



Instalaciones eléctricas comerciales e industriales

Javier Oropeza Angeles



Schneider®
 **Electric**

Oficinas Generales México

Oficinas Regionales de Ventas y Centros de Servicio en México

Instituto Schneider®

Tel. 01(55)58-04-56-73 / 58-04-56-72
Fax 01(55)58-04-56-80
E-mail: instituto.schneider@mx.schneider-electric.com



Club de Electricistas Square D

Tel. 01(55)58-04-51-93 / 58-04-56-73
58-04-56-76
Fax 01(55)58-04-56-80
Del interior de la República sin costo:
01 (800) 32-22-21-21
E-mail: squaredclub@mx.schneider-electric.com

* Oficinas con centros
de servicio.

Centro de Información al Cliente

asesoria.tecnica@mx.schneider-electric.com
Tels. 01(800)SCHNEIDER
01(800) 724 63 43 37
Fax 01(55)56-86-27-10

Federal Pacific Electric®, Merlin Gerin®, Square D®
y Telemecanique® son Marcas Registradas de Schneider
Electric, S.A., Francia. Derechos Reservados.

**MÉXICO, D.F.

Calz. J. Rojo Gómez No. 1121-A
Col. Guadalupe del Moral
C.P. 09300 México, D.F.
Tels. 01(55)56-86-30-00 / 58-04-50-00
Fax 01(55)56-86-24-09

OFICINA DE VENTAS

Av. Ejército Nacional No. 904, piso 14
Col. Palmas Polanco
C.P. 11560 México, D.F.
Tel. 01(55)26 29 50 30
Fax 01(55)26-29-50-50 / 26-29-50-41

AGUASCALIENTES, AGS.

Av. De La Convención Nte. #1002-B
Fracc. Circunvalación Nte.
C.P. 20020 Aguascalientes, Ags.
Tels. 01(449)914-84-13 / 912-05-51
Fax 01(449)914-84-30

**CANCÚN, Q.R.

Av. Tulum No. 200 Depto. 101-Bis
Plaza México Retorno 2 Agua, Super-
Manz. 4, Mpio. Benito Juárez C.P.
77500 Cancún, Q.R.
Tels. 01(998)887-59-58 / 887-81-30
Fax 01(998)887-99-99

**CD. DEL CARMEN, CAMP.

Calle 31 No. 192 Int. 5
entre 42-D y 42-E
Col. Tacubaya
C.P. 24180 Cd. del Carmen, Camp.
Tels. 01 (938)384-08-40/381-33-82

**CD. JUÁREZ, CHIH.

Av. Insurgentes No. 2590 esq.
Ignacio Ramírez Col. Ex-hipódromo
C.P. 32330 Cd. Juárez, Chih.
Tels. 01(656)611-00-32 / 611-00-33
Fax 01(656)616-13-95

**COATZACOALCOS, VER.

Av. Cuauhtémoc No. 617-A
Zona Centro
C.P. 96400 Coatzacoalcos, Ver.
Tels. 01(921)213-03-35 / 212-28-72
Fax 01(921)212-29-01

CULIACÁN, SIN.

Paseo Niños Héroes No. 598 Ote.
Desp. 201, Col. Centro
C.P. 80000 Culiacán, Sin.
Tels. 01(667)712-12-11 / 715-54-90
Fax 01(667)713-93-67

CHIHUAHUA, CHIH.

Antonio Carbonel No. 4121
Col. San Felipe
C.P. 31240 Chihuahua, Chih.
Tel. 01(614)414-65-52
Fax 01(614)414-65-53

**GUADALAJARA, JAL.

Av. Parque de las Estrellas No. 2764
Col. Jardines del Bosque
C.P. 44520 Guadalajara, Jal.
Tel. 01(33)38-80-84-00
Fax 01(33)36-47-10-28

**HERMOSILLO, SON.

Boulevard Navarrete 369-7
Col. La Loma
C.P. 83249
Hermosillo, Son.
Tels. 01(662)260-85-91 al 94
Fax 01(662)260-85-85

**LEÓN, GTO.

Calle Niebla No. 113
Col. Jardines del Moral
C.P. 37160 León, Gto.
Tels. 01(477)773-34-60 / 773-34-94
Fax 01(477)773-34-96

**MÉRIDA, YUC.

Paseo Montejo No. 442-106
Col. Itzimna
C.P. 97100 Mérida, Yuc.
Tels. 01(999)926-17-23 / 926-19-67
Fax 01(999)926-18-43

**MONTERREY, N.L.

Av. Madero No. 1627 Pte.
Esq. América
C.P. 64000 Monterrey, N.L.
Tels. 01(81)81-25-30-00 / 83-72-95-25
Fax 01(81)83-72-74-26 / 83-72-94-74

NVO. LAREDO, TAMPS.

Reynosa No. 1411 (entre Héroes de
Nacatz y Madero) Fracc. Ojo Caliente
C.P. 88040 Nuevo Laredo, Tamps.
Tels. 01(867)713-00-10 / 713-48-73
Fax 01(867)712-99-58

PUEBLA, PUE.

Edificio Torre Bosques II, Boulevard
Allicayotl No. 5320, int. 301, Zona
Angelópolis, C.P. 72810
San Andrés Cholula, Puebla
Tels. 01(222)273-22-60 / 22-71
Fax 01(222)225-09-96

**QUERÉTARO, QRO.

Blvd. Bernardo Quintana No. 512
Altos Col. Arboledas
C.P. 76140 Querétaro, Qro.
Tels. 01(442)214-11-10 / 214-11-53
Fax 01(442)214-10-94

**TAMPICO, TAMPS.

Av. Hidalgo No. 6102
Fracc. Flamboyanes
C.P. 89330 Tampico, Tamps.
Tels. 01(833)228-43-15 / 228-42-55
Fax 01(833)228-25-35

**TIJUANA, B.C.N.

Av. Eusebio Kino No. 10102, local 4
Centro Comercial Plaza Express
Kino, C.P. 22010 Tijuana, B.C.N.
Tels. 01(664)682-82-91 / 682-82-92
/ 682-82-93
Fax 01(664)682-82-90

TORREÓN, COAH.

Calz. Saltillo 400 #679
Col. Ampliación La Rosita
C.P. 27250 Torreón, Coahuila
Tels. 01(871)720-38-83 / 720-11-35
Fax 01(871)720-32-88

**VERACRUZ, VER.

Héroes de Puebla No. 96
entre Orizaba y Tuero Molina
Col. Zaragoza
C.P. 91910 Veracruz, Ver.
Tel. 01(229)937-96-59
Tel/Fax 01(229)937-38-51

VILLAHERMOSA, TAB.

José Martí No. 101-212
Fracc. Lidia Esther
C.P. 86040 Villahermosa, Tab.
Tels. 01(993)131-09-44, 131-09-45

Nombre de archivo: PORTADA Y CONTRA PORTADA
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis documentos
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 11/09/2008 20:13:00
Cambio número: 1
Guardado el: 11/09/2008 20:25:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 12 minutos
Impreso el: 15/09/2008 15:36:00
Última impresión completa
Número de páginas: 2
Número de palabras: 0 (aprox.)
Número de caracteres: 5 (aprox.)

Ing. Javier Oropeza

***Instalaciones eléctricas
comerciales e industriales***

D.R. © Javier Oropeza

© De esta edición:

D.R. © por Schneider Electric México, S.A. de C.V.

Calz. J. Rojo Gómez No. 1121-A

Col. Guadalupe del Moral

C.P. 09300 México, D.F.

Registro Público del Derecho de Autor:

978-968-946

ISBN: 978-968-9461-00-5

Primera edición: Diciembre de 2007

Impreso y hecho en México

Sin duda alguna, todos reconocemos la importancia de contar con instalaciones eléctricas que nos suministren la energía necesaria en el hogar, en los negocios, en los centros de diversión y entretenimiento y en las plantas productivas de cualquier tamaño.

No podemos pensar en un mundo sin electricidad, ya que prácticamente todo se mueve por medio de la fuerza eléctrica. El confort que nos proporcionan los diferentes aparatos eléctricos, la seguridad de nuestra propiedad, la seguridad de las transacciones bancarias, las actividades en quirófanos y salas de recuperación de hospitales, las actividades productivas en las fábricas, en el comercio y los medios de comunicación, entre otros procesos, no podrían realizarse sin energía eléctrica.

Aunque hoy en día tenemos por medio de nuestras instalaciones el suministro eléctrico, no en todos los casos es lo eficiente que pudiera ser si se calculara, se diseñara y se construyera esta instalación tomando en consideración las normas aplicables como la NOM 001 SEDE 2005 Instalaciones Eléctricas (utilización), que establece las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma y el uso de equipos y productos certificados, garantizan que la utilización de la energía eléctrica sea segura.

Cuando nos referimos a la seguridad, hablamos de la del usuario y de la propiedad, pero debemos también de considerar el asegurar el suministro eléctrico de nuestro proceso con instalaciones confiables.

En la práctica, nos encontramos con áreas en las que podemos prescindir por algunos minutos de la energía eléctrica si una falla ocurriera en nuestra instalación, pero hay muchas áreas en las que se debe garantizar la continuidad del servicio y en las que una falla debería quedar aislada a fin de no interrumpir el resto del proceso. Aquí nuevamente se ve la importancia de los equipos certificados y de un correcto diseño de la instalación, que debe incluir los estudios eléctricos, como son por ejemplo, el cálculo de cortocircuito y la coordinación de protecciones como mínimo, que nos darán como resultado la selección correcta de los aparatos de protección y que éstos sean calibrados para que brinden una protección eficiente y segura.

Existen otro tipo de estudios, como por ejemplo el de calidad de energía, ya que por el necesario uso de cargas no lineales en los procesos que de alguna forma contaminan nuestras redes, se deben instalar los equipos y protecciones para contener o eliminar esta contaminación del sistema eléctrico.

Schneider Electric México, preocupado porque las instalaciones eléctricas de cualquier tipo se mejoren y sean eficientes, ha implementado programas de capacitación por medio del Instituto Schneider para que los interesados participen y desarrollen sus conocimientos sobre el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas.

Con este libro, realizado conjuntamente con el Ing. Javier Oropeza, experto técnico y UVIE, pretendemos brindar una herramienta de consulta para los ingenieros y técnicos involucrados en este importante tema. Esperamos que esta obra sea de su agrado y que juntos contribuyamos a mejorar el esquema de seguridad eléctrica de México.

Ing. F. Sergio Ramírez Rojas
Gte. Instituto Schneider y Normalización

Índice de contenido

Capítulo 01

Circuitos eléctricos	2
Análisis de un circuito eléctrico complejo	3
Uso de diagramas vectoriales con un simple cálculo	3
Cálculo de corriente de circuitos derivados	6

Capítulo 02

Introducción	10
Valores normativos	11
Circuitos alimentadores	11
Circuitos derivados	14
Tensiones normalizadas	16

Capítulo 03

Aprobación	18
Tamaño de los conductores	18
Resistencia de aislamiento	18
Métodos de alambrado	19
Corriente de interrupción	19
Lugar de la instalación eléctrica	19
Limpieza	19
Montaje y enfriamiento de equipos eléctricos	19
Conexiones eléctricas	20
Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico de 600 V o menos a tierra	21
Espacio de trabajo para equipos eléctricos de más de 600 V	23
Instalación de tableros de distribución, tableros de alumbrado y control, centro de control de motores	28

Instalaciones eléctricas comerciales e industriales

Capítulo 04

Requerimientos de instalación de canalizaciones, cables, accesorios32

Requerimientos de instalación de canalizaciones, cables, accesorios métodos de alambrado y requerimientos de instalación de canalizaciones, accesorios, cables.	32
Cables de media tensión MT (MV)	32
Cable plano tipo FCC	32
Cable con aislamiento mineral y cubierta metálica tipo MI	33
Tubo (conduit) no metálico	33
Tubo (conduit) de polietileno	35
Cable armado tipo AC	36
Cables con armadura metálica tipo MC	37
Cables de entrada de acometida	38
Cables de energía y control tipo TC para uso en soportes para cables tipo charola	38
Tubo (conduit) de polietileno de alta densidad para usos subterráneos	39
Tubo (conduit) metálico tipo semipesado (pared gruesa)	39
Tubo (conduit) metálico tipo pesado (cédula 40 conduit)	41
Tubo (conduit) rígido no metálico (PVC)	42
Tubo (conduit) metálico tipo ligero (pared delgada)	43
Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero	44
Tubo (conduit) metálico flexible	45
Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico	46
Ducto metálico y no metálico con tapa	49
Ductos con barras (electroductos)	51
Gabinetes, cajas para cortacircuitos y bases de medidores . . .	53
Desconectores	54
Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control	55
Cables y cordones flexibles	58
Cálculo de conductores	59
Cálculo de conductores en baja tensión	59
Cálculo de conductores por caída de tensión	62
Procedimiento para el cálculo de conductores	64

Capítulo 05

Cálculo de tubo (conduit)	68
Cálculo de ducto metálico y no metálico	72
Cálculo de soportes para cables tipo charola	74
Cálculo de cajas de registro	97
Cálculo del volumen de la caja	97
Cálculo del volumen ocupado	98
Cajas de paso	100
Cajas de empalme o tiro	103

Instalaciones eléctricas comerciales e industriales

Capítulo 06

Cálculo de cortocircuito	108
Fundamentos	109
Procedimiento	109
Componentes simétricos	110
Operador	111
Componentes simétricos de vectores asimétricos	112
Impedancias de secuencia y redes de secuencia	113
Cómo dibujar las redes de secuencia	114
Redes de secuencia cero	116
Fallas asimétricas	120
Ejemplo de cálculo de cortocircuito	124
Método por unidad (p.u.)	124
Método de los MVA "S"	129

Capítulo 07

Puesta a tierra de sistemas eléctricos	134
Requerimientos para la puesta a tierra de sistemas eléctricos	136
Tipos de conductores de puesta a tierra	137
Conductores de puesta a tierra en paralelo	138
Tamaño de los conductores de puesta a tierra del equipo	138
Compensación del conductor de puesta a tierra por caída de tensión	139
Conductor del electrodo de puesta a tierra	139
Varios circuitos eléctricos en una sola canalización, cable o soporte para cables tipo charola	140
Puesta a tierra aislada	141
Unión con otros sistemas de puesta a tierra	141
Electrodos de puesta a tierra	141
Cálculo del sistema de tierra de una subestación eléctrica	142
Disposiciones normativas	143
Procedimiento de diseño de una malla de tierra	144
Ejemplo de cálculo de la malla de tierra de la subestación eléctrica	145
Procedimiento de cálculo de acuerdo a la norma de IEEE STD 80-2000	146
Coordinación de protecciones	149
Curvas características tiempo-corriente	151
Diseño preliminar	151
Ejemplo de coordinación de protecciones	152
Instalaciones eléctricas de más de 600 V	154
Acometidas de más de 600 V	154
Métodos de alambrado	154
Líneas aéreas en baja, media y alta tensión	156
Mecanismo del Rayo	159
Protección de estructuras ordinarias de acuerdo a la norma de NFPA 780 - 2004	162
Puesta a tierra común	164
Valores de resistencia a tierra	164

Instalaciones eléctricas comerciales e industriales

Capítulo 08

Áreas peligrosas (clasificadas)	166
Clasificación de áreas	166
Utilización de tubo (conduit) roscado en instalaciones de áreas clasificadas (peligrosas)	166
Áreas Clase I	167
Áreas Clase II	167
Definiciones de áreas peligrosas (clasificadas)	168
Áreas Clase III	170
Métodos de alambrado en áreas peligrosas (clasificadas)	171
Áreas peligrosas (clasificadas) por zonas	178

Capítulo 09

Lugares de atención para la salud (hospitales)	180
Alambrado y protección	182
Conexión de puesta a tierra de receptáculos y equipo eléctrico fijo	182
Conductor de puesta a tierra aislado de equipos eléctricos	183
Áreas de atención general	183
Áreas de atención crítica	183
Locales húmedos	184
Sistema eléctrico esencial	184
Sistema eléctrico aislado	187

Capítulo 10

Motores	191
Cálculo de los conductores de alimentación	192
Cálculo del alimentador para varios motores	194
Cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra	195
Cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra para varios motores	198
Protección contra sobrecarga de los motores y de sus circuitos derivados	200
Circuitos de control de motores	201
Controladores (arrancadores) de motores	202
Medios de desconexión de motores y controladores	203
Centros de control de motores (CCM o MCC)	205
Transformadores	206
Protección contra sobrecorriente	207
Transformadores de tipo seco instalados en exteriores	209
Transformadores en líquidos de alto punto de ignición	209
Transformadores aislados con fluidos no inflamables	209
Transformadores en askarel	209
Transformadores en aceite	210
Derivaciones de los conductores del lado secundario de un transformador	212
Sistemas de emergencia	213
Alambrado de circuitos de emergencia	214

Instalaciones eléctricas comerciales e industriales

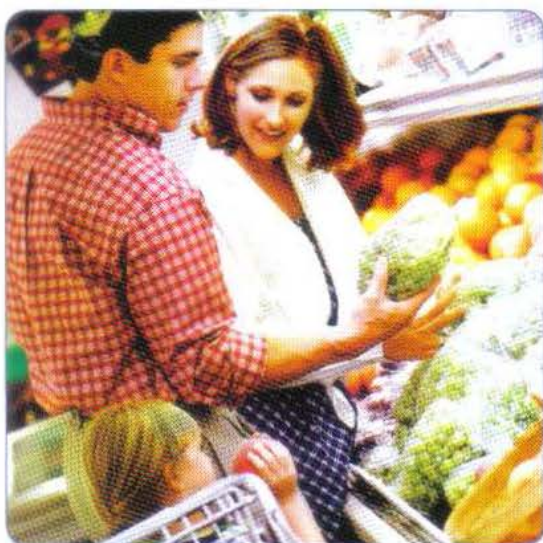
Generadores	214
Arreglos de puesta a tierra para sistemas de emergencia	215
Subestaciones	216
Requerimientos de la norma vigente para subestaciones eléctricas	217
Niveles de iluminación mínimos	217
Alumbrado de emergencia	217
Pisos	218
Accesos y salidas	218
Protección contra incendio	218
Dispositivo de protección contra sobrecorriente	218
Consideraciones ambientales	218
Funcionamiento	219
Medio aislante de los transformadores	219
Materiales aislantes	219
Máquinas de soldar eléctricas	219
Máquinas de soldar de arco tipo autotransformador y de rectificador de c.c.	219
Máquinas de soldar del tipo arco motor-generador	220
Máquinas de soldar por resistencia	221
Cable para soldar	222
Mejoramiento del factor de potencia	222
Factor de potencia	223
¿Qué es el factor de potencia?	223
¿Cómo mejorar el factor de potencia?	223
Seguridad eléctrica	224
¿Qué es un lugar de trabajo seguro?	225
Peligros eléctricos	225
Análisis de riesgo	227
Límites de aproximación	228
Preparándose para lo peor: accidente o lesión	229
Estudio de ARC-FLASH	230
Bombas contra incendio	230
Transformadores para la alimentación de bombas contra incendio	234
Métodos de alambrado	236
Código de colores	236
Instalación de conductores de un circuito eléctrico	237
Instalación de conductores de sistemas diferentes	238
Protección contra daño físico	238
Instalaciones subterráneas	239
Corrosión	240
Instalación de conductores con otros sistemas que no sean eléctricos	240
Continuidad eléctrica de envoltentes y canalizaciones metálicas	241
Número y tamaño de conductores en canalizaciones	241
Conductores para alambrado en general	241
Tamaño mínimo de los conductores	242
Conductores expuestos a radiación solar	242

Instalaciones eléctricas comerciales e industriales

Capítulo 11

Planos eléctricos.	244
Selección de equipo eléctrico	249
A Alumbrado	250
B Receptáculos.	252
C Carga de motores	252
D Cálculo de carga de circuitos derivados.	254
F Cálculo del alimentador	255
H Cálculo de la carga del alimentador 480/277 V	257
I Cálculo de la carga de la acometida – 480/277 V	259
J Capacidad del transformador principal.	260
Dispositivos eléctricos que se deben utilizar en una instalación eléctrica	261
Tabla de selección de equipo Federal Pacific.	261
Tabla de selección de equipo Merlin Gerin	261
Tabla de selección de equipo Square D	262
Tabla de selección de equipo Telemecanique	263

Nombre de archivo: INDICE
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis documentos
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 11/09/2008 20:25:00
Cambio número: 1
Guardado el: 11/09/2008 23:00:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 155 minutos
Impreso el: 15/09/2008 15:35:00
Última impresión completa
Número de páginas: 9
Número de palabras: 2 (aprox.)
Número de caracteres: 16 (aprox.)



Introducción

Powerlink G3



- Ahorro de energía.
- Compacto.
- Programable.
- Fácil de operar.

Contenido

Circuitos eléctricos	2
Análisis de un circuito eléctrico complejo	3
Uso de diagramas vectoriales con un simple cálculo	3
Cálculo de corriente de circuitos derivados	6

Circuitos eléctricos

Los circuitos eléctricos más encontrados en las instalaciones eléctricas, contienen inductancia. En algunos circuitos que alimentan alumbrado incandescente o resistencias de calefacción, la inductancia es usualmente pequeña. En otros circuitos eléctricos que alimentan motores, balastos, relevadores o transformadores, la inductancia puede ser significativa.

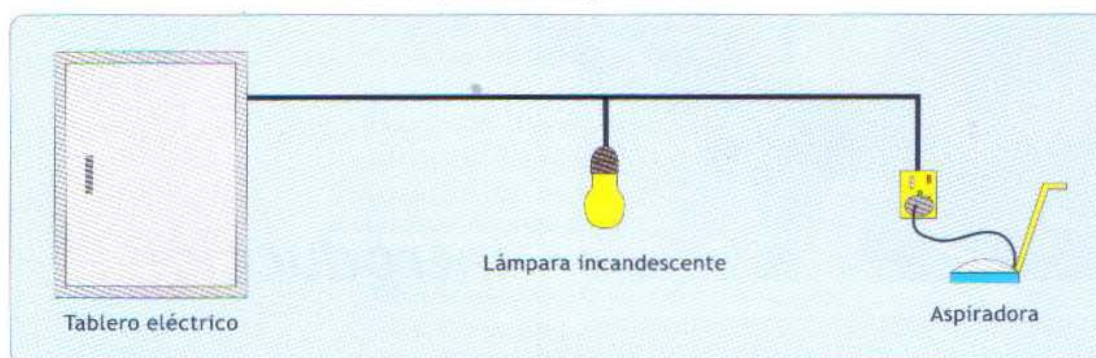


Fig. 1/1: Instalación eléctrica de una lámpara incandescente y un receptáculo en el cual está conectada una aspiradora.

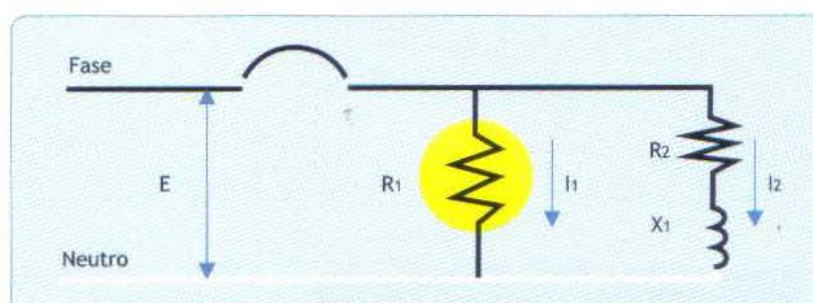


Fig. 2/1: Circuito eléctrico.

