedan albergar más de 100 personas.

6.4.3. Interruptores de emergencia

Un circuito independiente alimentará las luminarias, alumbrado de vitrinas, etc., los cuales deberán ser controlados por un interruptor de emergencia.

6.4.4. Bases y tomas de corriente

Un número apropiado de tomas de corriente deberán ser instaladas a fin de permitir a los usuarios cumplir las reglas de seguridad.

Las tomas de corriente instaladas en el suelo irán dentro de envolventes protegidas contra la penetración de agua.

Adicionalmente a los grados de protección indicados en el punto 6.1., deberán tener un grado de protección contra el impacto IK10, según UNE-EN 50102.

Un solo cable o cordón debe ser unido a una toma. No se deben utilizar adaptadores multivía. No se deben utilizar

las bases múltiples, excepto las bases múltiples móviles, que se alimentarán desde una base fija con un cable de longitud máxima de 2 m.

6.5. Conexiones a tierra

Cuando se instale un generador para suministrar alimentación a una instalación temporal, utilizando un sistema TN, TT o IT, debe tenerse en cuidado para garantizar que la instalación está correctamente conectada a tierra.
El conductor neutro o punto neutro del generador debe conectarse a las partes conductoras accesibles del generador.

6.6. Conductores de protección

Los conductores de protección tendrán una sección de acuerdo con el apartado 2.3. de la ITC-BT-19.

6.7. Cajas, cuadros y armarios de control

Las cajas destinadas a las conexiones eléctricas, cuadros y armarios deberán tener un grado de protección mínimo igual al indicado en el apartado 6.1.

© **Schneider Electric España, S.A.**

Bac de Roda, 52, edificio A
08019 Barcelona
Tel.: 93 484 31 00
Fax: 93 484 33 07
http://www.schneiderelectric.es

Volumen 5.2

Primera edición: diciembre de 2008

Impreso en España - Printed in Spain

Depósito legal: B. 52.630-2008

ISBN Obra completa: 978-84-609-8564-8

ISBN Volumen 5.2: 978-84-612-8199-2

Preimpresión e impresión: Tecfoto, S.L. Ciutat de Granada, 55. 08005 Barcelona.

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley. Queda prohibida la reproducción, total o parcial, su distribución pública, en todo o en parte, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización, por escrito, del editor.



En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometen hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios.

Schneider Electric España, S.A.

Bac de Roda, 52, edificio A
08019 Barcelona
Tel.: 93 484 31 00
Fax: 93 484 33 07
http://www.schneiderelectric.es

miembro de:

voltimum
www.voltimum.es
El Portal de la instalación Eléctrica

600029 L08