Cuando la corriente eléctrica circula por una resistencia, está en fase con la tensión.

Cuando la corriente eléctrica circula por una inductancia, se atrasa 90° a la tensión.

La resistencia R y la reactancia inductiva X_L provee una oposición a estas corrientes.

La oposición a la corriente, la impedancia Z , se representa por la hipotenusa del triángulo formado por la resistencia y la reactancia inductiva.

La hipotenusa es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la resistencia y la reactancia inductiva.

$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Z - ohms

Por la Ley Ohm, se obtiene:

$$I = E / Z$$

I = Corriente eléctrica, amperes
 E = Tensión eléctrica, volts
 Z = Impedancia, ohms

Análisis de un circuito eléctrico complejo

Un circuito eléctrico sencillo puede incluir una lámpara incandescente y un receptáculo alimentando una aspiradora con motor eléctrico.

La parte del circuito compuesta por la resistencia de la lámpara R_1 , circula una corriente I_1 que está en fase con la tensión E del circuito. El factor de potencia en esta parte es de $F.P. = 1,00$.



Fig. 3/1: Diagrama vectorial de la lámpara.

En la parte del circuito eléctrico en la que se encuentra conectada la aspiradora, la corriente eléctrica I_R a través de la resistencia R_2 está en fase con la tensión E , y la corriente eléctrica a través de la reactancia inductiva X_2 se atrasa a la tensión E por 90° .

La corriente resultante I_2 que circula por el motor se atrasa a la tensión E con un ángulo θ .

Si se combinan los diagramas vectoriales anteriores, resulta un diagrama vectorial de un circuito serie-paralelo.

La corriente total I es la resultante de I_1 e I_2 .

La corriente I estará atrasada a la tensión un ángulo ϕ .

El factor de potencia del circuito eléctrico será: $F.P. = \cos \phi$

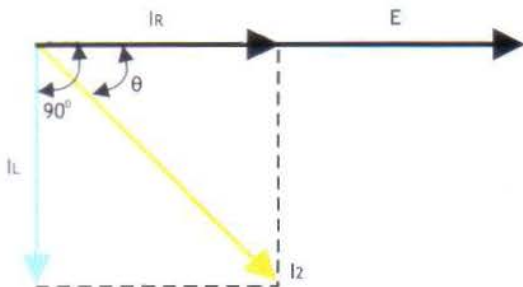


Fig. 4/1: Diagrama vectorial del motor.

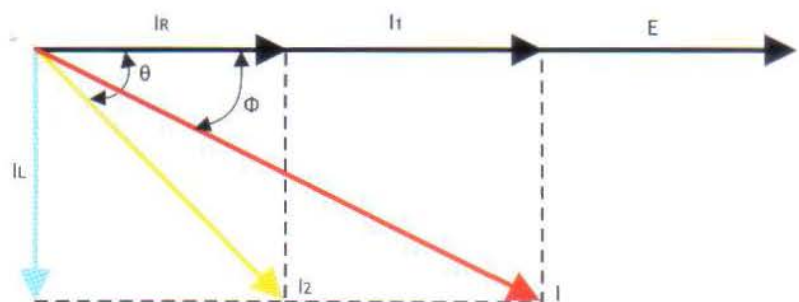


Fig. 5/1: Diagrama vectorial completo.

Uso de diagramas vectoriales con un simple cálculo

A Sistema trifásico, con las tres fases en uso y cargas balanceadas.

Si se tiene un sistema trifásico de corriente alterna y las corrientes en las fases A, B y C están desplazadas 120° entre ellas.

Estas corrientes eléctricas se representan con tres vectores desplazados 120° con un origen común, la longitud de los vectores representan los valores de corriente a escala.

Para un mejor entendimiento de los vectores, en el estudio del comportamiento de las corrientes eléctricas en cada una de las fases se asume un **factor de potencia unitario**.

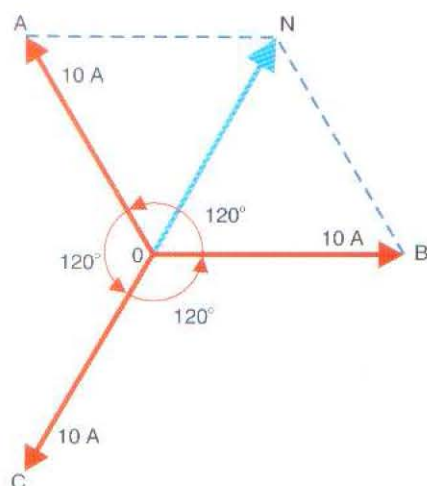


Diagrama vectorial de un sistema trifásico con cargas balanceadas.

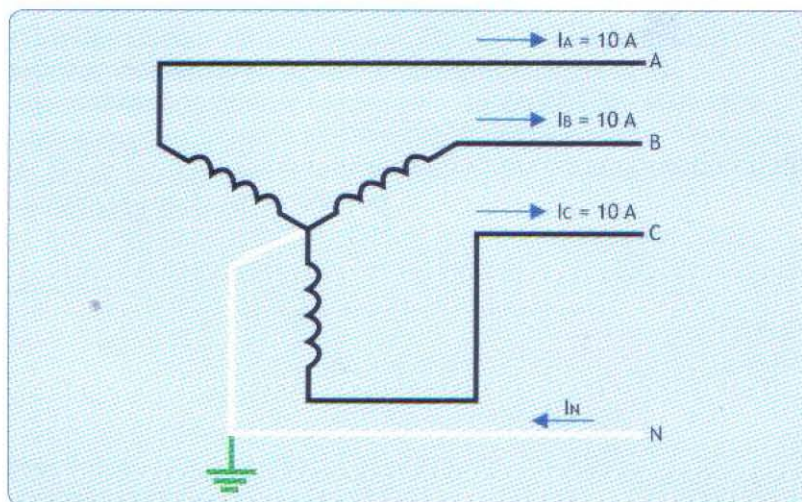


Fig. 6/1: Sistema trifásico balanceado.

En el diagrama eléctrico se tiene que las corrientes en las fases A, B y C es igual a 10 A.

En la gráfica se observa que si las corrientes en las fases son iguales la corriente en el neutro es 0 A.

Si la corriente en la fase C es cero, la corriente en el neutro es 10 A.

Matemáticamente, se puede obtener aplicando la Ley de Cosenos:

$$ON^2 = BN^2 + OB^2 - 2 (BN \times OB \times \cos 60^\circ)$$

$$ON^2 = 10^2 + 10^2 - 2 (10 \times 10 \times 0,5)$$

$$ON^2 = 100$$

$$ON = \sqrt{100}$$

$$ON = 10 \text{ A}$$

Conclusión: en un sistema trifásico puesto a tierra, 3 fases, 4 hilos, 60 Hertz, la corriente eléctrica en el neutro es 0 A, cuando las corrientes en las fases son iguales.

B Sistema trifásico, 2 fases en uso, cargas balanceadas.

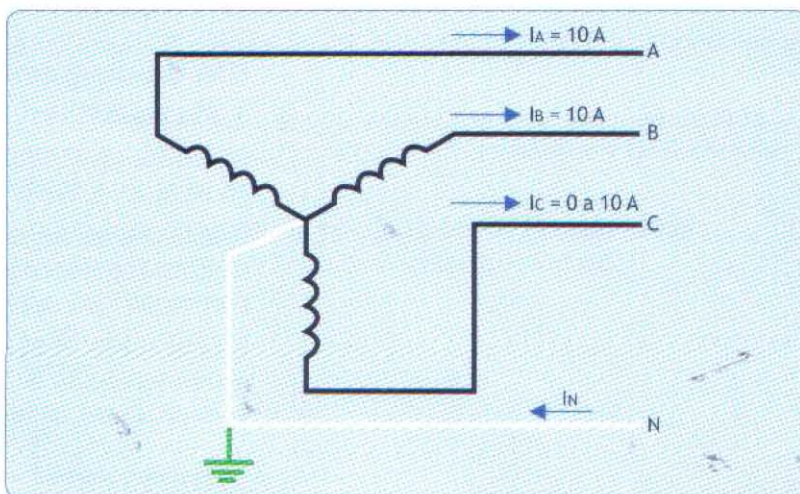
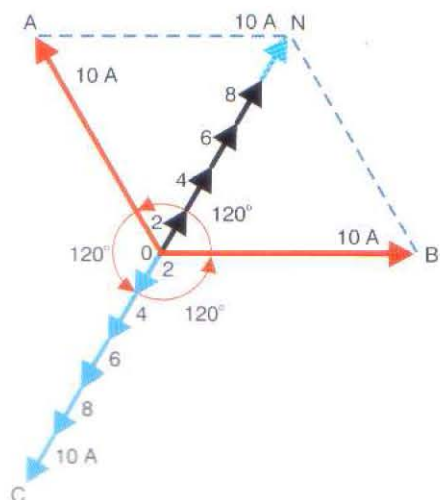


Fig. 7/1: Sistema trifásico dos fases en uso.

Las fases A y B tienen la misma corriente de 10 A, la corriente en la fase C es de 0 A.

La corriente resultante en el neutro está representada por el vector ON, que es la resultante de dos vectores de las fases A y B.

Si se complementa el paralelogramo, se tiene que la corriente en el neutro ON es de 10 A; en estas condiciones asumidas, la corriente en el neutro es la misma que la de las fases A y B.

C Sistema trifásico con las tres fases en uso y las cargas están desbalanceadas.

La corriente en la fase A es de 5 A

La corriente en la fase B es de 15 A

La corriente en la fase C es de 10 A

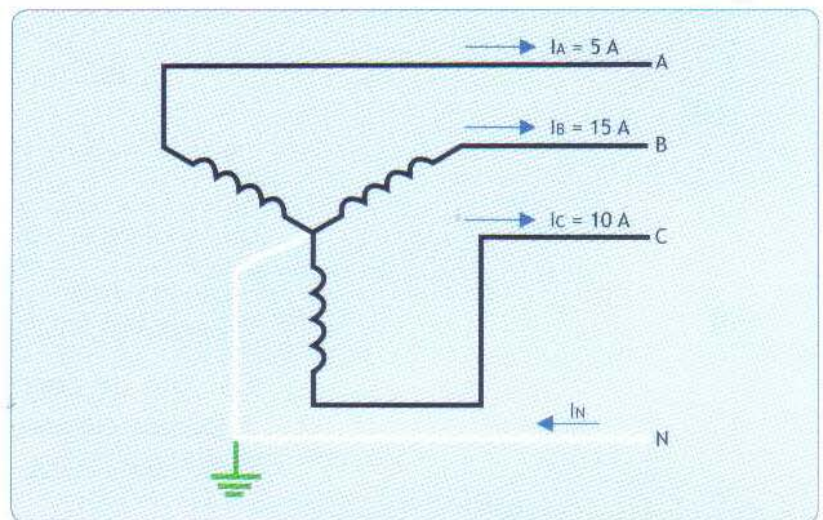


Fig. 8/1: Sistema trifásico desbalanceado.

Paso 1

Se elabora el diagrama vectorial y se procede a calcular con la Ley de Cosenos

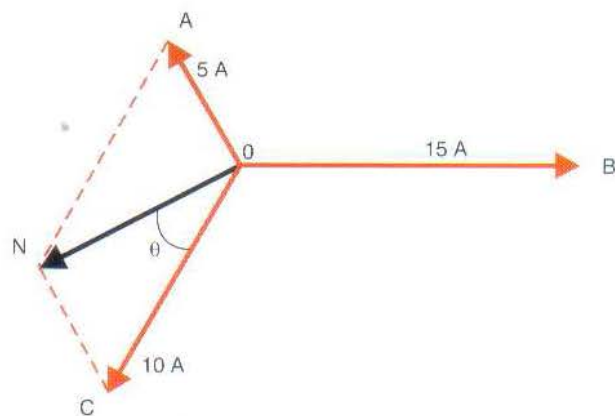


Fig. 9/1: Diagrama vectorial.

$$ON^2 = OC^2 + OA^2 + 2(OC \times OA \times \cos 120^\circ)$$

$$ON^2 = 10^2 + 5^2 + 2(10 \times 5 \times (-0,5))$$

$$ON^2 = 75$$

$$ON = \sqrt{75}$$

$$ON = 8,66 \text{ A}$$

Encontrando el ángulo θ

$$NC^2 = OC^2 + ON^2 - 2(OC \times ON \times \cos \theta)$$

$$5^2 = 10^2 + 8,66^2 - 2(10 \times 8,66 \times \cos \theta)$$

$$\cos \theta = 0,866 \quad \theta = 30^\circ$$

Paso 2

La suma de los vectores de las corrientes ON y OB es igual a la corriente que circulará por el neutro.

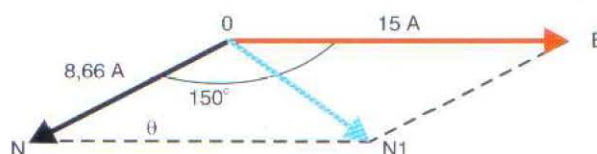


Fig. 10/1: Diagrama vectorial resultante.

$$ON1^2 = OB^2 + ON^2 + 2(OB \times ON \times \cos 150^\circ)$$

$$ON1^2 = 15^2 + 8,66^2 + 2(15 \times 8,66 \times (-0,866))$$

$$ON1^2 = 75$$

$$ON1 = \sqrt{75}$$

$$ON1 = 8,66 \text{ A}$$

Cálculo de corriente de circuitos derivados

A Circuito eléctrico de dos conductores sin factor de potencia.

La fórmula a utilizar es:

$$I = VA / E$$

I = amperes

VA = volt-amperes

E = tensión, volts

Ejemplo: calcule la corriente eléctrica que consume el siguiente circuito eléctrico

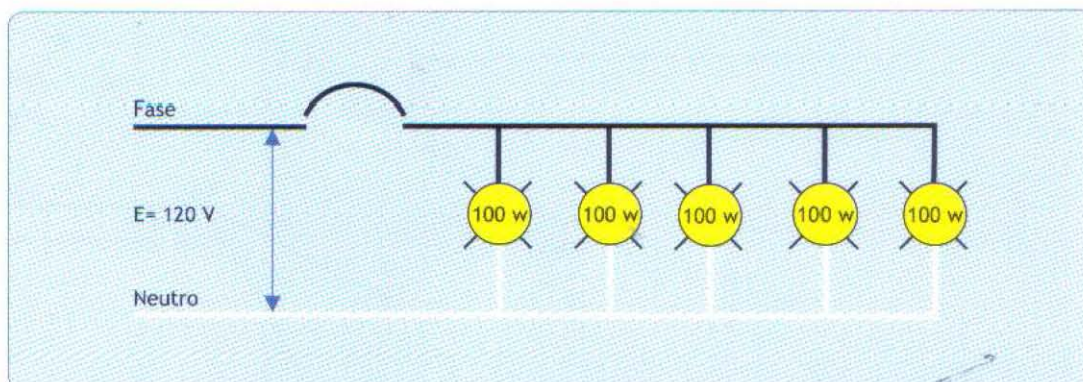


Fig. 11/1: Circuito eléctrico de dos conductores.

$$I = 500 / 120$$

$$I = 4,16 \text{ A}$$

B Circuito eléctrico de tres conductores sin factor de potencia.

La fórmula a utilizar es:

$$I = VA / E$$

I = amperes

VA = volt-amperes

E = tensión, volts

Ejemplo: calcule la corriente eléctrica que consume el siguiente circuito eléctrico

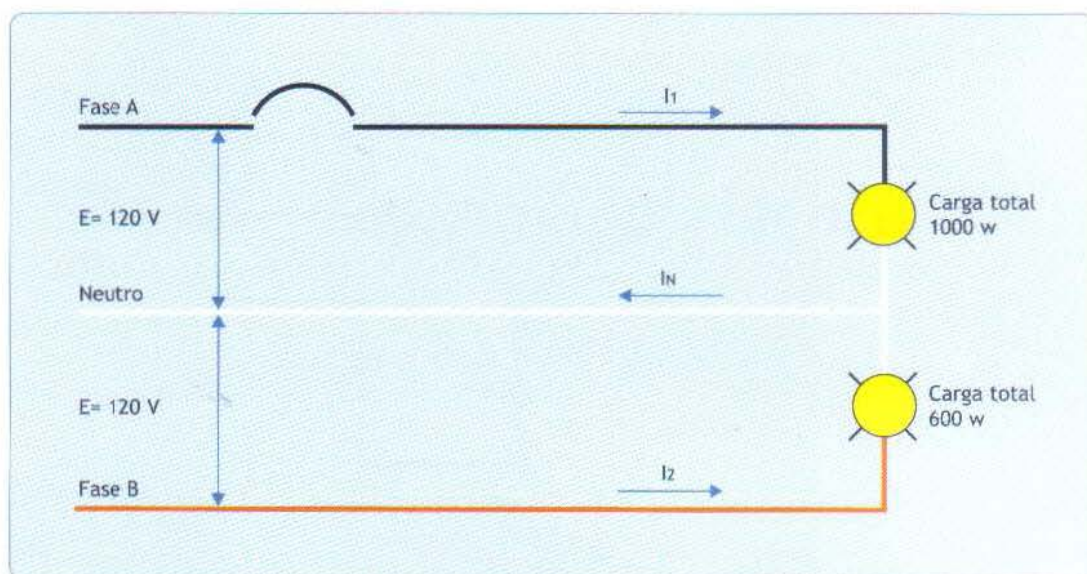


Fig. 12/1: Circuito eléctrico de 3 conductores.

La corriente eléctrica en la fase A

$$I1 = 1000 \text{ W} / 120$$

$$I1 = 8,33 \text{ A}$$

La corriente eléctrica en la fase B

$$I2 = 600 \text{ W} / 120$$

$$I2 = 5 \text{ A}$$

La corriente en el neutro N es:

$$In = I1 - I2$$

$$In = 8,33 - 5 \text{ A} = 3,33 \text{ A}$$

C Circuito eléctrico de tres fases, 4 hilos

La fórmula a utilizar es:

$$I = VA / (1,73 \times E \times F.P.)$$

I = Amperes

VA = Volt-amperes

E = Tensión, volts

F.P. = Factor de potencia

Ejemplo: calcule la corriente eléctrica que consume el siguiente circuito eléctrico

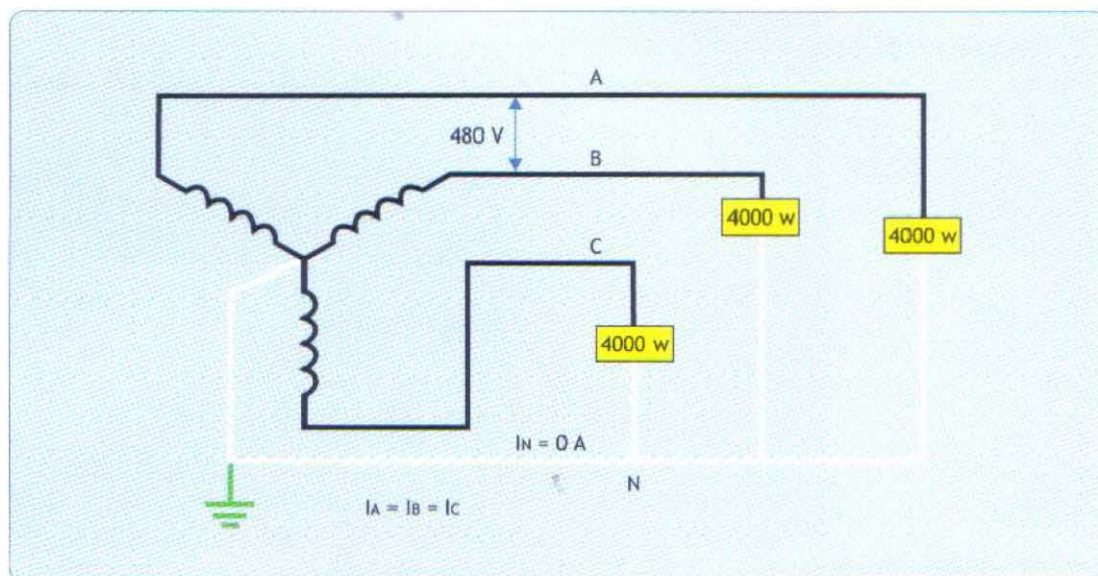


Fig. 13/1: Sistema eléctrico balanceado.

Carga = 12 000 W

F.P. = 0,90

E = 480 V

Fases = 3

I fase = 12 000 W / (1,73 x 480 x 0,90)

I fase = 16,05 A

La corriente en el neutro es $I_N = 0$ A



Subestación S2



- Diseño a la medida.
- Modular.
- Diferentes tipos de envolvente.
- Interruptores en aire o SF6.

Legislación vigente

Contenido

Introducción	10
Valores normativos	11
Circuitos alimentadores	11
Circuitos derivados	14
Tensiones normalizadas	16

Introducción

Las instalaciones eléctricas se rigen por la **LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de diciembre de 1975 con reforma del 23 de diciembre de 1992, en su artículo 28 establece que:

"Corresponde al solicitante del servicio realizar a su costa y bajo su responsabilidad, las obras e instalaciones destinadas al uso de la energía eléctrica, mismas que deberán satisfacer los requisitos técnicos y de seguridad que fijen las Normas Oficiales Mexicanas.

Cuando se trate de instalaciones eléctricas para servicios en alta tensión, y de suministros de lugares de concentración pública, se requerirá que una unidad de verificación aprobada por la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, certifique, en los formatos que para tal efecto expida ésta, que la instalación en cuestión cumple con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a dichas instalaciones. La Comisión Federal de Electricidad solo suministrará energía eléctrica previa la comprobación de que las instalaciones a que se refiere este párrafo han sido certificadas en los términos establecidos en este artículo".

La **Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica** se complementa con su reglamento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 31 de mayo de 1993, en el cual se especifica a la prestación de dicho servicio y a las actividades previstas en la propia Ley que no constituyen servicio público.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (utilización) se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 13 de marzo del 2006 y suple a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, y de acuerdo a su transitorio primero, esta norma entrará en vigor 6 meses después, es decir, el día 13 de septiembre del 2006, es por eso que las personas involucradas como peritos eléctricos, unidades de verificación, ingenieros, técnicos, electricistas, proyectistas, supervisores, se familiaricen con la norma asistiendo a seminarios para ejecutar adecuadamente un proyecto y su construcción.

Hay que recordar que la norma no es un manual de diseño, ni debe ser utilizado por personas no calificadas. Para hacer uso apropiado de las especificaciones de la norma, es necesario recibir capacitación y tener experiencia suficiente en el manejo de las instalaciones eléctricas.

Cabe señalar que la norma es equivalente con la parte 1 de la Norma Internacional IEC 60364, Electrical Installations of Buildings Part 1: Scope, object and fundamental principles, en lo que se refiere al tema de principios fundamentales de seguridad; además la norma está integrada por el NEC (NATIONAL ELECTRICAL CODE) de los años, 1996, 1999 y 2002, aunque se mencione en la misma norma como bibliografía el NFPA-70, 1999 Código Nacional Eléctrico, edición en español.

El objetivo primordial de la norma es:

Establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- los choques eléctricos,
- los efectos térmicos,
- sobrecorrientes,
- las corrientes de falla y
- sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en la norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo, la norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

La familiarización y la comprensión de las especificaciones de la norma requieren de mucho estudio, por lo que es necesario recibir capacitación.

Procedimiento para la evaluación de la conformidad

De la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, instalaciones eléctricas (utilización).

El procedimiento para la evaluación de la conformidad (PEC), se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 24 de Octubre del 2006 y entrará en vigor 60 días después, es decir, el 24 de Diciembre del 2006.

Este PEC es el procedimiento que debe llevar a cabo una unidad de verificación de instalaciones eléctricas cuando realiza la verificación de un proyecto e instalación eléctrica solicitado por parte del usuario.

Valores normativos

Recordemos que los valores que se indican en la NOM-001-SEDE-2005, de aquí en adelante norma vigente, son los mínimos y máximos que se deben tomar en cuenta para que una instalación eléctrica sea segura para las personas y para los equipos eléctricos.

Se hace un resumen de los valores que se deben tomar en cuenta en un diseño de una instalación eléctrica.

Nota: Las referencias a secciones, artículos y tablas, corresponden a la NOM-001-SEDE-2005, publicada en el DOF del 13 de marzo del 2005.

Algunas de las tablas incluidas en esta publicación, corresponden a la norma antes citada, mantienen su numeración y se destacan con el encabezado en color azul.

Circuitos alimentadores

Los conductores de los circuitos alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas.

La capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito alimentador no debe ser menor a 30 A, cuando alimente a:

- dos o más circuitos derivados de dos conductores conectados a un alimentador de dos conductores,
- más de dos circuitos derivados de dos conductores, conectados a un alimentador de tres conductores,
- dos o más circuitos derivados de tres conductores conectados a un alimentador de tres conductores, y
- dos o más circuitos derivados de cuatro conductores conectados a un alimentador de tres fases, cuatro conductores.

Alimentadores con neutro común

Se permite que solamente se use un neutro común cuando se tengan circuitos alimentadores de 2 ó 3 conductores o en circuitos alimentadores de dos grupos de 4 ó 5 conductores.

Cargas continuas y no continuas

Si un circuito alimentador suministra energía a cargas continuas en combinación con cargas no continuas, el tamaño mínimo del conductor debe ser:

$$I_{\text{alim}} = I \geq 1,25 (I_{\text{carga continua}}) + I_{\text{carga no continua}}$$

La capacidad de corriente del dispositivo de protección no debe ser menor a:

$$I_{\text{prot}} = 1,25 (I_{\text{carga continua}}) + I_{\text{carga no continua}}$$

Factores de demanda

Los factores de demanda que se deben de aplicar a la carga total de alumbrado general se indican en la tabla 220-11.

Estos factores no se deben de aplicar en el cálculo del número de circuitos derivados de alumbrado general.

Tabla 220-11.- Factores de demanda de cargas de alumbrado.

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 ó menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 ó menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20 000 ó menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 1 000 000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 ó menos	100
	De 3 001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Total VA	100

* Los factores de demanda de esta tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

Alumbrado de aparadores

Se debe incluir una carga mínima de 200 VA por cada 30 cm de aparador, medido horizontalmente a lo largo de su base.

Tabla 220-13.- Factores de demanda para cargas de receptáculos que no son unidades de vivienda.

Parte de la carga de receptáculos a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Primeros 10 kVA ó menos	100
A partir de 10 kVA	50

Tabla 220-20.- Factores de demanda de equipos de cocina en inmuebles que no son unidades de vivienda.

Número de equipos	Factor de demanda (%)
1	100
2	100
3	90
4	80
5	70
6 ó más	65

Cargas de receptáculos en inmuebles que no son unidades de vivienda

Se permite adicionar a las cargas de alumbrado, cargas de receptáculos de no más de 180 VA por salida.

En la tabla 220-13 se muestran los factores de demanda para cargas de receptáculos.

Motores

Se deben de calcular de acuerdo al capítulo de motores (ver capítulo 10)

Calefacción eléctrica fija

Las cargas de calefacción eléctrica fija deben de calcularse considerando el 100% de la carga total conectada.

Equipos de cocina en inmuebles que no son unidades de vivienda

Las cargas de las cocinas comerciales, calentadores de agua de los lavaplatos, otros calentadores y otros equipos de cocina deben de calcularse de acuerdo a la tabla 220-20.

Cargas no coincidentes

Cuando se alimenten dos cargas, en las que no es probable que trabajen simultáneamente, se puede omitir la más pequeña de las dos en el cálculo de la carga total del alimentador.

Carga del neutro del alimentador

La carga del neutro debe ser el máximo desequilibrio de la carga calculada, la carga de máximo desequilibrio es la carga máxima calculada entre el neutro y el conductor de fase.

Para sistemas de dos fases, tres conductores o dos fases cinco conductores la carga obtenida se debe multiplicar por el 140%.

Para sistemas de corriente continua de 3 conductores o de corriente alterna para 2 fases 5 conductores, se debe aplicar el factor de demanda del 70% para la parte de la carga en desequilibrio mayor a 200 A.

$$I_{\text{neutro}} = 200 + 0,70 \times I_{\text{restante}}$$

Ejemplo: Si se tiene una carga de 300 A, la corriente en el neutro será:

$$I_{\text{neutro}} = 200 + 0,70 \times 100$$

$$I_{\text{neutro}} = 200 + 70$$

$$I_{\text{neutro}} = 270 \text{ A}$$

Si se alimentan cargas no lineales no se debe reducir la capacidad de corriente del neutro, si:

- Se tiene un sistema trifásico, 4 hilos, conectados en estrella.
- Se tiene un sistema trifásico, 4 hilos, conectado en estrella, cuando el circuito está formado por dos fases y el conductor neutro.

Tabla 220-34.- Método opcional para calcular los factores de demanda de los conductores de alimentadores y de entrada de acometidas en escuelas y colegios.

Carga conectada en VA/m ²	Factor de demanda (%)
Los primeros 30	100
Desde 30 hasta 200	75
Más de 200	25

Se recomienda que para el tamaño nominal del neutro, el área sea del doble de la sección transversal del conductor de fase, para cargas no lineales.

Cálculo opcional para escuelas

Se permite hacer el cálculo de la carga de un alimentador aplicando la tabla 220-34.

En la carga total se debe de incluir todas las cargas de alumbrado interiores, exteriores, fuerza, calentadores de agua, estufas, otras cargas y la mayor del aire acondicionado o calefacción eléctrica.

Cálculo opcional para restaurantes nuevos

Se permite hacer el cálculo de la carga del alimentador de un restaurante cuando el alimentador soporta la carga total, de acuerdo a lo indicado en la tabla 220-36.

Tabla 220-36.- Método opcional-Factores de demanda de los conductores del alimentador y entrada de acometida de restaurantes nuevos.

Carga total conectada (kVA)	Factor de demanda (%)	
	Todo eléctrico	No todo eléctrico
0-250	80	100
251-280	70	90
281-325	60	80
326-375	50	70
376-800	50	65
Más de 800	50	50

Nota: Para calcular la carga total conectada, sumar todas las cargas eléctricas, incluidas las de la calefacción y del aire acondicionado. De la tabla anterior elegir el factor de demanda a aplicar y multiplicar la carga total conectada por ese factor de demanda.

Tabla 220-40.- Método para calcular las cargas de instalaciones agrícolas que no sean unidades de vivienda.

Carga en amperes, a 240 V máximo	Factor de demanda (%)
Cargas que se espera funcionen sin diversidad, pero a no menos del 125% de la corriente a plena carga del motor más grande y no menor que los primeros 60 A de carga.	100
Siguientes 60 A de todas las demás cargas	50
Resto de las demás cargas	25

Tabla 220-41.- Método de cálculo de la carga total de una instalación agrícola.

Cargas individuales calculadas según la Tabla 220-40	Factor de demanda (%)
Carga máxima en magnitud	100
Segunda carga en magnitud	75
Tercera carga en magnitud	65
Cargas restantes	50

Nota: A esta carga total se suma la carga de la unidad de vivienda calculada según las partes B o C de este artículo. Si la unidad de vivienda tiene calefacción eléctrica y la instalación tiene sistemas de secado eléctrico de grano, no se debe aplicar la parte C de este artículo para calcular la carga de la vivienda.

Cálculo de cargas en instalaciones agrícolas

Edificios y otras cargas

Para cada granja o carga alimentada por dos o más circuitos derivados, la carga del alimentador se debe de calcular como mínimo de acuerdo a los factores indicados en la tabla 220-40.

Cargas en instalaciones agrícolas: carga total

La carga total del alimentador para una instalación agrícola se debe calcular de acuerdo a los factores de demanda indicados en la tabla 220-41.

Circuitos derivados

El cálculo de los circuitos derivados se debe de calcular de acuerdo a lo siguiente:

Cargas continuas y no continuas

Si un circuito derivado suministra energía a cargas continuas en combinación con cargas no continuas, el tamaño mínimo del conductor debe ser:

$$I_{\text{alim}} = \text{ó} \geq 1,25 (I_{\text{carga continua}}) + I_{\text{carga no continua}}$$

La capacidad del circuito derivado no debe ser menor a:

$$I_{\text{derivado}} = 1,25 (I_{\text{carga continua}}) + I_{\text{carga no continua}}$$

Cargas de alumbrado por uso de edificios

La carga mínima de alumbrado por m^2 de superficie de piso debe ser mayor o igual a lo indicado en la tabla 220-3 (b), para los edificios descritos en la misma.

La superficie de cada piso de cada planta debe calcularse a partir de las dimensiones exteriores del edificio.

Tabla 220-3(b).- Cargas de alumbrado general por tipo del inmueble.

Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m ²)
Almacenes militares y auditorios	10
Bancos	35**
Bodegas	2,5
Casas de huéspedes	15
Clubes	20
Edificios de oficinas	35**
Edificios industriales y comerciales	20
Escuelas	30
Estacionamientos públicos	5
Hospitales	20
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina*	20
Iglesias	10
Juzgados	20
Peluquerías y salones de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30
Unidades de vivienda*	30
En cualquiera de las construcciones anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
• Lugares de reunión y auditorios	10
• Vestíbulo, pasillos, armarios, escaleras	5
• Lugares de almacenamiento	2,5

Notas:

* Todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A o menos, en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los clientes de hoteles y moteles (excepto las conectadas a los circuitos de receptáculos de corriente eléctrica especificados en 220-4(b) y (c)), deben considerarse tomas para alumbrado general y en tales salidas no son necesarios cálculos para cargas adicionales.

** Además debe incluirse una carga unitaria de 10 VA/m² para las salidas de receptáculos de uso general cuando este tipo de salidas de receptáculos sea desconocido.

Para otras cargas todas las construcciones

Para el cálculo en todo tipo de construcción la carga mínima de cada salida de uso general y receptáculos y salidas no utilizadas para alumbrado general, no debe ser menor a:

- Salida para aparato electrodoméstico: la corriente en amperes del aparato o carga conectada.
- Salida para motor, ver capítulo de motores.
- Salida para luminarios empotrados: capacidad en VA
- Salida para portalámparas de servicio pesado: mínimo 600 VA
- Rieles de alumbrado: por cada 60 cm de longitud o fracción del mismo, considerar 150 VA
- Alumbrado para anuncios y realce: mínimo 1200 VA
- Otras salidas: mínimo 180 VA por salida.

Para salidas de receptáculos, debe considerarse lo siguiente:

- Un receptáculo sencillo: mínimo 180 VA
- Un receptáculo múltiple: mínimo 180 VA

Receptáculos múltiples fijos:

Por cada 1,50 m o fracción: mínimo 180 VA

Receptáculos múltiples fijos para aparatos electrodomésticos que se utilicen simultáneamente: por cada 30 cm o fracción: mínimo 180 VA

Escaparates

Se permite que por cada 30,5 cm de escaparate, medido en forma horizontal se considere una carga: mínima de 200 VA.

Tensiones normalizadas

Las tensiones eléctricas son aquellas a las que funcionan normalmente los circuitos eléctricos.

La tensión eléctrica a la que trabaja un equipo eléctrico no debe ser menor a la tensión real del circuito al que se encuentra conectado.

Tensión eléctrica

Es el valor que se asigna a un sistema, parte de un sistema, un equipo o a cualquier otro elemento, y al cual se refieren ciertas características de operación o comportamiento de éstos.

Tensión eléctrica del sistema

Es el valor que se asigna a un sistema eléctrico

Ejemplos de tensiones normalizadas como valores preferentes:

120/240 V

220 Y/127 V

480 Y/277 V

480 V

Como valor congelado: 440 V

Nota: La tensión eléctrica de un sistema es el valor cercano al nivel de tensión al cual opera normalmente el sistema. Debido a contingencias de operación, el sistema opera a niveles de tensión del orden de $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica del sistema para la cual los componentes del sistema están diseñados.

Tensión eléctrica de utilización

Es el valor para determinados equipos de utilización del sistema eléctrico.

Los valores de tensión eléctrica de utilización como valores preferentes, son:

115/230 V

208 Y/120 V

460 Y/265 V

460 V

Definiciones

Baja tensión: Tensión eléctrica hasta 1000 V

Media tensión: Tensión eléctrica mayor de 1000 V hasta 34,5 kV

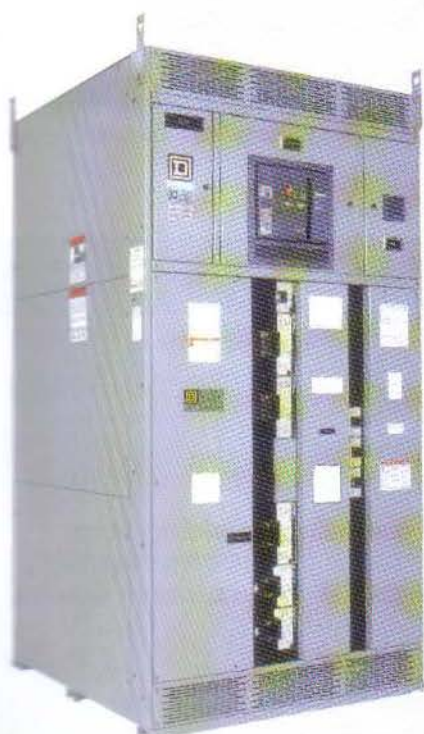
Alta tensión: Tensión eléctrica mayor de 34,5 kV hasta 230 kV

Extra alta tensión: Tensión eléctrica mayor de 230 kV



Requisitos de las instalaciones eléctricas

Tableros QD Logic



- **Confiable.**
- **Seguro.**
- **Robusto.**

Contenido

Aprobación	18
Tamaño de los conductores	18
Resistencia de aislamiento	18
Métodos de alambrado	19
Corriente de interrupción	19
Lugar de la instalación eléctrica	19
Limpieza	19
Montaje y enfriamiento de equipos eléctricos	19
Conexiones eléctricas	20
Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico de 600 V o menos a tierra	21
Espacio de trabajo para equipos eléctricos de más de 600 V ..	23
Instalación de tableros de distribución, tableros de alumbrado y control, centro de control de motores.	28

Aprobación

En la construcción de las instalaciones eléctricas es importante considerar la calidad de los dispositivos eléctricos tales como interruptores, fusibles, centros de carga, luminarios, subestaciones eléctricas, transformadores, conductores, etc., es por eso, que cualquier producto eléctrico que se utilice debe estar aprobado por un organismo de certificación acreditado y aprobado, con lo que se comprueba que el producto eléctrico cumple con la Norma Oficial Mexicana de producto, a falta de esta norma, también pueden cumplir con una norma Mexicana (voluntaria).

Al utilizar productos que no estén aprobados, la instalación eléctrica será insegura, trayendo como consecuencia variaciones de tensión, calentamiento de productos y finalmente el inicio de un incendio, e incluso riesgo de choque eléctrico al usuario.

Al instalar un equipo eléctrico el usuario debe leer cuidadosamente el instructivo para conocer los requerimientos eléctricos y los cuidados que se deben tomar en cuenta.

Tamaño de los conductores

En la norma los tamaños de los conductores se indican como designación y se expresan en mm^2 y opcionalmente en AWG (American Wire Gage – calibre del conductor americano) o en mil circular mils (kcmil)

El tamaño mínimo de los conductores que se deben de utilizar en las instalaciones eléctricas se indican en la tabla 310-5, de acuerdo a la tensión y al tipo de material.

Tabla 310- 5.- Tamaño mínimo de los conductores

Tensión del conductor (V)	Tamaño o designación mínima del conductor mm^2 (AWG)	
	Cobre	Aluminio
0-2 000	2,08 (14)	13,3 (6)
2 001-5 000	8,37 (8)	13,3 (6)
5 001-8 000	13,3 (6)	13,3 (6)
8 001-15 000	33,6 (2)	33,6 (2)
15 001-28 000	42,4 (1)	42,4 (1)
28 001-35 000	53,5 (1/0)	53,5 (1/0)

Analizando la tabla se indica que el tamaño mínimo de los conductores en sistemas de 0 a 2000 V, es $2,08 \text{ mm}^2$ 14 (AWG) aunque en algunas excepciones de la norma permiten tamaños menores de acuerdo a las aplicaciones.

Resistencia de aislamiento

Todos los conductores se deben instalar de tal forma que cuando este terminada la instalación eléctrica debe quedar libre de cortocircuitos y de conexiones de puesta a tierra distintas a las exigidas por la norma.

La manera de comprobar que los conductores están libres de cortocircuitos, antes de energizar realizar la prueba de resistencia de aislamiento de los conductores tanto en baja como en media tensión.

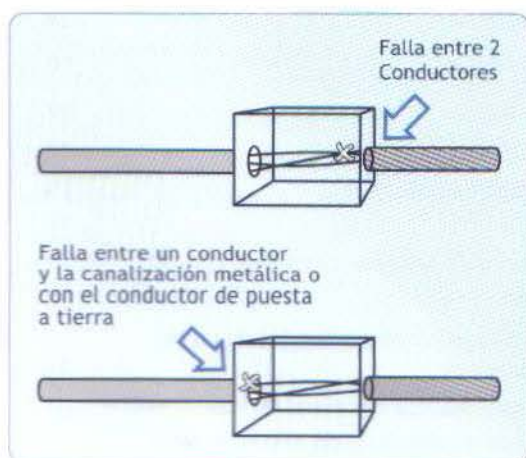


Fig. 1/3

Métodos de alambrado

Los métodos de alambrado para ejecutar una instalación eléctrica son los indicados en la norma, dependiendo el tipo de ambiente, ver capítulo 10.

Corriente de interrupción

Es la corriente eléctrica máxima a la tensión que un dispositivo es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas. Los dispositivos diseñados para interrumpir corriente eléctrica a otros niveles distintos de los de falla, pueden tener su valor de interrupción expresado en función de otras unidades, como kW, kVA o corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor.

Los dispositivos de protección como interruptores automáticos o fusibles, deben ser capaces de abrir el circuito cuando se presente una falla sin sufrir daño alguno. Para la selección adecuada de la capacidad interruptiva de los dispositivos de protección es necesario realizar el estudio de cortocircuito trifásico del sistema eléctrico.

Lugar de la instalación eléctrica

Los conductores o equipos eléctricos no se deben instalar en lugares húmedos o mojados, ni cuando estén expuestos a gases, humos, vapores, líquidos u otros agentes como la exposición a temperaturas excesivas.

Solamente si estos conductores o equipos eléctricos están identificados para utilizarlos en estos ambientes.

Limpieza

Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional por personal calificado.

Las aberturas que no se utilicen en las cajas de conexiones, gabinetes, canalizaciones, canales auxiliares, carcasas o gabinetes de los equipos, se deben cerrar eficazmente para ofrecer protección equivalente a la del equipo.

Montaje y enfriamiento de equipos eléctricos

El equipo eléctrico debe instalarse firmemente en la superficie que se le haya designado, en la norma vigente se prohíbe utilizar taquetes de madera.

Los equipos deben instalarse de modo que no se impida la circulación del aire ambiente, si estos equipos están diseñados con aberturas de ventilación, éstas no deben tener obstáculos.

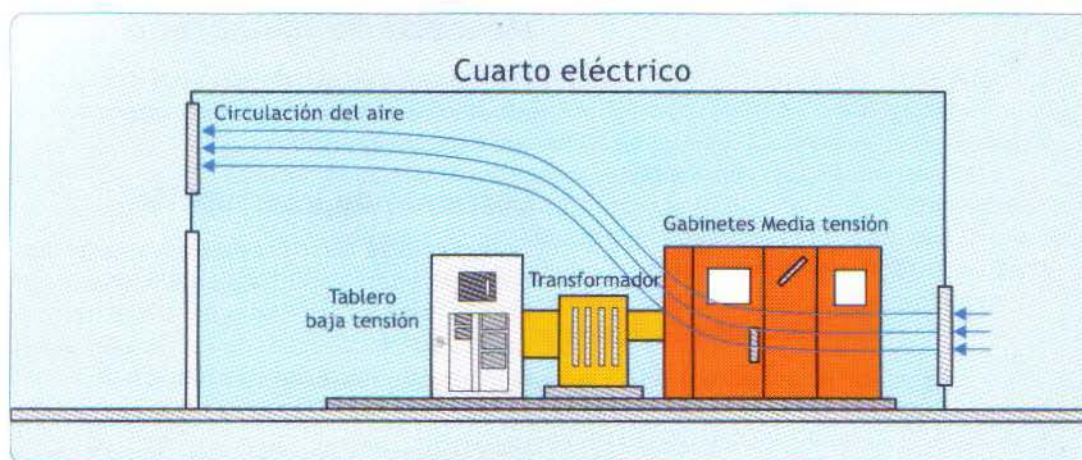


Fig. 2/3: Enfriamiento de equipos eléctricos

Conexiones eléctricas

Para realizar las conexiones eléctricas ya sea con conductores de cobre o de aluminio, se deben utilizar los conectadores o uniones a presión y terminales soldables apropiados para el material del conductor e instalarse adecuadamente.

No se deben unir conductores de materiales distintos como cobre con aluminio, a menos que el dispositivo sea el adecuado.

Terminales

La conexión de los conductores a las terminales se debe realizar de forma segura y sin deterioro por medio de:

- Conector de presión (incluyendo tornillo de fijación).
- Conectores soldables.
- Empalmes a terminales flexibles.
- Para conductores de tamaño de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) o menores se permite la conexión por medio de tornillos o pernos y tuercas de sujeción.

Empalmes

Existe mucha controversia en cuanto cómo la norma vigente permite realizar los empalmes de los conductores eléctricos.

Se permite realizar empalmes de conductores:

- 1 Con dispositivos adecuados según su uso.
- 2 Con soldadura de bronce, soldadura autógena o soldadura con un metal de aleación fundible.

Si los empalmes son soldados, primeramente se deben unir los conductores, para tener una conexión mecánica y eléctrica firme.

Una vez realizado lo anterior, los empalmes se deben de cubrir con un aislamiento equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante adecuado.



Interruptor PowerPact JL250

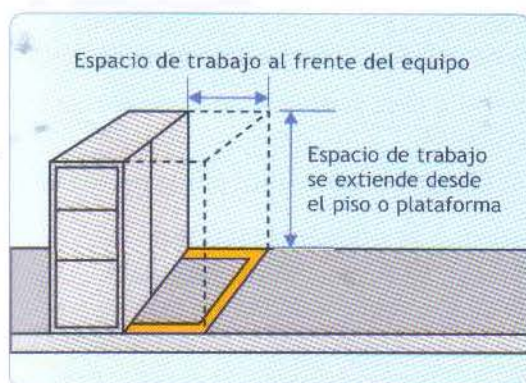


Fig. 3/3: Espacio de trabajo al frente de un equipo eléctrico.

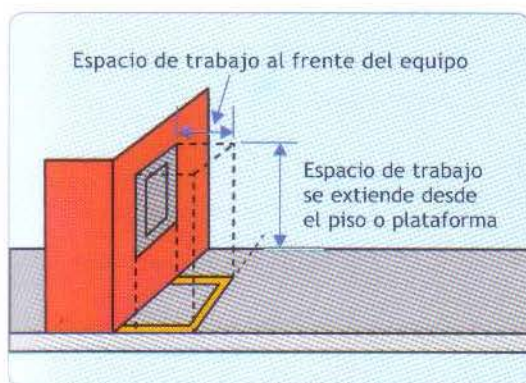


Fig. 4/3: Espacio de trabajo al frente de un equipo eléctrico.

Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico de 600 V o menos a tierra

Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio libre para el acceso y para trabajar, con el cual se permita el funcionamiento y mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.

La distancia de trabajo al frente de los equipos eléctricos, es la que se indica en tabla 110-16 (a).

La distancia se mide desde las partes vivas si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente si están cerradas

Se considera que las paredes de concreto, ladrillo o azulejo están puestas a tierra.

Tabla 110-16(a).- Distancias de trabajo

Tensión eléctrica a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,90	0,90	0,90
151-600	0,90	1,1	1,20

Las condiciones son las siguientes:

- 1 Partes vivas expuestas en un lado y no vivas ni conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a 300 V o menos.
- 2 Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
- 3 Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

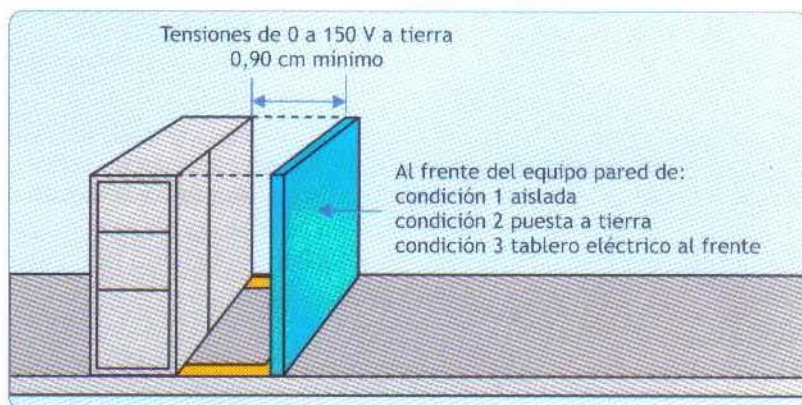


Fig. 5/3: Espacios de trabajo para tensiones de 0 a 150 V.

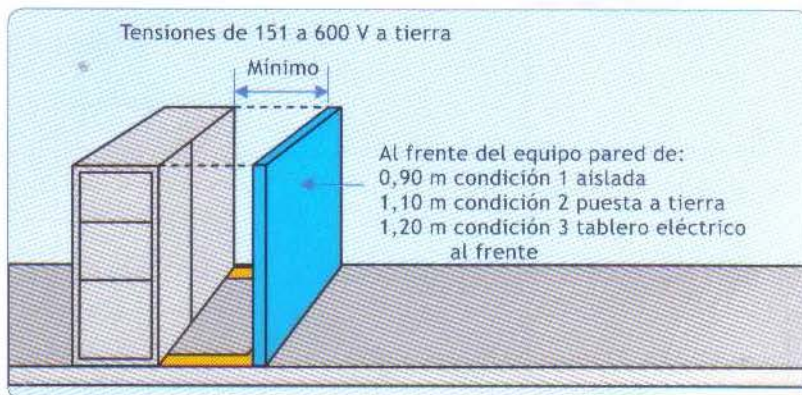


Fig. 6/3: Espacios de trabajo para tensiones de 151 a 600 V.



Fig. 7/3: Espacio libre a lo ancho del equipo eléctrico.

Además de la distancia de trabajo al frente de los equipos eléctricos, se debe mantener un espacio de trabajo a lo ancho del equipo de 80 cm.

El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida.

Las puertas de los equipos eléctricos deben abrir por lo menos 90°.

Espacio en la parte posterior de equipos eléctricos

Si el equipo eléctrico, como un tablero de distribución de frente muerto o como un centro de control de motores, no tiene partes reemplazables o ajustables en su parte posterior, no se requiere espacio de trabajo.

Si se requiere acceso por la parte posterior de los equipos eléctricos, se debe mantener un espacio de 76 cm en horizontal y solamente se podrá trabajar cuando el equipo esté desenergizado.

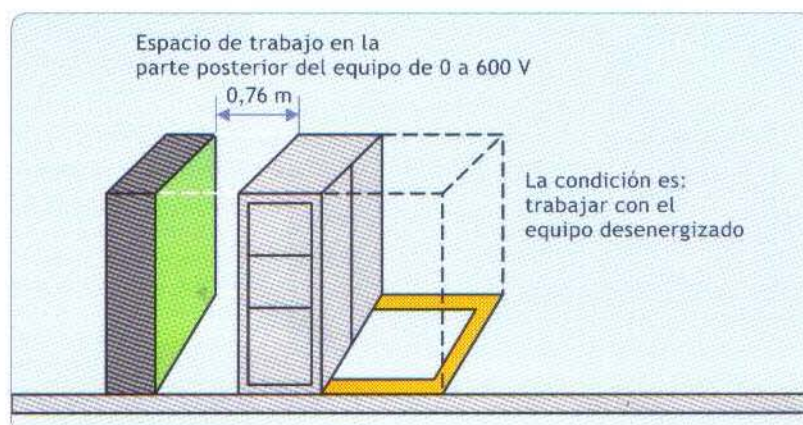


Fig. 8/3: Espacio de trabajo en la parte posterior de los equipos eléctricos.

Acceso y entrada al espacio de trabajo

Debe existir cuando menos una entrada que dé acceso al espacio de trabajo de un ancho suficiente.

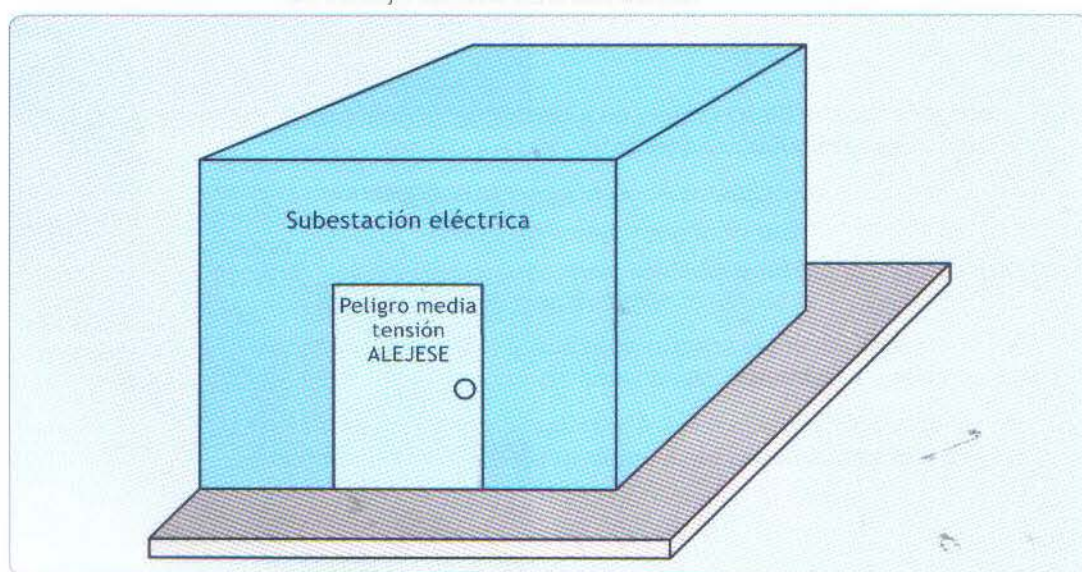


Fig. 9/3: Cuarto eléctrico con una entrada al acceso al espacio de trabajo.

Si el equipo eléctrico es de 1200 A o más y tiene más de 1,80 m de ancho, debe tener una entrada de no menos de 61 cm y de 2 m de altura en cada extremo.

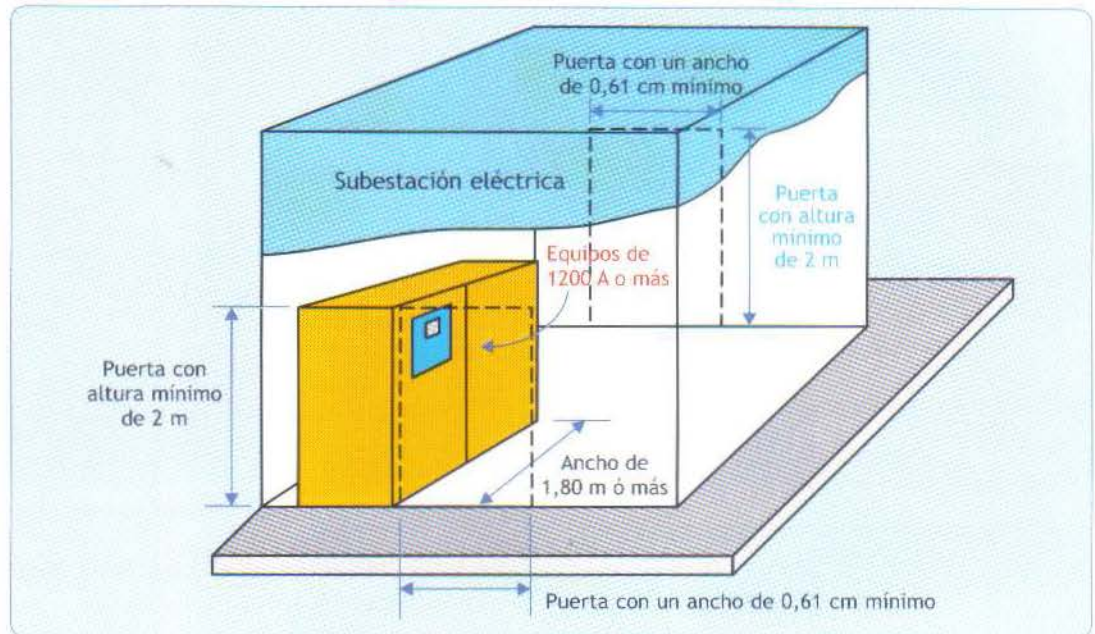


Fig. 10/3: Cuarto eléctrico con equipos de más de 1200 A debe contar con 2 entradas mínimo.

Si el espacio de trabajo es el doble de lo indicado en tabla 110-16(a), solamente se requerirá una sola entrada.

Iluminación

En todos los espacios de trabajo alrededor del equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, tableros de alumbrado o de los centros de control de motores que se encuentren instalados en el interior, debe instalarse iluminación, además que esta iluminación debe recibir suministro de una fuente de energía que puede ser:

- Baterías.
- Grupo generador.
- Sistemas de alimentación ininterrumpible.
- Acometida independiente.
- Equipo unitario.

Altura del cuarto eléctrico

La altura mínima del espacio de trabajo hasta el techo debe ser de 2 m. Cuando el equipo eléctrico tenga una altura superior a 2 m, la altura mínima será la altura del equipo eléctrico.

Espacio de trabajo para equipos eléctricos de más de 600 V

El acceso a las instalaciones eléctricas de más de 600 V debe estar controlado por medio de cerraduras y llave u otro medio y deben ser accesibles únicamente a personas calificadas.

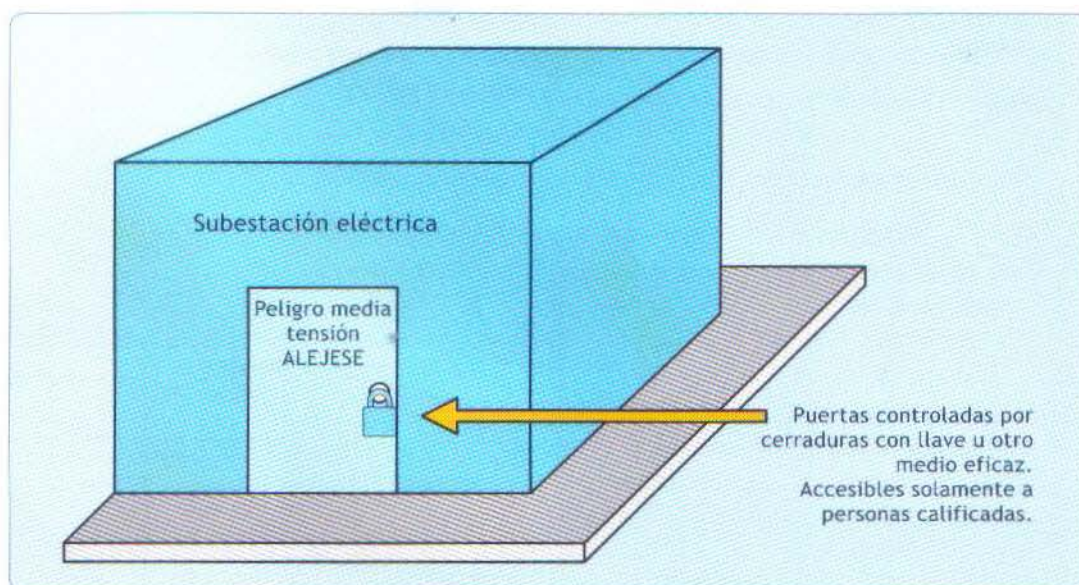


Fig. 11/3: Control de acceso a instalaciones eléctricas de más de 600 V.

Si la instalación eléctrica está a la intemperie se debe instalar una pared, mampara o cerca.

La cerca debe tener una altura mínima de 2,15 m; o una combinación de cerca de 1,80 m y de 30 cm de prolongación con tres o más cables de alambre de púas o equivalente.

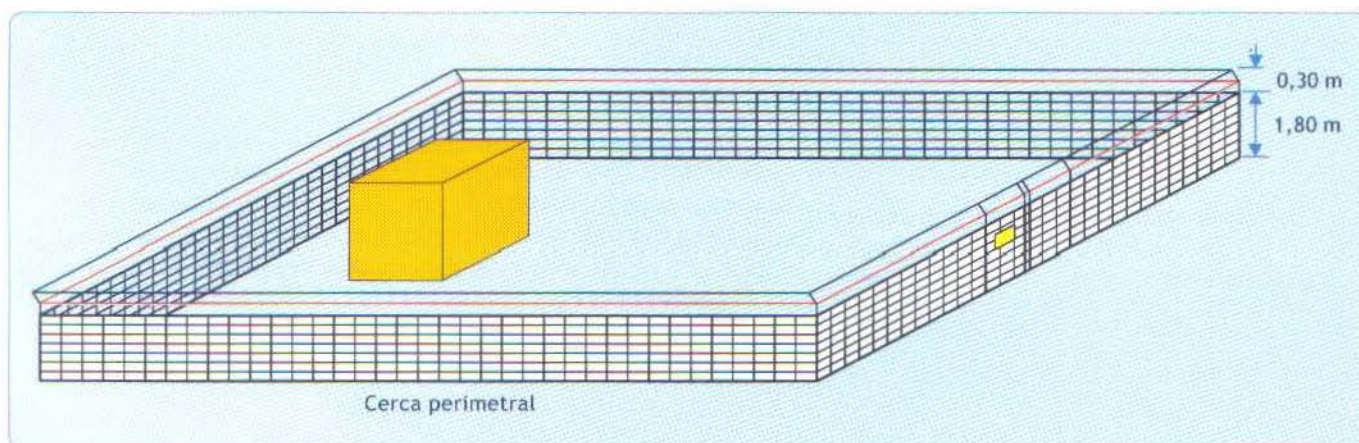


Fig. 12/3: Cerca perimetral en equipos eléctricos de más de 600 V, en exteriores.

Espacios de trabajo para equipos eléctricos

Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio libre para el acceso y para trabajar, con el cual se permita el funcionamiento y mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.

El espacio de trabajo mínimo no debe ser menor a 2 m de altura, medidos desde el nivel de piso, ni menor a 90 cm de ancho medidos paralelamente al equipo.

Tabla 110-34(a).- Distancia mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica.

Tensión eléctrica a tierra (V)	Distancia mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
601-2 500	0,90	1,2	1,5
2 501-9 000	1,2	1,5	1,8
9 001-25 000	1,5	1,8	2,7
25 001-75 kV	1,8	2,4	3,0
más de 75 kV	2,4	3,0	3,6

Las condiciones son las siguientes:

- 1 Partes vivas expuestas en un lado y no activas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.
- 2 Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado. Las paredes de concreto, tabique o azulejo se consideran superficies conectadas a tierra.
- 3 Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

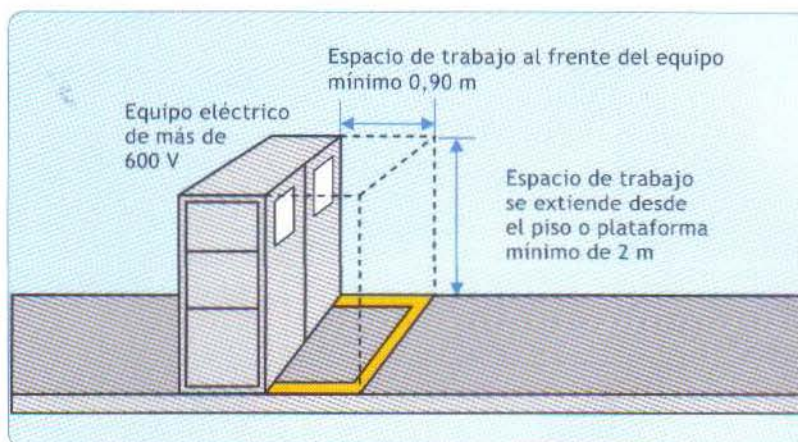


Fig. 13/3: Espacio de trabajo mínimo para equipos de más de 600 V.

La distancia de trabajo al frente de los equipos eléctricos, es la que se indica en tabla 110-34 (a).

Las puertas de los equipos eléctricos deben abrir por lo menos 90°.

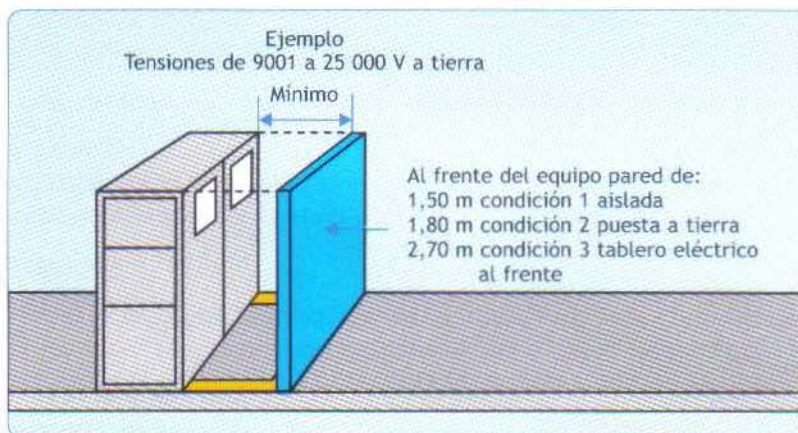


Fig. 14/3: Espacios de trabajo al frente del equipo eléctrico a una tensión de 9001 a 25 000 V a tierra.

Espacio en la parte posterior de equipos eléctricos

Si el equipo eléctrico como un tablero de distribución de frente muerto o como un centro de control de motores no tiene partes reemplazables o ajustables en su parte posterior, no se requiere espacio de trabajo.

Si se requiere acceso por la parte posterior de los equipos eléctricos, se debe mantener un espacio de 80 cm en horizontal y solamente se podrá trabajar cuando el equipo esté desenergizado.

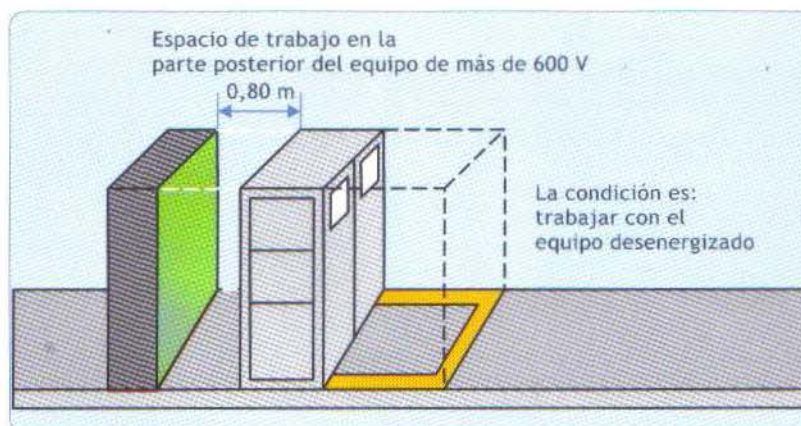


Fig. 15/3: Ejemplo de espacios de trabajo en la parte posterior del equipo eléctrico de más de 600 V.

Separación con instalaciones de baja tensión

Cuando se encuentre equipo instalado que funcione a 600 V o menos con partes vivas expuestas o cables expuestos a más de 600 V, la instalación de alta tensión debe separarse eficazmente por medio de un muro de tabique, cerca o pantalla adecuados.

Cuartos eléctricos

Todos los edificios, cuartos o envoltentes que contengan partes vivas expuestas o conductores expuestos de más de 600 V, se deben mantener cerrados con llave.

Se deben colocar señales preventivas permanentes y visibles que indiquen:

**“PELIGRO-ALTA TENSION ELÉCTRICA-
PROHIBIDA LA ENTRADA”**

Entrada y acceso al espacio de trabajo

Entrada. Para dar acceso al espacio de trabajo debe existir por lo menos una entrada mínima de 60 cm de ancho y de 2 m de alto.

Si el equipo eléctrico es de 1,80 m de ancho, debe tener una entrada de no menos de 60 cm de ancho por 2 m de altura en cada extremo.

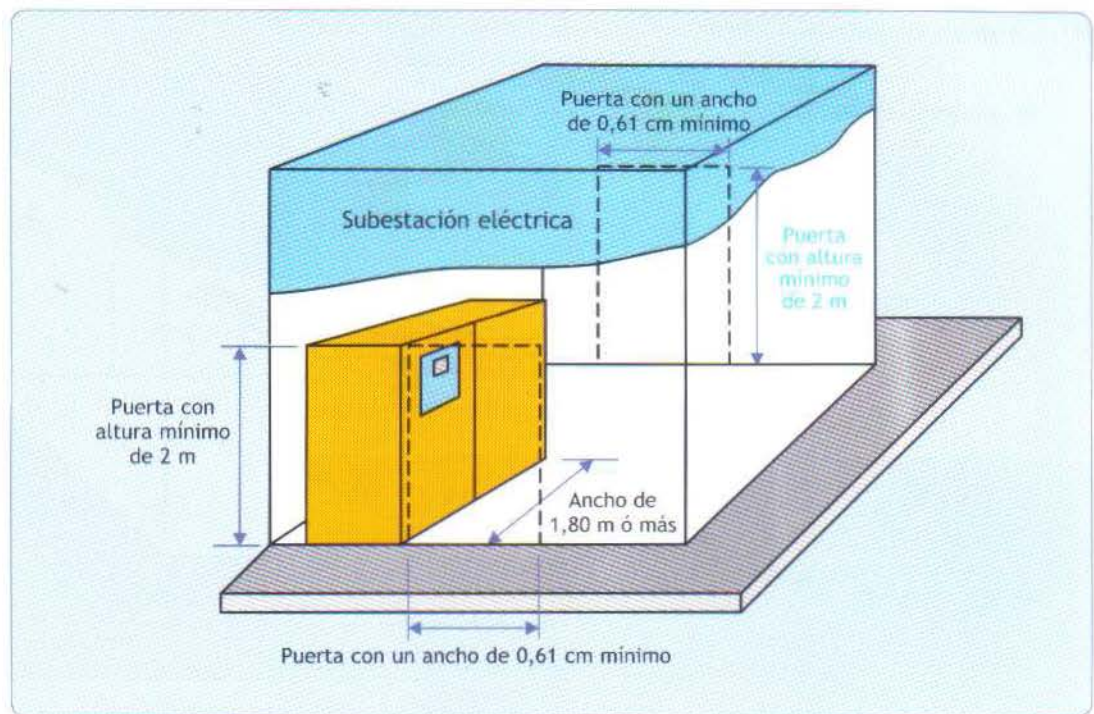


Fig. 16/3: Cuarto eléctrico con dos accesos, para equipos de más de 600 V y un ancho de más de 1,80 m.

Si el espacio de trabajo es el doble de lo indicado en tabla 110-34(a), solamente se requerirá una sola entrada a local.

Acceso

Si el equipo está instalado en plataformas, balcones, entresuelos, áticos o en los cuartos en las terrazas, debe haber escaleras o escalones permanentes para tener un acceso seguro.

Iluminación

En todos los espacios de trabajo alrededor del equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, tableros de alumbrado o de los centros de control de motores que se encuentren instalados en el interior, debe instalarse iluminación, además que esta iluminación debe recibir suministro de una fuente de energía que puede ser:

- Baterías.
- Grupo generador.
- Sistemas de alimentación ininterrumpible.
- Acometida independiente.
- Equipo unitario.

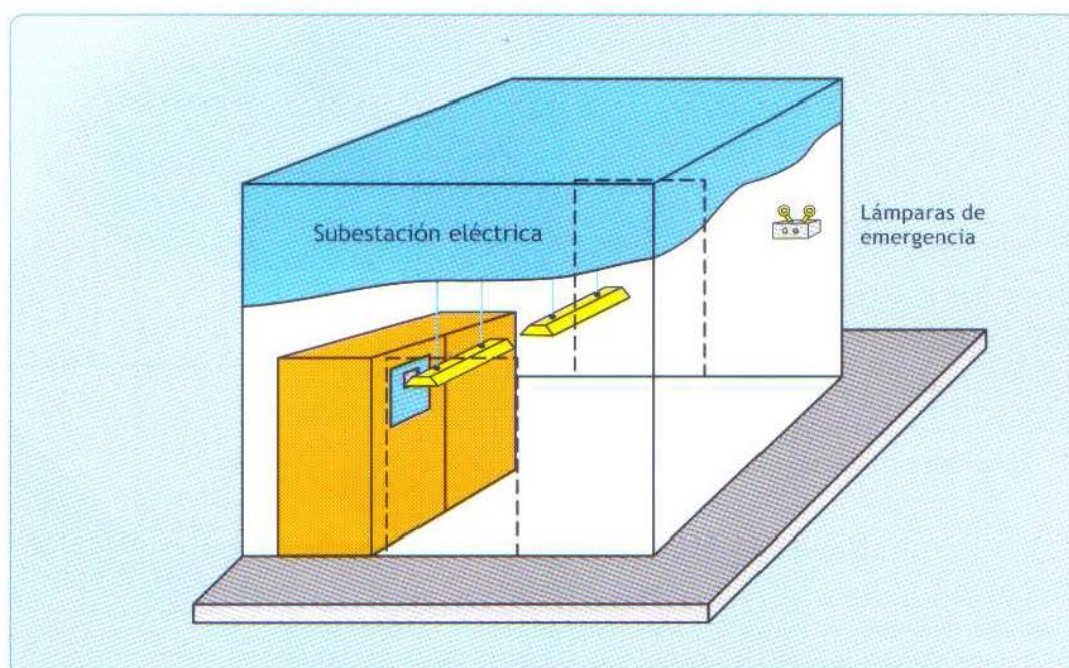


Fig. 17/3; Iluminación en un cuarto eléctrico.

Instalación de tableros de distribución, tableros de alumbrado y control, centro de control de motores

Donde se instalen tableros de distribución, tableros de alumbrado y control, centro de control de motores, se debe dejar un espacio exclusivamente dedicado para la instalación eléctrica entre el piso y los elementos estructurales del techo, que tenga una altura de 7,5 m a partir del nivel de piso con el mismo ancho y profundidad del equipo.

No se debe instalar es este espacio:

- Tuberías no eléctricas.
- Ductos.
- Equipo ajeno.

Importante: los plafones falsos no se consideran elementos estructurales.

Solamente se permite instalar rociadores automáticos sobre estos espacios:

En las áreas que no tengan el espacio indicado anteriormente, se permite que se instale equipo ajeno separado:

- Por la altura.
- Cubierta física.
- Tapas.

Que proporcionen una protección adecuada contra:

- Tráfico de vehículos.
- Contacto accidental de personas no autorizadas.
- Salpicaduras o fugas accidentales de tubería.

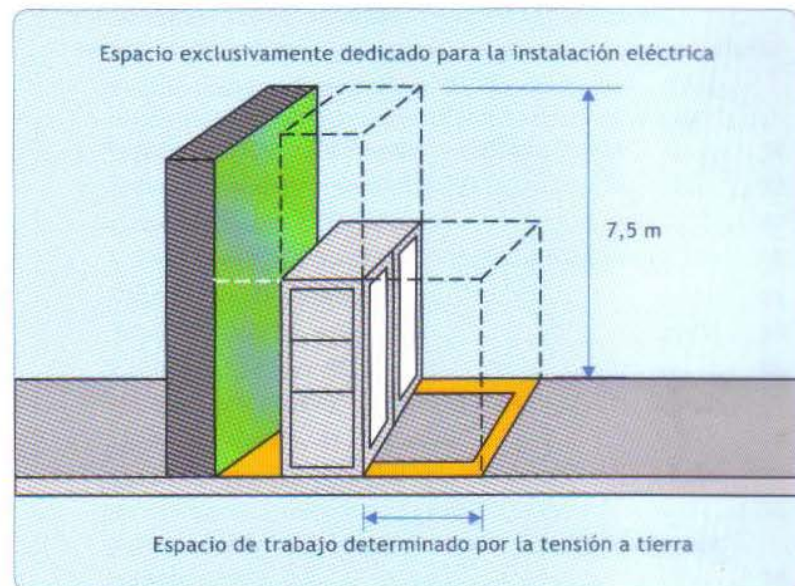


Fig. 18/3: Espacio dedicado para instalación eléctrica en tableros de distribución, alumbrado y control, C.C.M.

Nombre de archivo: CAPITULO 1 Y CAPITULO 2
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis documentos
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 11/09/2008 23:00:00
Cambio número: 6
Guardado el: 15/09/2008 15:17:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 820 minutos
Impreso el: 15/09/2008 15:21:00
Última impresión completa
Número de páginas: 30
Número de palabras: 8 (aprox.)
Número de caracteres: 46 (aprox.)



Secomat



- Seguridad.
- Disponibilidad en operación.
- Amplio rango de capacidades.
- Fácil de operar.

Requerimientos de la instalación

Contenido

Requerimientos de instalación de canalizaciones, cables, accesorios 32

Requerimientos de instalación de canalizaciones, cables, accesorios métodos de alambrado y requerimientos de instalación de canalizaciones, accesorios, cables 32

Cables de media tensión MT (MV) 32

Cable plano tipo FCC 32

Cable con aislamiento mineral y cubierta metálica tipo MI 33

Tubo (conduit) no metálico 33

Tubo (conduit) de polietileno 35

Cable armado tipo AC 36

Cables con armadura metálica tipo MC 37

Cables de entrada de acometida 38

Cables de energía y control tipo TC para uso en soportes para cables tipo charola 38

Tubo (conduit) de polietileno de alta densidad para usos subterráneos 39

Tubo (conduit) metálico tipo semipesado (pared gruesa) . . . 39

Tubo (conduit) metálico tipo pesado (cédula 40 conduit) . . . 41

Tubo (conduit) rígido no metálico (PVC) 42

Tubo (conduit) metálico tipo ligero (pared delgada) 43

Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero 44

Tubo (conduit) metálico flexible 45

Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico 46

Ducto metálico y no metálico con tapa 49

Ductos con barras (electroductos) 51

Gabinets, cajas para cortacircuitos y bases de medidores . 53

Desconectores 54

Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control . . 55

Cables y cordones flexibles 58

Cálculo de conductores 59

Cálculo de conductores en baja tensión 59

Cálculo de conductores por caída de tensión 62

Procedimiento para el cálculo de conductores 64

Requerimientos de instalación de canalizaciones, cables, accesorios

Requerimientos de instalación de canalizaciones, cables, accesorios métodos de alambrado y requerimientos de instalación de canalizaciones, accesorios, cables

En este capítulo se hace un resumen de los requerimientos exigidos por la norma vigente, de los cables, de las diferentes canalizaciones, de los accesorios más utilizados en las instalaciones eléctricas de menos de 600 V y de más de 600 V.

Cables de media tensión MT (MV)

Un cable MT se define como un cable monoconductor o multiconductor con aislamiento sólido para tensión eléctrica de 2001 V a 35 000 V.

Usos permitidos: se puede instalar en:

- Lugares secos o mojados.
- Canalizaciones.
- Soporte para cables tipo charola.
- Directamente enterrados.

Usos no permitidos: no se pueden instalar si no están aprobados e identificados para:

- Instalarse expuestos a luz directa del sol.
- Instalarse en soportes para cables tipo charola.

Cable plano tipo FCC

Un cable plano tipo FCC consiste de tres o más conductores planos de cobre situados uno al lado de otro, separados y encerrados dentro de una cubierta aislante.

Usos permitidos:

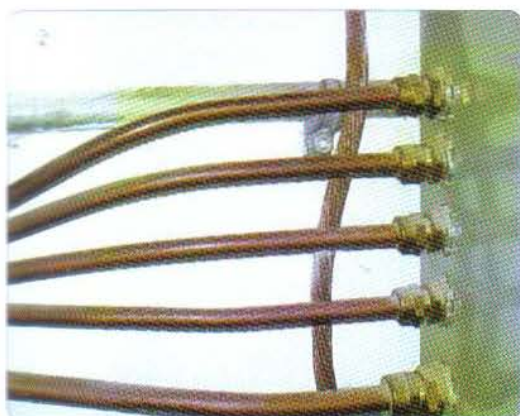
- En circuitos derivados de uso general y de aparatos eléctricos.
- En pisos duros, resistentes, suaves y continuos, hechos de concreto, cerámica o sistemas mixtos, madera y similares.
- En la superficie de las paredes, siempre y cuando se instalen en canalizaciones metálicas superficiales.
- Lugares húmedos.
- Pisos calientes, si las fuentes de calor alcanzan una temperatura mayor a 30 °C deben estar aprobados e identificados.

Usos no permitidos:

- En exteriores, ni en lugares mojados.
- Presencia de vapores corrosivos.
- Cualquier área peligrosa (clasificada).
- En edificios residenciales, escuelas, colegios y hospitales.



Cable de media tensión



Cables tipo MI

Cable con aislamiento mineral y cubierta metálica tipo MI

Un cable tipo MI es un cable ensamblado de fábrica de uno o más conductores aislados con un aislante de mineral refractario de alta compresión y encerrado en una cubierta continua de cobre o de aleación de acero; hermético a los líquidos y a los gases.

Usos permitidos:

- Para acometidas, alimentadores y circuitos derivados;
- Para circuitos de fuerza, alumbrado, señalización y control;
- En lugares secos, mojados o continuamente húmedos;
- En interiores y exteriores;
- Expuestos u ocultos;
- Embebidos en aplanados, concreto, rellenos u otros materiales de mampostería, ya sea sobre o bajo la superficie;
- En cualquier área peligrosa (clasificada);
- Expuestos a aceite o gasolina;
- Expuestos a condiciones corrosivas que no deterioren su recubrimiento;
- En tramos subterráneos, adecuadamente protegidos contra daño físico y contra la corrosión.

Usos no permitidos:

- Cuando estén expuestos a condiciones corrosivas destructivas.

Soportes

Los cables tipo MI deben soportarse firmemente a intervalos no mayores de 1,8 m con accesorios adecuados que no dañen el aislamiento.

Curvas

El radio de la parte interior de cualquier curva no debe ser menor a:

- 5 veces el diámetro exterior de la cubierta metálica para cables con diámetro exterior no mayor de 20 mm.
- 10 veces el diámetro exterior de la cubierta metálica para cables con diámetro exterior superior a 20 mm pero no mayor a 25 mm.

Tubo (conduit) no metálico

Un tubo (conduit) no metálico es una canalización corrugada y flexible, de sección transversal circular, con acoplamientos, conectores y accesorios integrados o asociados, aprobada para la instalación de conductores eléctricos.

Está compuesto de un material resistente a la humedad, a agentes químicos, a la propagación de la flama.

Si se requiere conductor de puesta a tierra, debe instalarse dentro de la canalización.

Usos permitidos:

- En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle
 - En instalaciones expuestas que no estén sujetas a daño físico.
 - En instalaciones ocultas dentro de las paredes, pisos y techos.



Tubo (conduit) no metálico

Nota: Para la definición de primer piso, véase la sección 336-5(a)(1).

- En edificios que superen tres pisos sobre el nivel de la calle, el tubo (conduit) no metálico debe ir oculto en paredes, piso y techos cuando cuenten con un acabado como barrera térmica que resista al menos 15 minutos de exposición al fuego. Este acabado de barrera térmica puede utilizarse en paredes, pisos y techos combustibles y no combustibles.
- En los lugares sometidos a fuertes influencias corrosivas, como se indica en la sección 300-6, y cuando están expuestos a productos químicos para los cuales los materiales son específicamente aprobados.
- En lugares ocultos, secos y húmedos no prohibidos en la sección 331-4.
- Por encima de los techos suspendidos, cuando estos ofrezcan una barrera térmica de material con un acabado de clasificación mínima de 15 minutos, como se indica en las listas de materiales contra el fuego, excepto lo permitido en la sección 331-3(1)(a).
- Embebido en concreto colado, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados para ese uso.
- En lugares interiores mojados, como se permite en esta sección o en losas de concreto sobre o bajo el piso, con accesorios aprobados y listados para ese uso.
- Ensamble prealambrado fabricado y aprobado con tubo de tamaño 16 (1/2) a 27 (1).

Usos no permitidos

- En áreas peligrosas (clasificadas).
- Como soporte de aparatos y otro equipo.
- Cuando este sometido a temperatura ambiente que supere aquélla para la que el tubo (conduit) está aprobado y listado.

Nota: Para esta sección, la temperatura ambiente del tubo (conduit) de PVC se limita a 50 °C.

- Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo (conduit) no metálico está aprobado y listado.
- Directamente enterrados.
- Para tensiones eléctricas superiores a 600 V.
- En lugares expuestos, excepto lo permitido en las secciones 331-3(1), 331-3(5) y 331-3(7).
- En teatros y lugares similares, excepto lo establecido en los artículos 518 y 520.
- Cuando estén expuestos a la luz directa del sol, a menos que estén aprobadas e identificadas como "resistentes a la luz del sol".

Número de curvas entre dos puntos de alambrado y jalado

Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°.

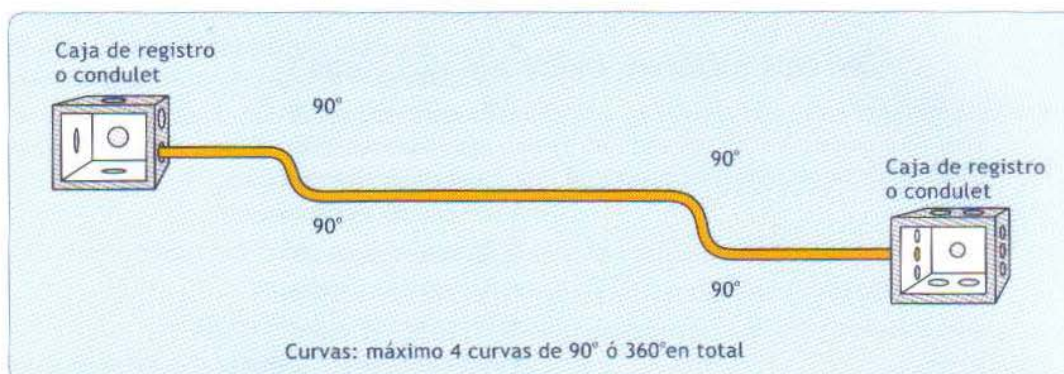


Fig. 1/4: Curvas permitidas entre dos cajas de registro o condulets.

Soportes

Debe soportarse firmemente al menos cada metro.

De cada salida, de unión, de conexiones, de cada gabinete o accesorio se debe sujetar a menos de 1m.

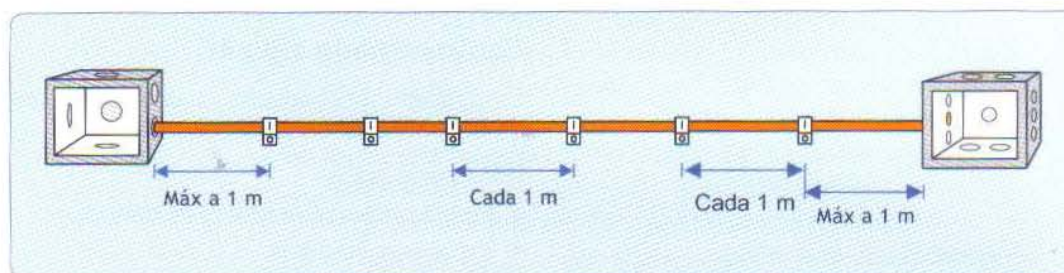


Fig. 2/4: Soportes de tubo(conduit) no metálico.

Tubo (conduit) de polietileno

Pueden ser de dos tipos:

Una canalización semi-rígida, lisa o una canalización corrugada y flexible, ambos con sección transversal circular.

Están compuestos de material que es resistente a la humedad y a atmósferas químicas.

Estos tubos (conduit) no son resistentes a la flama.

Usos permitidos

- En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle.
- Embebidos en concreto colado, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados para ese uso.
- Enterrados a una profundidad no menor que 50 cm condicionado a que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor como mínimo.

Usos no permitidos

- En áreas peligrosas (clasificadas).
- Como soporte de aparatos y otro equipo.
- Cuando estén sometidas a temperatura ambiente que supere aquélla para la que está aprobado el tubo (conduit).
- Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo (conduit) está aprobado.
- Directamente enterradas.
- Para tensiones eléctricas superiores a 150 V a tierra.
- En lugares expuestos.
- En teatros y lugares similares.
- Cuando estén expuestas a la luz directa del Sol.
- En lugares de reunión (véase el artículo 518).
- En instalaciones ocultas en plafones y muros huecos de tablarroca.
- En cubos y ductos de instalaciones en edificios.
- En las instalaciones que cubren los artículos 545, 550, 551, 552 y 605.

Número de curvas entre dos puntos de alambrado y jalado:

Se permite hasta 2 curvas de 90° o sea 180°.

Cable armado tipo AC

Es un grupo de conductores aislados ensamblados en fábrica dentro de una cubierta metálica flexible.

Usos permitidos:

- En circuitos alimentadores y derivados.
- Expuestos y ocultos.
- En soportes para cables tipo charola.
- En lugares secos.
- Instalados bajo yeso, ladrillo u otro material de mampostería.

Usos no permitidos:

- En teatros y lugares similares, excepto lo establecido en el artículo 518, lugares de reunión;
- En estudios cinematográficos;
- En áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo permitido en las excepciones de las secciones 501-4(b), y 502-4(b), así como en la sección 504-20;
- Cuando estén expuestos a humos o vapores corrosivos;
- En grúas o polipastos, excepto lo establecido en la sección 610-11(c);
- En bancos de baterías;
- En elevadores o montacargas, excepto lo establecido en la sección 620-21, y
- En estacionamientos comerciales cuando esté prohibido por el artículo 511.

Soportes

Deben soportarse a intervalos de 1,4 m y a menos de 30 cm de una caja de salida, caja, gabinete o envolvente.

Curvas

El radio de curvatura del borde interior de cada curva no debe ser menor a 5 veces el diámetro del cable.

Cables con armadura metálica tipo MC

Es un conjunto ensamblado en fábrica de uno o más conductores aislados con o sin cables de fibra óptica, encerrados en una armadura metálica de cinta engargolada o en un tubo liso o corrugado.

Usos permitidos: si no están sujetos a daño físico:

- En acometidas, circuitos alimentadores y derivados;
- En circuitos de fuerza, alumbrado, control y señalización;
- En interiores y exteriores;
- Expuestos u ocultos;
- Directamente enterrados cuando estén especificados para ese uso;
- En soportes tipo charola para cables;
- En cualquier canalización;
- En tramos abiertos;
- Como cable aéreo o soportado por mensajero;
- En áreas peligrosas (clasificadas) como permiten los artículos 501, 502, 503 y 504;
- En lugares secos e instalados directamente bajo yeso, ladrillo u otro material de mampostería, excepto en lugares húmedos o mojados, y
- En lugares mojados que cumplan alguna de las siguientes condiciones:
 - Que la cubierta metálica sea resistente a la humedad.
 - Que debajo de la armadura metálica lleve una cubierta de plomo o una cubierta resistente a la humedad.
 - Que los conductores aislados bajo la armadura metálica estén aprobados y listados para usarlos en lugares mojados.

Usos no permitidos

Los cables tipo MC no deben usarse cuando estén expuestos a condiciones corrosivas destructivas, como enterrados directamente o en concreto o cuando estén expuestos a relleno de escoria, cloruros fuertes, álcalis cáusticos o vapores de cloro o de ácido clorhídrico.

Soportes

Deben soportarse a intervalos de 1,8 m y cuando el cable contenga 4 o menos conductores del tamaño 5,26 mm² (10 AWG) deben soportarse a menos de 30 cm de una caja de salida, caja, gabinete o envolvente.

Curvas

- Con cubierta lisa
 - 10 veces el diámetro exterior de la cubierta metálica, diámetro exterior menor a 19 mm.
 - 12 veces el diámetro exterior de la cubierta metálica, diámetro exterior de más de 19 mm y hasta 38 mm.

- 15 veces el diámetro exterior de la cubierta metálica, diámetro exterior de más de 38 mm.
- Armadura engargolada o cubierta corrugada. Siete veces el diámetro exterior de la cubierta metálica.
- Conductores blindados. La mayor de estas dos magnitudes: doce veces el diámetro total de uno de los conductores o siete veces el diámetro total del cable multiconductor.

Cables de entrada de acometida

Un cable de entrada de acometida es un ensamble de uno o varios conductores con o sin cubierta exterior, utilizado fundamentalmente para acometidas. Puede ser de los siguientes tipos:

- Tipo SE. El tipo SE con cubierta resistente a la propagación de incendio y resistente a la humedad.
- Tipo USE. El tipo USE, identificado para uso subterráneo, con cubierta resistente a la humedad pero no necesariamente resistente a la propagación de la flama.

Curvas

El radio de curvatura del borde interior de la curva no debe ser menor a 5 veces el diámetro del cable.

Cables de energía y control tipo TC para uso en soportes para cables tipo charola.

Es un ensamble hecho en fábrica de dos o más conductores aislados con o sin conductores de puesta a tierra, cubiertos o desnudos, en una cubierta termoplástica, para su instalación en soporte tipo charola para cables tipo charola, canalizaciones o soportados por un mensajero.

Usos permitidos

- En circuitos de energía, alumbrado, control y señalización;
- En soporte tipo charola para cables o en canalizaciones o en tramos exteriores soportados por un mensajero;
- En soporte tipo charola para cables en áreas peligrosas (clasificadas), como permiten los artículos 318, 501, 502 y 504, en instalaciones industriales cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que la instalación es atendida únicamente por personas calificadas;
- En circuitos de Clase I, como permite el artículo 725;
- En circuitos de alarma contra incendios, no limitados en potencia, si los conductores cumplen los requisitos indicados en la sección 760-16.
- En instalaciones industriales cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que la instalación es atendida únicamente por personas calificadas y el cable no esté expuesto a daño físico, se permite utilizar cables tipo TC.

Usos no permitidos

- Cuando estén expuestos a daños físicos;
- Como cable en instalación visible en grapas o abrazaderas;
- Expuestos directamente a los rayos solares, a no ser que estén identificados para ese uso como SR, y

- Directamente enterrados, a no ser que estén identificados para ese uso.

Tubo (conduit) de polietileno de alta densidad para usos subterráneos

Es un tubo (conduit) no metálico de sección circular y con paredes lisas o con estrías ligeras con coples y accesorios de fijación asociados para la instalación de conductores eléctricos en circuitos subterráneos de alta, media o baja tensión.

El tubo (conduit) no metálico debe estar fabricado de polietileno de alta densidad que es un material resistente a la humedad y a los agentes corrosivos.

Usos permitidos

- En instalaciones directamente enterradas.
- Empotrados o embebidos en concreto.
- En relleno de escoria volcánica.
- En instalaciones subterráneas sometidas a condiciones corrosivas severas, como se especifica en la sección 300-6 y sujetas a productos químicos para los que el tubo conduit esté específicamente aprobado.
- Se podrá instalar en tramos de longitud predeterminada o en forma continua desde un carrete.

Usos no permitidos

- En lugares expuestos.
- En el interior de los edificios.
- En áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo establecido en la sección 504-20.
- Cuando estén sometidas a temperatura ambiente que supere aquella para la que está aprobado el tubo (conduit) de polietileno de alta densidad.
- Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo (conduit) de polietileno de alta densidad está aprobado.

Curvas

Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°, entre dos puntos de alambrado y jalado.

Tubo (conduit) metálico tipo semipesado (pared gruesa)

Es una canalización metálica, de sección circular, aprobada para la instalación de conductores eléctricos y como conductor de puesta a tierra de equipo cuando se instala con sus accesorios y acoplamientos, aprobados.

Usos permitidos

- Todas las condiciones atmosféricas.
- Como conductor de puesta a tierra.
- En contacto directo con la tierra o en zonas con condiciones corrosivas severas.

Tubo (conduit) metálico tipo semipesado



Se puede utilizar como conductor de puesta a tierra si se instala con sus accesorios y acoplamientos adecuados

Fig. 314: Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.

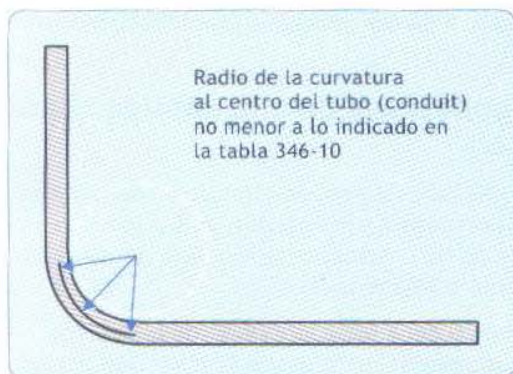


Fig. 4/4: Radio de curvatura.

- Dentro o debajo de relleno de escoria en donde está sujeto a la humedad permanente, siempre y cuando esté embebido en concreto sin escorias, de espesor no menor que 5 cm o que se coloque a no menos de 50 cm por debajo del relleno o que se proteja contra la corrosión y se estime adecuado para esta condición.

Acoplamientos

Se deben utilizar tuercas unión (conduit) y no se permiten cuerdas corridas.

Curvas

El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) no debe ser menor a lo indicado en la tabla 346-10.

TABLA 346-10.- Radio de curvatura del tubo (conduit) tipo pesado

Tamaño o Designación	Con herramientas de doblar de un solo golpe o de zapata plena (mm)	Otros dobleces (mm)
16 (1/2)	102	102
21 (3/4)	114	127
27 (1)	146	152
35 (1-1/4)	184	203
41 (1-1/2)	210	254
53 (2)	241	305
63 (2-1/2)	267	381
78 (3)	330	457
91 (3-1/2)	381	533
103 (4)	406	610
129 (5)	610	762
155 (6)	762	914

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizarse con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°, entre dos puntos de alambrado y jalado.

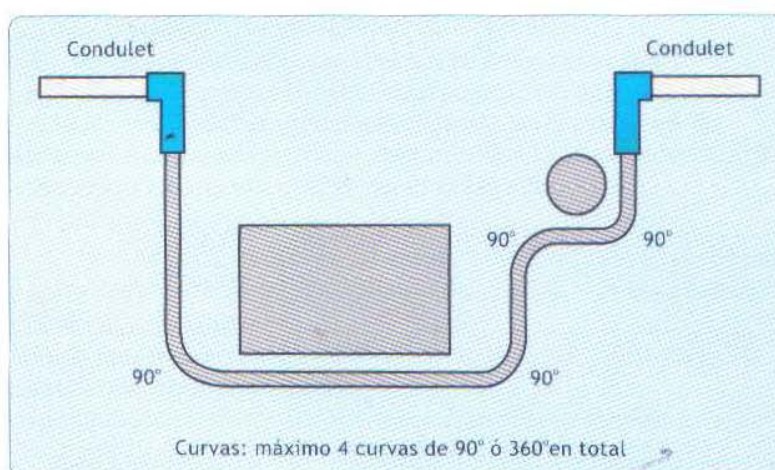


Fig. 5/4: Número de curvas en tubo (conduit) tipo semipesado.

Soportes

Debe instalarse como un sistema completo y sujetarse firmemente mínimo a cada 3 m y no más de 1m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinetes, caja de paso u otra terminación.

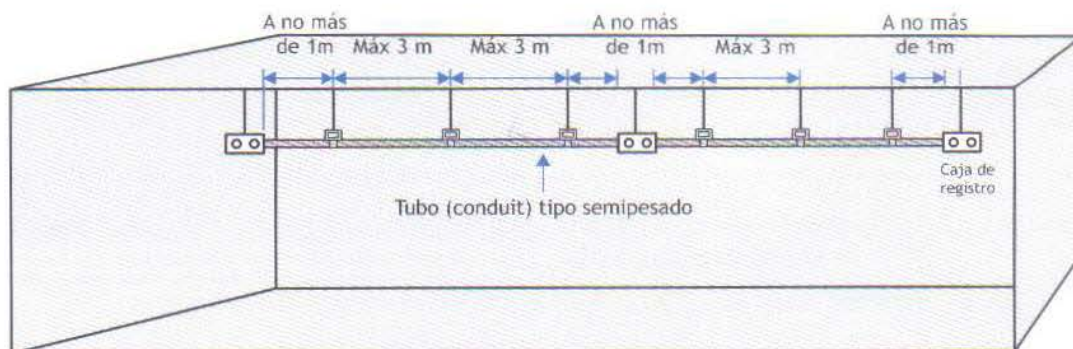


Fig. 6/4: Distancias de instalación de soportes para tubo (conduit) tipo semipesado.

Tubo (conduit) metálico tipo pesado (cédula 40 conduit)

Es una canalización metálica, de sección circular, aprobada para la instalación de conductores eléctricos y como conductor de puesta a tierra de equipo cuando se instala con sus accesorios y acoplamientos aprobados.

Usos permitidos

En todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier ocupación: si se cumple con:

- Protegidos con esmalte. Si está protegido contra la corrosión por un esmalte, se permite su uso únicamente en interiores y en edificios no sometidos a condiciones corrosivas graves.
- En concreto, en contacto directo con la tierra o zonas de corrosión grave.
- Dentro o debajo de relleno de escoria en donde está sujeto a la humedad permanente, siempre y cuando esté embebido en concreto sin escorias, de espesor no menor que 5 cm o que se coloque a no menos de 45 cm por debajo del relleno o que se proteja contra la corrosión y se estime adecuado para esta condición.
- En lugares mojados. Todos los accesorios deben ser de material resistente a la corrosión o protegidos con material resistente a la corrosión.

Curvas

El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) no debe ser menor a lo indicado en la tabla 346-10.

Tabla 346-10.- Radio de curvatura del tubo (conduit) tipo pesado

Tamaño o Designación	Con herramientas de doblar de un solo golpe o de zapata plena (mm)	Otros dobleces (mm)
16 (1/2)	102	102
21 (3/4)	114	127
27 (1)	146	152
35 (1-1/4)	184	203
41 (1-1/2)	210	254
53 (2)	241	305
63 (2-1/2)	267	381
78 (3)	330	457
91 (3-1/2)	381	533
103 (4)	406	610
129 (5)	610	762
155 (6)	762	914

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizarse con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°, entre dos puntos de alambrado y jalado.

Soportes

Deben instalarse como un sistema completo y sujetarse firmemente mínimo a cada 3 m y no más de 1m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinetes, caja de paso u otra terminación.

Tubo (conduit) rígido no metálico (PVC)

El tubo rígido no metálico es una canalización de sección transversal circular de material no metálico con accesorios, aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Debe ser resistente a la flama, a la humedad y a agentes químicos.

Usos permitidos

- Ocultos, en paredes, pisos y techos.
- En atmósferas corrosivas.
- Con relleno de escoria volcánica.
- En lugares mojados, se debe evitar la entrada de agua dentro de la tubería.
- En lugares secos y mojados.
- Expuestos.
- Instalaciones subterráneas.
- Soporte de cajas de paso.

Usos no permitidos

- En las áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo establecido en las secciones 503-3(a), 504-20, y 515-5 y en los lugares de Clase I División 2 tal como lo permite la excepción de 501-4(b).
- Como soporte de luminarios
- Expuesto a daños físicos.
- Cuando esté expuesto a temperaturas ambientes superiores para las que está aprobado el tubo (conduit).
- Para usarlo con conductores cuya temperatura de operación exceda aquella para la cual el tubo (conduit) está aprobado.

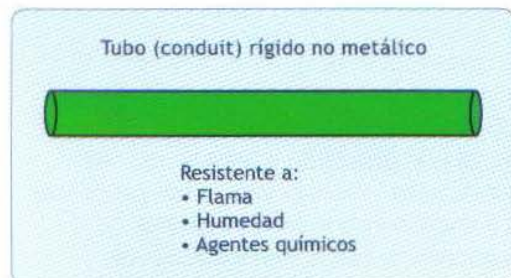


Fig. 7/4: Tubo (conduit) rígido no metálico.

Tabla 347-8.- Soportes de tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero

Tamaño o Designación	Separación máxima entre soportes en metros
16(1/2)	1,0
21(3/4)	1,0
27(1)	1,0
35(1-1/4)	1,5
41(1-1/2)	1,5
53(2)	1,5
63(2-1/2)	1,8
78(3)	1,8
91(3-1/2)	2,1
103(4)	2,1
129(5)	2,1
155(6)	2,4

- En teatros y locales similares, excepto lo establecido en los artículos 518 y 520.

Soportes

Debe instalarse como sistema completo y debe soportarse como se indica en la tabla 347-8 y debe soportarse a no más de 1m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinetes, caja de paso u otra terminación.

Además el tubo (conduit) no metálico tipo pesado o ligero debe soportarse de modo que se deje holgura para los movimientos de expansión o contracción térmica.

Curvas

El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de las curvas no debe ser menor a lo indicado en la tabla 346-10.

Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°, entre dos puntos de alambrado y jalado.

Tubo (conduit) metálico tipo ligero (pared delgada)

Es una canalización metálica, de sección circular, aprobada para la instalación de conductores eléctricos y como conductor de puesta a tierra de equipo cuando se instala con sus accesorios y acoplamientos, aprobados.

Usos permitidos

- En instalaciones expuestas y ocultas.
- En contacto directo con la tierra o en zonas sometidas a corrosión grave, si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.
- En lugares mojados. Los accesorios de instalación deben ser de material resistente a la corrosión o estar protegidos por materiales resistentes contra éste.

Usos no permitidos

- Cuando esté sometido a daño físico grave;
- Cuando estén protegidas contra la corrosión sólo por un esmalte;
- En o bajo relleno de escoria volcánica cuando estén sometidos a humedad permanente, a menos que esté embebido en concreto sin escoria volcánica de no menos de 50 mm de espesor, o cuando el tubo (conduit) esté a no menos de 45 cm bajo relleno de escoria volcánica;
- En cualquier área peligrosa (clasificada) excepto lo permitido en las secciones 502-4, 503-3 y 504-20; o
- Como soporte de luminarios u otros equipos, excepto cajas de paso no mayores que el tubo (conduit) de mayor designación.

Curvas

El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) no debe ser menor a lo indicado en la tabla 346-10.

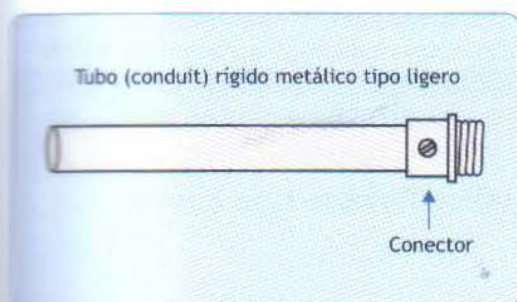


Fig. 8-4: Tubo (conduit) rígido metálico tipo ligero.

Tabla 346-10.- Radio de curvatura del tubo (conduit) tipo pesado

Tamaño o Designación	Con herramientas de doblar de un solo golpe o de zapata plena (mm)	Otros dobleces (mm)
16 (1/2)	102	102
21 (3/4)	114	127
27 (1)	146	152
35 (1-1/4)	184	203
41 (1-1/2)	210	254
53 (2)	241	305
63 (2-1/2)	267	381
78 (3)	330	457
91 (3-1/2)	381	533
103 (4)	406	610
129 (5)	610	762
155 (6)	762	914

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizarse con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°, entre dos puntos de alambrado y jalado.

Soportes

Debe instalarse como un sistema completo y sujetarse firmemente mínimo a cada 3 m y no más de 1m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinetes, caja de paso u otra terminación.

Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero

Usos permitidos

- En lugares secos.
- Ocultos.
- En lugares accesibles.
- En instalaciones hasta 1000 V.

Usos no permitidos

- En cubos de elevadores.
- En cuartos de almacenamientos de baterías.
- En áreas peligrosas (clasificadas).
- Directamente enterradas o ahogadas en concreto colado o agregado.
- Expuesto a daño físico.
- En tramos de más de 1,8 m.

Número de conductores

No debe exceder lo indicado en la tabla 350-12, para tubo (conduit) flexible tipo ligero designación 12 (3/8).

Tabla 350-12.- Número máximo de conductores aislados en tubo (conduit) metálico flexible con designación 12 (3/8) *

Columna A: Con accesorios dentro del tubo (conduit)

Columna B: Con accesorios fuera del tubo (conduit)

Tamaño o designación del conductor mm² (AWG)	Tipos TF, XHHW, TW THW, THHN		Tipos TFN, THHN, THWN		Tipos FEP, FEPB	
	A	B	A	B	A	B
0,824 (18)	A	B	A	B	A	B
1,31 (16)	3	5	5	8	5	8
2,08 (14)	3	4	4	6	4	6
3,3 (12)	2	3	3	4	3	4
5,26 (10)	1	2	2	3	2	3
	1	1	1	1	1	2

*Además está permitido un conductor adicional de puesta a tierra de equipos, del mismo tamaño o designación, con cubierta o desnudo.

Tabla 349-20(a).- Radios de curvatura de tubos con secciones

Designación	Radio mínimo en mm
12 (3/8)	250
16 (1/2)	320
21 (3/4)	445

Tabla 349-20(b).- Radios de curvatura de tubos con curvas fijas

Designación	Radio mínimo en mm
12 (3/8)	90
16 (1/2)	100
21 (3/4)	130

Curvas

- Cuando el tubo no esté sometido a flexiones frecuentes, el radio de curvatura medido en el interior de la curva no debe ser menor a lo indicado en la tabla 349-20(a).
- Cuando se tengan curvas fijas, el radio de curvatura medido en el interior de la curva no debe ser menor a lo indicado en la tabla 349-20(b).

Tubo (conduit) metálico flexible

Es una canalización de sección circular hecha de una banda metálica devanada helicoidalmente, preformada y engargolada.

Usos permitidos

- En lugares expuestos y ocultos.

Usos no permitidos

- En lugares mojados.
- En cubos de elevadores.
- En áreas peligrosas.
- En cuartos de almacenamiento de baterías.
- Cuando esté expuesto a materiales que puedan producir el deterioro de los conductores instalados, tales como aceite o gasolina.
- Subterráneo o empotrados en concreto colado o concreto agregado.
- Cuando esté expuesto a daño físico.

Número de conductores

No debe exceder lo indicado en la tabla 350-12, para tubo (conduit) flexible tipo ligero designación 12 (3/8).

Tabla 350-12.- Número máximo de conductores aislados en tubo (conduit metálico flexible con designación 12 (3/8) *

Columna A: Con accesorios dentro del tubo (conduit)
Columna B: Con accesorios fuera del tubo (conduit)

Tamaño o designación del conductor mm ² (AWG)	Tipos TF, XHHW, TW THW, THHN		Tipos TFN, THHN, THWN		Tipos FEP, FEPB	
	A	B	A	B	A	B
0,824 (18)						
1,31 (16)	3	5	5	8	5	8
2,08 (14)	3	4	4	6	4	6
3,3 (12)	2	3	3	4	3	4
5,26 (10)	1	2	2	3	2	3
	1	1	1	1	1	2

*Además está permitido un conductor adicional de puesta a tierra de equipos, del mismo tamaño o designación, con cubierta o desnudo.

Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°, entre dos puntos de alambrado y jalado.

Soportes

Debe instalarse como un sistema completo y sujetarse firmemente mínimo a cada 1,4 m y no más de 0,30 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinetes, caja de paso u otra terminación.

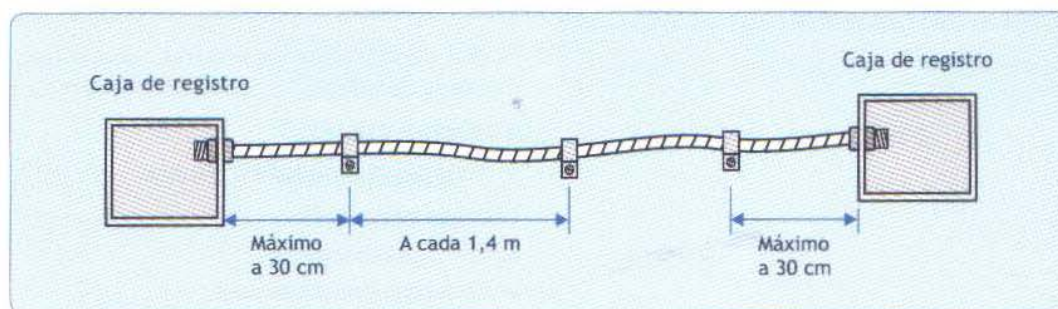


Fig. 9/4: Soportes del tubo (conduit) flexible.

Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico

A Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico.

El tubo conduit es una canalización de sección circular que lleva una cubierta exterior no metálica hermética a los líquidos y resistente a la luz del sol sobre un núcleo metálico flexible con sus acoplamiento, conectores y accesorios y aprobado para la instalación de conductores eléctricos.

Usos permitidos

- Cuando las condiciones de instalación, funcionamiento o mantenimiento requieran flexibilidad o protección contra líquidos, vapores o sólidos.
- Según se permita en las secciones 501-4(b), 502-4, 503-3 y 504-20 y en otras áreas peligrosas (clasificadas) específicamente aprobados, y según se indica en las secciones 553-7(b).
- Enterrado directamente, cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

Usos no permitidos

- Cuando esté expuesto a daños físicos.
- Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y temperatura de los conductores pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquella para la cual está aprobado el material.

Soportes

- Debe instalarse como un sistema completo y sujetarse firmemente mínimo a cada 1 m y no más de 0,30 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinetes, caja de paso u otra terminación.
- No se requiere sujetar el tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos cuando se instale en longitudes mayores jalándolo por medio de una guía y fijándolo en los extremos, o en tramos que no superen 1 m entre terminales cuando sea necesaria cierta flexibilidad. De igual manera en tramos que no superen los 1,8 m desde una caja terminal de un luminario para conductores derivados hasta el luminario o accesorios de éste, como lo permite la sección 410-67(c).
- Se permiten tramos horizontales de tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no mayores a 1,4 m y sujetos firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

Curvas

El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) no debe ser menor a lo indicado en la tabla 346-10. Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°, entre dos puntos de alambrado y jalado.

Tabla 346-10.- Radio de curvatura del tubo (conduit) tipo pesado

Tamaño o Designación	Con herramientas de doblar de un solo golpe o de zapata plena (mm)	Otros dobleces (mm)
16 (1/2)	102	102
21 (3/4)	114	127
27 (1)	146	152
35 (1-1/4)	184	203
41 (1-1/2)	210	254
53 (2)	241	305
63 (2-1/2)	267	381
78 (3)	330	457
91 (3-1/2)	381	533
103 (4)	406	610
129 (5)	610	762
155 (6)	762	914

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizarse con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

B Tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos.

Es una canalización de sección circular de uno de los siguientes tipos:

- Con un núcleo interior liso y sin costuras, con una cubierta adherida al núcleo y teniendo una o más capas de refuerzo entre el núcleo y la cubierta.
- Una superficie interior lisa con refuerzo integral dentro de la pared del tubo (conduit).
- Una superficie corrugada por dentro y por fuera sin refuerzo integral dentro de la pared del tubo (conduit).

Este tubo (conduit) debe ser resistente a la flama y aprobado, junto con sus accesorios, para la instalación de conductores eléctricos.

Usos permitidos

- Expuesto y oculto.
- Cuando se requiera flexibilidad.
- Protección de conductores de vapores, líquidos y sólidos.
- En exteriores, si está aprobado.
- Enterrado directamente, si está aprobado.
- Se instale en tramos mayores de 1,8 m de acuerdo con la sección 351-27.

- Como un conjunto precableado en fábrica y aprobado con designaciones de 16 (1/2) a 27 (1) para el tipo de tubo definido en la sección 351-22 (2).

Usos no permitidos

- Cuando esté expuesto a daño físico.
- Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y de los conductores pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquella para la cual está aprobado el material.
- En tramos mayores de 1,8 m, excepto lo que se permite en la sección 351-23(a)(5).
- Cuando la tensión eléctrica entre los conductores contenidos en el tubo (conduit) sea mayor que 600 V.

Soportes

- Debe instalarse como un sistema completo y sujetarse firmemente mínimo a cada 1 m y no más de 0,30 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinetes, caja de paso u otra terminación.
- No se requiere sujetar el tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos cuando se instale en longitudes mayores jalándolo por medio de una guía y fijándolo en los extremos, o en tramos que no superen 1 m entre terminales cuando sea necesaria cierta flexibilidad, o en tramos que no superen los 1,8 m desde una caja terminal de un luminario para conductores derivados hasta el luminario o accesorios de éste, como lo permite la sección 410-67(c).
- Se permiten tramos horizontales de tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no mayores a 1,4 m y sujetos firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

Curvas

El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) no debe ser menor a lo indicado en la tabla 346-10.

Se permite hasta 4 curvas de 90° o sea 360°, entre dos puntos de alambrado y jalado.

Tabla 346-10.- Radio de curvatura del tubo (conduit) tipo pesado

Tamaño o Designación	Con herramientas de doblar de un solo golpe o de zapata plena (mm)	Otros dobleces (mm)
16 (1/2)	102	102
21 (3/4)	114	127
27 (1)	146	152
35 (1-1/4)	184	203
41 (1-1/2)	210	254
53 (2)	241	305
63 (2-1/2)	267	381
78 (3)	330	457
91 (3-1/2)	381	533
103 (4)	406	610
129 (5)	610	762
155 (6)	762	914

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizarse con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

Ducto metálico y no metálico con tapa

Ducto metálico

Son ductos de placa metálica con tapa a presión removible, o con bisagras para alojar y proteger cables eléctricos, en los cuales se instalan los conductores después de haber instalado el ducto como un sistema completo.

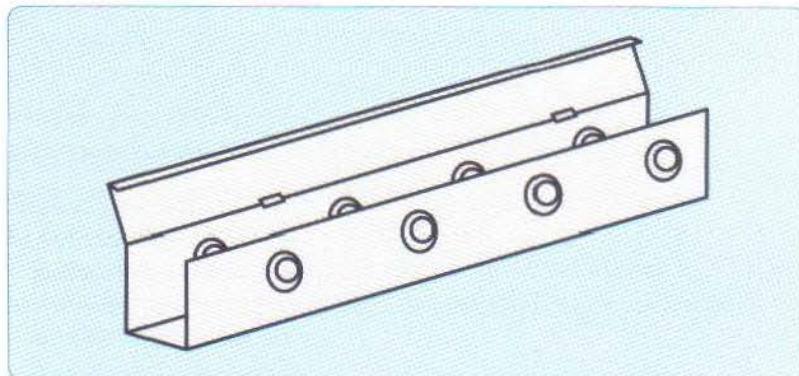


Fig. 10/4: Ducto metálico con tapa.

Uso permitido

- Se permite solamente en instalaciones expuestas.
- Si se instalan en lugares húmedos deben ser resistentes a la lluvia.

Usos no permitidos

- Cuando estén expuestos a daño físico o a vapores corrosivos.
- En ningún área peligrosa (clasificada), excepto lo permitido en las secciones 501-4(b), 502-4(b) y 504-20.

Número de conductores

- No deben de contener más de 30 conductores de fase.

Los conductores de señalización o los conductores de control entre el controlador y el motor que se utilicen para el arranque del motor no se consideran conductores portadores de corriente.

- Sección transversal a utilizar: solamente se debe usar el 20% de la sección transversal interior del ducto.
- Factores de ajuste:
 - Si se instalan 30 conductores de fase y ocupan el 20% de la sección transversal del ducto no se aplican el factor de ajuste por agrupamiento.
 - Si se instalan más de 30 conductores de fase se deben de aplicar los factores de ajuste por agrupamiento y solamente se debe usar el 20% de la sección transversal interior del ducto.

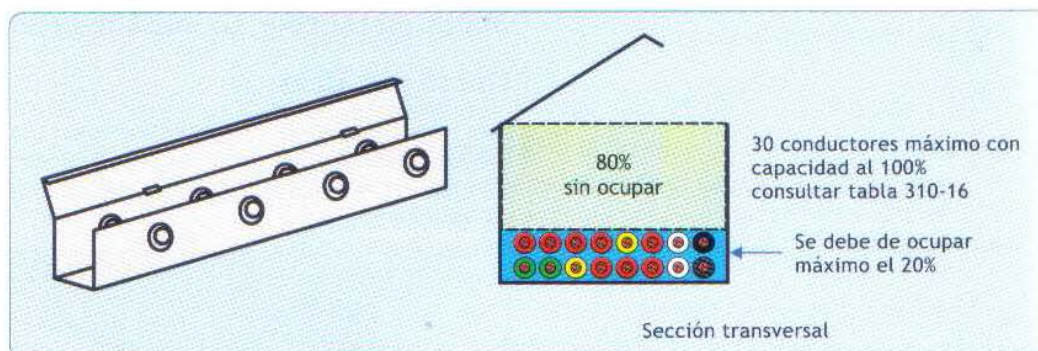


Fig. 11/4: ocupación máxima del ducto metálico.

Cuando los conductores aislados de $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o mayores entren en una canalización a través de otra canalización o cable, la distancia entre esa canalización y las entradas del cable no debe ser inferior a seis veces el diámetro de la mayor canalización o conector del cable.

Empalmes

Se permite realizar empalmes dentro del ducto y no deben de ocupar el 75% de la sección transversal del ducto en ese punto.

Soportes

- Soporte horizontal: se debe soportar a intervalos de 1,5 m máximo.

Si el ducto tiene una distancia horizontal de más de 1,5 m la distancia entre soportes no debe exceder de 3 m.

- Soporte vertical: se debe soportar a intervalos no mayores de 4,5 m y no debe existir más de un cople de ducto.

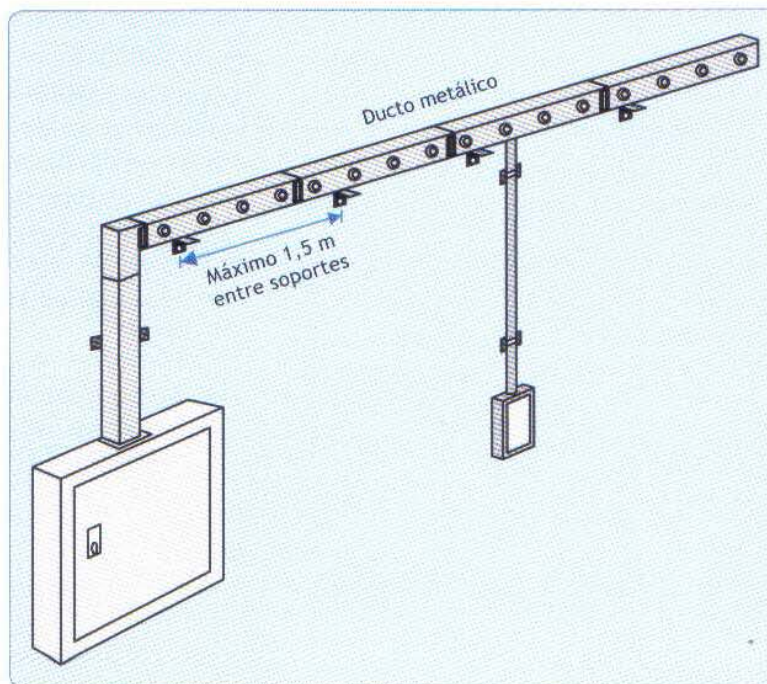


Fig. 12/4: Distancia entre soportes para ducto metálico.

Ductos no metálicos

Son ductos de material no metálico retardante a la flama, con tapa con bisagras o removible, para alojar y proteger alambres y cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de instalado el conducto, como un sistema completo.

Usos permitidos

- Solamente en instalaciones expuestas.
- Expuestos a vapores corrosivos.
- En lugares mojados.

Usos no permitidos

- Cuando estén expuestos a daños físicos.
- En áreas peligrosas (clasificadas).
- Cuando estén expuestos a la luz del sol.
- Expuestos a una temperatura mayor que la del ducto.
- Con conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen a la de los ductos.

Número de conductores

- No deben de contener más de 30 conductores de fase.

Los conductores de señalización o los conductores de control entre el controlador y el motor que se utilicen para el arranque del motor, no se consideran conductores portadores de corriente.

- Sección transversal a utilizar: solamente se debe usar el 20% de la sección transversal interior del ducto.

Empalmes

Se permite realizar empalmes dentro del ducto y no deben de ocupar el 75% de la sección transversal del ducto en ese punto.

Soportes

- Soporte horizontal: se debe soportar a intervalos de 1 m máximo.
- Soporte vertical: se debe soportar a intervalos no mayores de 1,2 m y no debe existir más de un cople de ducto.

Ductos con barras (electroductos)

Es un ducto metálico puesto a tierra que contiene conductores desnudos o aislados, usualmente de cobre o aluminio en forma de barras, alambres o tubos, ensamblados en fábrica.

Usos permitidos

- Su instalación debe ser en forma visible y en lugares despejados.

Usos no permitidos

- Cuando estén expuestos a daño físico o a vapores corrosivos.
- En cubos de elevadores.
- En áreas peligrosas (clasificadas).
- A la intemperie o en lugares mojados o húmedos, al menos que estén aprobados.

Soportes

Se deben soportar a distancias no mayores de 1,5 m.

Derivaciones desde los electroductos

Las derivaciones desde los electroductos pueden hacerse como:

A Con canalizaciones de los tipos:

- Tubo (conduit) no metálico.
- Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Tubo (conduit) no metálico.
- Tubo (conduit) metálico tipo ligero.
- Tubo (conduit) metálico flexible.
- Tubo (conduit) metálico flexible a los líquidos y no metálico.
- Ductos con barras (electroductos).
- Cables tipo MC.

Pueden usarse:

- Cordones o cables para uso rudo para la conexión de equipo portátil o de equipo fijo para facilitar su conexión si se desplazan ocasionalmente, siguiendo lo establecido en las secciones 400-7 y 400-8 y las siguientes condiciones:
 - El cordón o cable debe fijarse al edificio por medios aprobados.
 - La longitud del cordón o cable desde la conexión de clavija en el electroducto hasta el dispositivo que proporciona la tensión eléctrica en el cordón o cable, no debe ser mayor que 1,80 m.
- Solamente en establecimientos industriales y cuando el mantenimiento y la supervisión se realicen por personal calificado, se permite el uso de longitudes de cordón mayores de 1,80 m entre la conexión al electroducto y el dispositivo de tensión eléctrica, si el cordón o cable se sujeta a intervalos que no excedan de 2,40 m.
 - El cordón o cable debe instalarse en forma vertical desde el dispositivo compensador de tensión hasta el equipo alimentado.
 - Se deben colocar abrazaderas relevadoras de esfuerzos para el cable o cordón, en las conexiones al electroducto y en las terminales de los equipos alimentados.

B Electroductos para una tensión de más de 600 V

Se debe identificar por una placa de datos que contenga:

- Tensión eléctrica;
- Capacidad máxima de corriente eléctrica en operación normal. Si el electroducto tiene ventilación forzada, la identificación debe incluir tanto la capacidad con ventilación forzada como la capacidad con ventilación natural, para el mismo incremento de temperatura;
- Frecuencia;
- Tensión eléctrica de impulso;
- Rigidez dieléctrica a 60 Hz, en seco;
- Corriente eléctrica momentánea, y
- Nombre o marca del fabricante.

Gabinetes, cajas para cortacircuitos y bases de medidores

Instalación en lugares húmedos y mojados

- Se deben instalar con una separación de la pared de por lo menos 6,5 mm.
- Deben ser a prueba de intemperie.

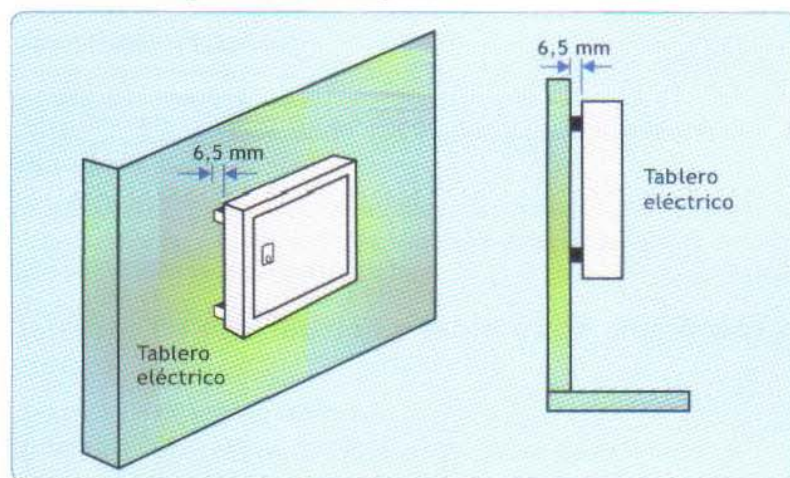


Fig. 13/4: Separación de la pared en lugares húmedos.

Radio de curvatura de los conductores

- Ancho de los canales para cables. Dentro de un gabinete o cajas para cortacircuitos debe existir un canal de ancho para doblar los conductores de acuerdo a la tabla 373-6(a).

Tabla 373-6(a).- Espacio mínimo para la curvatura de los cables en las terminales y ancho mínimo de los canales para cables (mm)

Tamaño o designación mm ² (AWG o kcmil)	Cables por cada terminal				
	uno	dos	tres	cuatro	cinco
2,08-5,26 (14-10)	No especificado	---	---	---	---
8,37-13,3 (8-6)	40	---	---	---	---
21,2-26,7 (4-3)	50	---	---	---	---
33,6 (2)	65	---	---	---	---
42,4 (1)	75	---	---	---	---
53,5-67,4 (1/0-2/0)	90	125	180	---	---
85,0-107 (3/0-4/0)	100	150	200	---	---
127 (250)	115	150	200	250	---
152-177 (300-350)	125	200	250	300	---
203-253 (400-500)	150	200	250	300	350
304-355 (600-700)	200	250	300	350	400
380-456 (750-900)	200	300	350	400	450
507-633 (1 000-1 250)	250	---	---	---	---
760-1010 (1 500-2 000)	300	---	---	---	---

El espacio del doblar en las terminales se debe medir en línea recta de la punta del adaptador o del conector de alambre (en la dirección en que el alambre salga de la terminal) a la pared, barrera u obstrucción.

- Espacio para curvatura de los cables en las terminales

Dentro de un gabinete o cajas para cortacircuitos se debe dejar un espacio para la curvatura de los cables:

- Se aplica la tabla 373-6(a) cuando el conductor entre o salga de la cubierta de la pared opuesta a la terminal.
- Se aplica la tabla 373-6(a) cuando el conductor entre o salga de la pared opuesta a su terminal.

Tabla 373-6(b).- Espacio mínimo en milímetros, para la curvatura de los cables en las terminales según 373-6(b)(2)

Tamaño o Designación mm² (AWG o kcmil)	Número de cables por cada terminal y espacio en milímetros			
	uno	dos	tres	Cuatro o más
2,08-5,26 (14-10)	No especificado	---	---	---
8,37 (8)	40	---	---	---
13,3 (6)	50	---	---	---
21,2 (4)	75	---	---	---
26,7 (3)	75	---	---	---
33,6 (2)	90	---	---	---
42,4 (1)	115	---	---	---
53,5 (1/0)	140	140	180	---
67,4 (2/0)	150	150	190	---
85,0 (3/0)	160	160	200	---
107 (4/0)	180	190	215	---
127 (250)	215	215	230	250
152 (300)	250	250	280	300
177 (350)	300	300	330	350
203 (400)	330	330	350	380
253 (500)	350	350	380	400
304 (600)	380	400	450	480
355 (700)	400	450	500	550
380 (750)	430	480	550	600
405 (800)	450	500	550	600
456 (900)	480	550	600	600
507 (1 000)	500	---	---	---
633 (1 250)	550	---	---	---
760 (1 500)	600	---	---	---
887 (1 750)	600	---	---	---
1010 (2 000)	600	---	---	---

Envoltentes para desconectadores o para dispositivos de protección contra sobrecorriente.

Los conductores que se instalen dentro de las envoltentes no deben ocupar más del 40% del área de la sección transversal del gabinete en cualquier punto.

Los conductores, empalmes y conexiones no deben ocupar más del 75% del área de la sección transversal del gabinete.

Desconectadores

Esta sección aplica a todos los desconectadores, dispositivos desconectadores e interruptores automáticos cuando se utilicen como medios de desconexión.

Conexiones de los desconectadores

Los desconectadores de tres y de cuatro vías deben estar conectados de modo que la desconexión se haga sólo en el conductor de fase del circuito.

Los desconectadores e interruptores automáticos no deben desconectar el conductor puesto a tierra (neutro) de un circuito, solamente se puede si se desconectan simultáneamente todos los conductores del circuito.

Instalación

Deben ser ubicados de modo que se puedan accionar desde un lugar fácilmente accesible.

El centro de la palanca del desconectador o interruptor automático cuando esté en su posición más alta debe estar a una altura de 2 m sobre el piso o plataforma de trabajo.

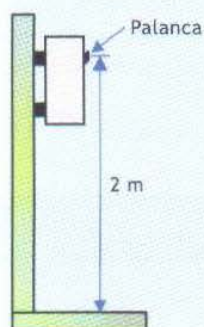


Fig. 14/4: Altura de instalación de un desconectador o interruptor automático.

Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control

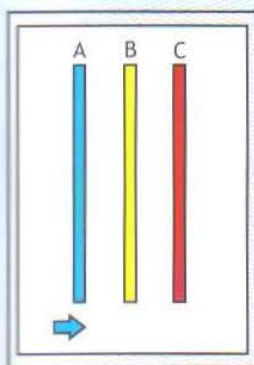
Aplica a los siguientes tableros:

- Todos los tableros de distribución y tableros de alumbrado y control instalados para el control de circuitos de alumbrado y fuerza, y
- los tableros para carga de baterías alimentados desde circuitos de alumbrado o fuerza.

Arreglo de fases

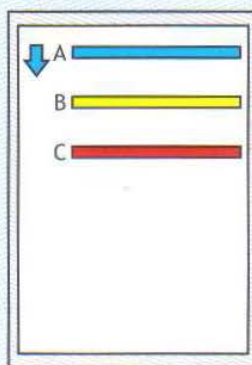
El arreglo de las fases en las barras de sistemas trifásicos debe ser A, B y C del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha, vistas desde el frente del tablero o panel de alumbrado y control. En sistemas trifásicos de cuatro hilos conectados en delta, la fase B debe ser la que tenga mayor tensión eléctrica a tierra.

Frente de un tablero eléctrico



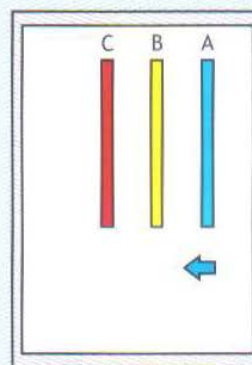
Arreglo de fases de izquierda a derecha

Frente de un tablero eléctrico



Arreglo de arriba hacia abajo

Lateral de un tablero eléctrico



Arreglo del frente hacia atrás

Fig. 15/4: Arreglos de fases en diferentes arreglos de barras de un tablero eléctrico.

Instalación

- **En instalaciones interiores, el espacio incluye:**

Se debe proporcionar para la instalación eléctrica un espacio exclusivamente dedicado, entre el piso y los elementos estructurales del techo, que tenga una altura de 7,5 m a partir del piso, con el mismo ancho y profundidad del equipo.

No se permite la instalación de tubería, ductos o equipo ajeno al equipo eléctrico o estructural, en, entre, o a través, de dichos espacios o cuartos.

No se consideran elementos estructurales del techo, los cielos falsos.

Se permite la instalación de rociadores automáticos sobre estos espacios, siempre y cuando se cumpla con lo establecido en esta sección.

El espacio de trabajo debe incluir la zona exigible por la tabla 110-16(a).

Tabla 110-16(a).- Distancias de trabajo

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,90	0,90	0,90
151-600	0,90	1,1	1,20

Las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no vivas ni conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a 300 V o menos.
2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

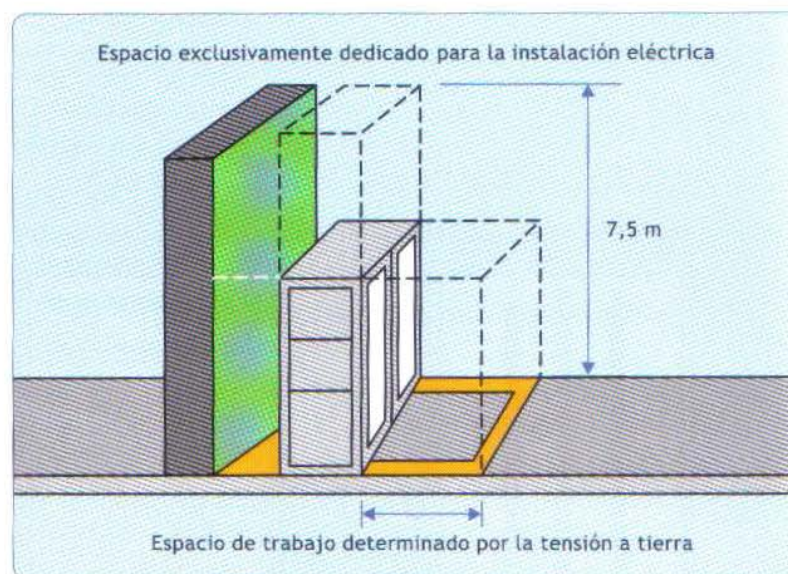


Fig. 16/4: Espacio dedicado a las instalaciones eléctricas.

- **En instalaciones exteriores.**

El equipo eléctrico debe instalarse en envolturas adecuadas y estar protegidos contra el contacto accidental por personas no calificadas, contra el tráfico de vehículos y contra salpicaduras o fugas accidentales de tuberías.

Tableros de distribución**Instalación**

No deben instalarse en baños, áreas de vestidores y donde haya la posibilidad de accionarlos con los pies desnudos y/o piso mojado.

Tableros de alumbrado y control

Un tablero de alumbrado y control de circuitos derivados de alumbrado y aparatos eléctricos es el que tiene más de 10% de sus dispositivos de protección contra sobrecorriente de 30 A o menos, con conexiones para el neutro.

Número máximo de dispositivos de protección

En un gabinete o caja para cortacircuitos no se deben instalar más de 42 dispositivos de sobrecorriente alimentados de la misma barra conductora (además del principal de alimentación) para circuitos derivados de alumbrado y aparatos eléctricos.

Si el tablero cuenta con más espacios disponibles, se debe colocar medios físicos para impedir la instalación de más dispositivos de protección.

Un interruptor automático de 2 polos equivale a 2 dispositivos de protección contra sobrecorriente.

Un interruptor automático de 3 polos equivale a 3 dispositivos de protección contra sobrecorriente.

Carga continua

La carga continua de cualquier dispositivo de protección contra sobrecorriente instalado no debe superar el 80% de su capacidad.

Si el dispositivo de protección contra sobrecorriente está aprobado para operar al 100% se puede utilizar a su capacidad.

Alimentado a través de un transformador

Si un tablero de alumbrado y control se alimenta a través de un transformador, el dispositivo de protección contra sobrecorriente se debe de instalar en el lado secundario del transformador.

Instalación

No deben instalarse en baños, áreas de vestidores y donde haya la posibilidad de accionarlos con los pies desnudos y/o piso mojado.

Cables y cordones flexibles

Los cables y cordones flexibles que se utilicen en las instalaciones eléctricas deben estar de acuerdo a la descripción de la tabla 400-4.

La capacidad de conducción está dada por las tablas 400-5(a) 400-5(b), las cuales se deben de utilizar cuando los cables y cordones flexibles tienen no más de tres conductores portadores de corriente.

Tabla 400-5(a).- Capacidad de conducción de corriente de cables y cordones flexibles a temperatura ambiente de 30 °C. Véase 400- 13 y la Tabla 400- 4

Tamaño o Designación		Tipo TS con termo-endurecido	Tipos E, EO, SJ, SJO, SJO0, SO, SP-1, SP-2, SP-3, SRD, SV, SVO, y con termofijo		Tipos HPN, HSJ, HSJO, HSJOO
		Tipos TPT y TST con termo-plástico	Tipos ETP, ETT, SJT, SJTW SJTO, SJTOO, SP-1, SP-2, SP-3, SPT-0, SPT-1, SPT-2, SPT-3, ST, STW, SRDE, SRDT, STO, SVT, SVTO y STVOO con termoplástico		
			A#	B#	
mm²	AWG				
0,1	27*	0,5	-	-	-
0,519	20	-	5**	***	-
0,824	18	-	7	10	10
-	17	-	-	-	13
1,31	16	-	10	13	15
2,08	14	-	15	18	20
3,30	12	-	20	25	30
5,26	10	-	25	30	35
8,37	8	-	35	40	-
13,3	6	-	45	55	-
21,2	4	-	60	70	-
33,6	2	-	80	95	-

* Cordón oropel (tinsel).

** Sólo cables para elevadores.

*** 7 A sólo para cables para elevadores y 2 A para los demás.

Los valores de la columna A son para cables de tres conductores y otros multipolares conectados a equipos de utilización, de modo que los tres cables sean portadores de corriente eléctrica. Los de la columna B son para cables de dos conductores y otros multipolares conectados a equipos de utilización de modo que sólo dos conductores sean portadores de corriente eléctrica.

Tabla 400-5(b).- Capacidad de conducción de corriente de los cables de tipo SC, SCE, SCT y G (Basada en temperatura ambiente de 30 °C. Véase la tabla 400-4).

Tamaño o designación		Temperatura del cable								
		60 °C			75 °C			90 °C		
mm²	AWG kcmil	D	E	F	D	E	F	D	E	F
8,37	8	60	55	48	70	65	57	80	74	65
13,3	6	80	72	63	95	88	77	105	99	87
21,2	4	105	96	84	125	115	101	140	130	114
26,7	3	120	113	99	145	135	118	165	152	133
33,6	2	140	128	112	170	152	133	190	174	152
42,4	1	165	150	131	195	178	156	220	202	177
53,5	1/0	195	173	151	230	207	181	260	234	205
67,4	2/0	225	199	174	265	238	208	300	271	237
85,0	3/0	260	230	201	310	275	241	350	313	274
107	4/0	300	265	232	360	317	277	405	361	316
127	250	340	296	259	405	354	310	455	402	352
152	300	375	330	289	445	395	346	505	449	393
177	350	420	363	318	505	435	381	570	495	433
203	400	455	392	343	545	469	410	615	535	468
253	500	515	448	392	620	537	470	700	613	536

Los valores de capacidad de conducción de corriente de la columna D son para cables de un solo conductor de tipo SC, SCE, SCT y W, solamente cuando los conductores individuales no estén instalados en canalizaciones ni en contacto físico unos con otros, excepto en tramos que no excedan 60 cm. cuando atraviesen la pared de un gabinete.

Los valores de capacidad de conducción de corriente de la columna E son para cables de dos conductores y otros multiconductores conectados a equipo de utilización de modo que sólo conduzcan corriente dos conductores. Los valores de capacidad de conducción de corriente de la columna F son para cables de tres conductores y otros multiconductores conectados a equipo de utilización de modo que solamente tres conductores conduzcan corriente.

Si los cables o cordones flexibles tienen más de 3 conductores portadores de corriente se debe aplicar el factor de agrupamiento.

Usos permitidos:

- Conexiones colgantes;
- Alambrado de luminarios;
- Conexión de lámparas portátiles, anuncios portátiles y móviles o aparatos electrodomésticos móviles, y los cordones flexibles deben estar equipados con una clavija de conexión;
- Cables de elevadores;
- Instalaciones de grúas y polipastos;
- Conexión de equipo fijo para facilitar cambios frecuentes y los cordones flexibles deben estar equipados con una clavija de conexión;
- Para evitar la transmisión de ruido o vibraciones;
- Equipos eléctricos cuyos medios de sujeción y conexiones mecánicas estén diseñados específicamente para desmontarlos para su fácil mantenimiento y reparación y el equipo eléctrico esté diseñado o aprobado e identificado para utilizarse con un cordón flexible y los cordones flexibles deben estar equipados con una clavija de conexión
- Equipo de procesamiento de datos, ver la sección 645-5;
- Conexión de partes móviles;
- Instalaciones temporales permitidas en las secciones 305-4(b) y 305-4(c).

Usos no permitidos:

- En sustitución de la instalación fija de un edificio;
- Cuando tienen una trayectoria a través de un orificio en la pared, techos estructurales, techos suspendidos o techos inclinados o pisos;
- Cuando atraviesen puertas, ventanas o aberturas similares;
- Cuando vayan unidos a la superficie de un edificio;
- Cuando estén ocultos tras las paredes, suelos o techos de un edificio;
- Cuando estén instalados en canalizaciones, excepto si se permite en otros lugares de la norma. (Ver inciso (6) de 400-8)

Cálculo de conductores

Cálculo de conductores en baja tensión

Cálculo por capacidad de corriente

Los conductores de un circuito derivado o un circuito alimentador, primeramente se calculan por capacidad de corriente, involucrando:

- La corriente que demanda la carga.
- La temperatura ambiente del lugar donde se instalarán los conductores.
- El tipo de canalización ó si se encuentran instalados en un soporte para cables tipo charola, cable o al aire libre.

04 Requerimientos de la instalación

Calculo de conductores

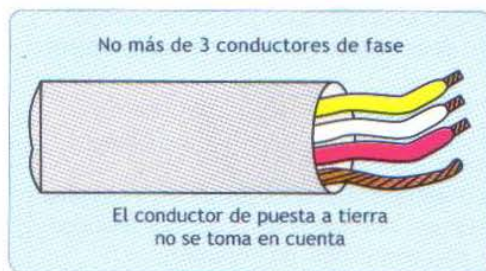


Fig. 17/4: Aplicación del factor de temperatura.



Fig. 18/4: Ejemplo con 6 conductores portadores de corriente.

Aplicación del factor de ajuste por agrupamiento

Si los conductores se encuentran instalados en tubería (conduit) o cable y no más de tres conductores portadores de corriente:

el factor de agrupamiento es: 1

Si los conductores se encuentran instalados en tubería (conduit) o cable y son más de tres conductores portadores de corriente:

el factor de ajuste que se deberá de aplicar es de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla 310-15(g).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.

Número de conductores portadores de corriente	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Ejemplo aplicado a la capacidad de conducción de corriente de los conductores: en una tubería (conduit) se alojan 6 conductores portadores de corriente de designación 8,37 mm² (8 AWG), cuál es la capacidad de conducción de los conductores.

Consultando la tabla 310-16, la capacidad de corriente del conductor 8,37 mm² (8 AWG), es de 40 A.

Se consulta la tabla 310-15 (g) y buscamos el factor de agrupamiento para 6 conductores alojados en una tubería (conduit) y es de F.A. = 0,80 se aplica este factor de agrupamiento:

Nueva capacidad = I conductor x factor de agrupamiento
Nueva capacidad = 40 A x 0,80 = 32 A.

Ejemplo aplicado a la corriente del circuito eléctrico: se tiene que alimentar una carga de 20 A y el circuito se va alojar dentro de una tubería (conduit) y en total serán 4 conductores portadores de corriente, cual es la nueva corriente de carga (virtual).

Se consulta la tabla 310-15 (g) y buscamos el factor de agrupamiento para 4 conductores alojados en una tubería (conduit) y es de F.A. = 0,80 se aplica este factor de agrupamiento:

I f.a. = I carga / factor de agrupamiento
I f.a. = 20 A / 0,80 = 25 A.

Aplicación del factor de ajuste por temperatura

Se debe considerar la temperatura ambiente máxima del lugar en el cual el conductor se va instalar. Conociendo la temperatura ambiente del lugar se consultan las tablas 310-16 ó 310-17, y con la corriente de la carga, si es menor de 0-100 A, se utiliza el factor de temperatura de la columna a 60 °C y si la corriente de carga es de 101 A o mayor, se utiliza el factor de temperatura de la columna a 75 °C.

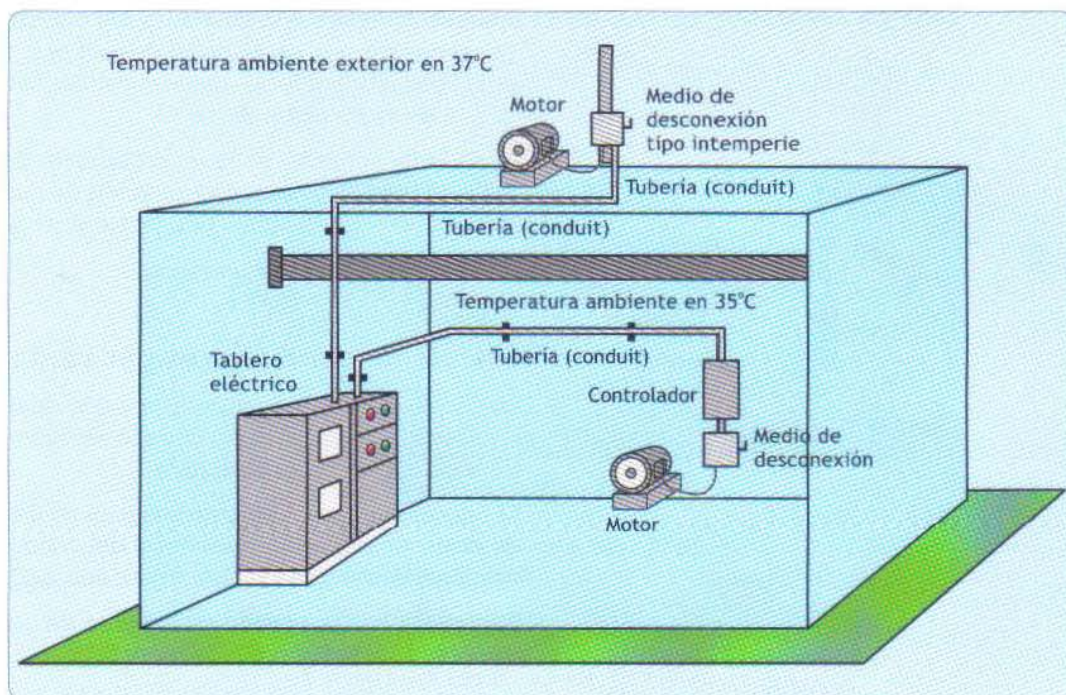


Fig. 19/4: Temperatura ambiente.

Factores de corrección

Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60		0,58	0,71		0,58	0,71
61-70		0,33	0,58		0,33	0,58
71-80			0,41			0,41

Ejemplo aplicado a la capacidad de conducción de corriente de los conductores: en una tubería (conduit) se alojan 3 conductores portadores de corriente de designación 8,37 mm² (8 AWG), cual es la capacidad de corriente de los conductores si se instalan en un local que tiene una temperatura ambiente de 34 °C .

Consultando la tabla 310-16, la capacidad de corriente del conductor 8,37 mm² (8 AWG), es de 40 A, en la columna a 60 °C.

Se consulta la tabla 310-16 en los factores de temperatura en la columna a 60 °C y buscamos el factor de temperatura para 34 °C y es de F.T. = 0,91 se aplica este factor de temperatura.

Nueva capacidad = Iconductor x factor de temperatura

Nueva capacidad = 40 A x 0,91 = 36,4 A

Ejemplo aplicado a la corriente del circuito eléctrico: se tiene que alimentar una carga de 20 A, cual es la nueva corriente de carga (virtual) si el local donde se va instalar el circuito tiene una temperatura ambiente de 34 °C.

Se consulta la tabla 310-16 en los factores de temperatura en la columna a 60 °C y buscamos el factor de temperatura para 34 °C y es de F.T. = 0,91 se aplica este factor de temperatura.

$I_{f.a.} = I_{carga} / \text{factor de temperatura}$

$I_{f.a.} = 20 \text{ A} / 0,91 = 21,97 \text{ A.}$

Cálculo de conductores por caída de tensión

En el cálculo de conductores por caída de tensión viene involucrada la longitud del circuito eléctrico y el tipo de circuito alimentador o circuito derivado.

Al seleccionar los conductores eléctricos debe tenerse cuidado de asegurar la sección transversal del conductor de que sea lo suficientemente grande para evitar una caída de tensión excesiva.

Esto afecta a la operación en el punto de carga y puede dañar los equipos, o no dar el servicio requerido.

La siguiente figura muestra la relación fasorial entre la tensión eléctrica al inicio del circuito, la caída de tensión en el mismo y la tensión eléctrica al final del circuito.

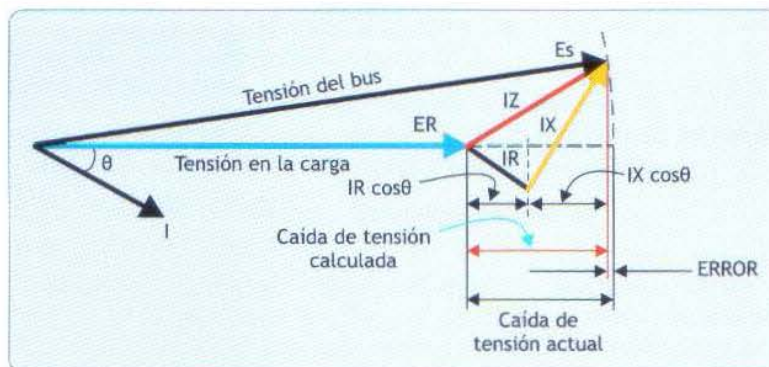


Fig. 20/4: Diagrama de fases indicando la magnitud de error en el cálculo de caída de tensión.

Fórmulas eléctricas

A Caída de tensión en un sistema monofásico a 2 hilos

$$e = 2 Z I L \quad e\% = e \times 100 / E_{fn}$$

$$Z = R \cos \theta + X \sin \theta$$

Por lo tanto la caída de tensión en el circuito es de:

$$e\% = 200 I L (R \cos \theta + X \sin \theta) / E_{fn}$$

e = Caída de tensión, volts

$e\%$ = Caída de tensión en por ciento

Z = Impedancia del conductor en ohms-metro

I = La corriente que circulará por el conductor, Amperes

L = Longitud del circuito eléctrico, m.

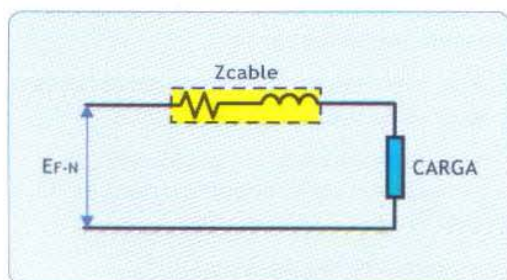


Fig. 21/4: Sistema monofásico a 2 hilos.

B Caída de tensión en un sistema monofásico a 3 hilos

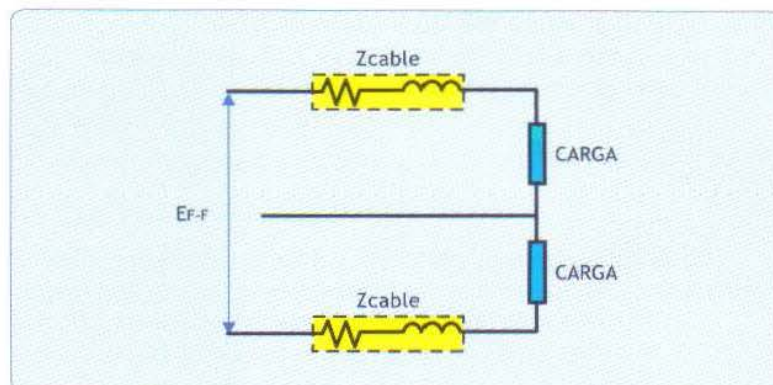


Fig. 22/4: Sistema monofásico a 3 hilos.

$$e = Z I L \quad e\% = e \times 100 / E_{Fn}$$

$$Z = R \cos \varnothing + X \sin \varnothing$$

Por lo tanto la caída de tensión en el circuito es de:

$$e\% = 100 I L (R \cos \varnothing + X \sin \varnothing) / E_{Fn}$$

C Caída de tensión en un sistema trifásico a 3 hilos

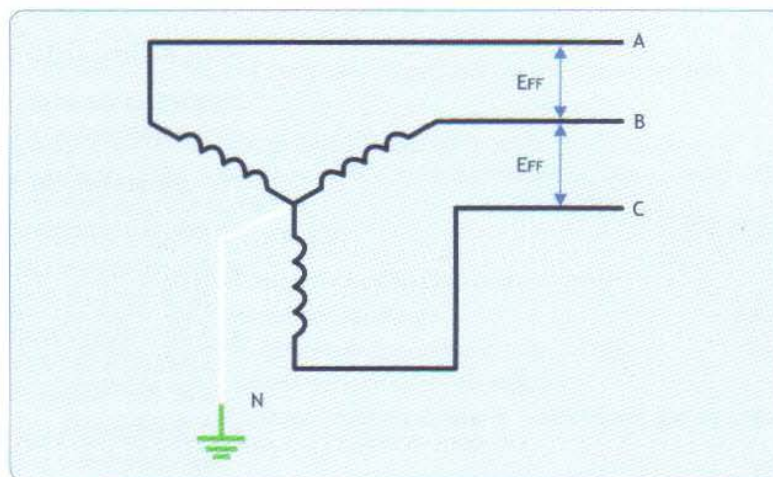


Fig. 23/4: Sistema trifásico a 3 hilos.

$$e = \sqrt{3} Z I L \quad e\% = e \times 100 / E_{FF}$$

$$Z = R \cos \varnothing + X \sin \varnothing$$

Por lo tanto la caída de tensión en el circuito es de:

$$e\% = 173 I L (R \cos \varnothing + X \sin \varnothing) / E_{FF}$$

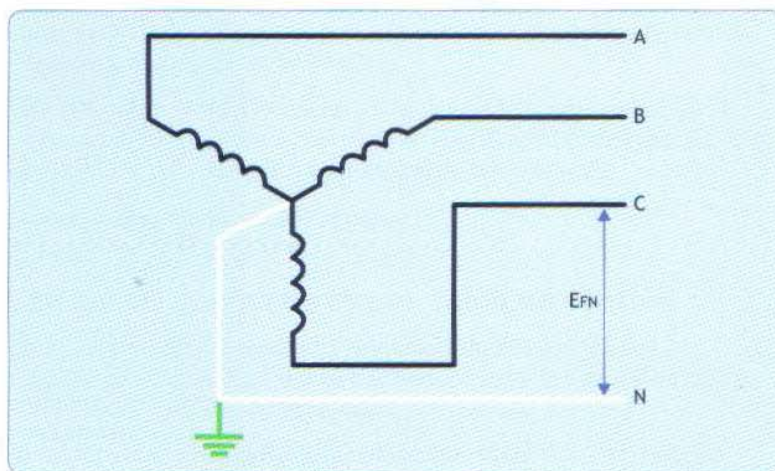
D Caída de tensión en un sistema trifásico a 4 hilos

Fig. 24/4: Sistema trifásico a 4 hilos.

$$e = Z I L \quad e\% = e \times 100 / E_{Fn}$$

$$Z = R \cos \varnothing + X \sin \varnothing$$

Por lo tanto la caída de tensión en el circuito es de:

$$e\% = 100 I L (R \cos \varnothing + X \sin \varnothing) / E_{Fn}$$

Procedimiento para el cálculo de conductores

Para seleccionar el conductor de un circuito eléctrico se procede de la siguiente manera:

Por capacidad de corriente

Se calcula la corriente en amperes, a partir de la Ley de Watt.

- A la corriente calculada, se le aplica el factor de agrupamiento de acuerdo a la tabla 310-15 (g).
- A la nueva corriente, se le aplica el factor de temperatura de acuerdo a la tabla 310-16 ó 310-17 según el tipo de canalización o al aire, respectivamente.
- A la corriente resultante, después de aplicar los factores de agrupamiento y de temperatura, se le llama corriente corregida.
- Con la corriente corregida, se consultan las tablas 310-16 ó 310-17 según aplique y tomando la siguiente consideración:

Reglas generales

Para cargas de 0 a 100 A, el conductor se selecciona de acuerdo a la columna a 60 °C.

Para cargas de 101 A o mayores, el conductor se selecciona de acuerdo a la columna a 75 °C.

Importante: no utilizar la columna a 90 °C de la tabla 310-16 ó 310-17 directamente para seleccionar el conductor por capacidad de corriente.

Para utilizar la columna a 90 °C primeramente el conductor se debe seleccionar a 60 °C ó 75 °C según las reglas generales, si el circuito eléctrico es afectado por cualquier factor de temperatura o agrupamiento, o ambos, se permite utilizar la columna a 90 °C siempre y cuando se respete el tamaño del conductor seleccionado a 60 °C ó 75 °C de acuerdo a la carga.

No se podrá seleccionar un conductor de tamaño menor.

Por caída de tensión

Se debe tomar en cuenta la longitud del circuito eléctrico, de acuerdo a la corriente eléctrica que circulará por los conductores, la caída de tensión se calcula según el tipo de circuito, considerando la resistencia y la reactancia del conductor.

Por cortocircuito

Si la selección la sección transversal del conductor no es la adecuada para soportar las condiciones de cortocircuito, el intenso calor generado en tan poco tiempo produce un daño severo en el aislamiento, por lo que es necesario conocer el tiempo en que transcurre la falla antes de que las protecciones operen para liberar la falla.

Para determinar la corriente permisible en el conductor, se debe considerar:

- El cortocircuito balanceado.
- El cortocircuito balanceado, calculando la corriente de falla de secuencia cero.

La siguiente ecuación permite verificar la sección transversal del conductor, una vez que se conozca la corriente de falla en amperes y la duración de la misma.

$$(I / A)^2 t = K \log (T_2 + T / T_1 + T)$$

I = Corriente máxima de cortocircuito permitida, amperes

K = Constante del material del conductor

A = Sección transversal del conductor, circular mils

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en segundos

T = Temperatura en °C (bajo cero) en la cual el material del que se trate tiene una resistencia eléctrica teóricamente nula

T₁ = temperatura inicial del conductor °C

T₂ = temperatura final del conductor °C

Es importante hacer notar que la corriente de cortocircuito que debe considerarse es la máxima corriente de cortocircuito que circulará por el conductor, por lo que se requiere realizar un análisis adecuado.

Tabla 9 (NEC).- Resistencia y reactancia para cables a 600 V, 75 °C, 3 fases, corriente alterna a 60 Hz – Tres monoconductores dentro de tubo (conduit).

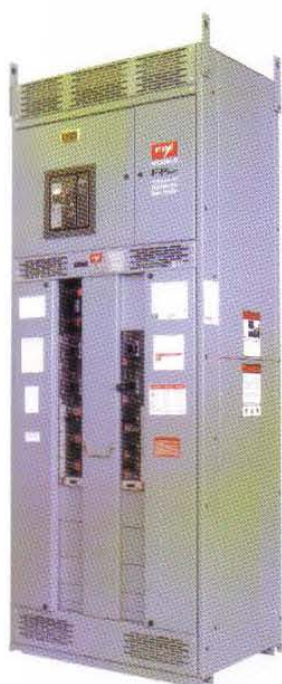
Tamaño o designación mm ² (AWG o kcmil)	Ohms al neutro, por kilómetro														Tamaño o designación mm ² (AWG o kcmil)
	XL (reactancia) para todos los conductores		Resistencia a corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencia a corriente alterna para conductores de aluminio			Z efectiva a factor de potencia de 0,85, para coductores de cobre sin recubrimiento			Z efectiva a factor de potencia de 0,85 para conductores de aluminio			
	Tubo (conduit) de PVC, Aluminio	Tubo (conduit) de acero	Tubo (conduit) de PVC	Tubo (conduit) de Aluminio	Tubo (conduit) de acero	Tubo (conduit) de PVC	Tubo (conduit) de Aluminio	Tubo (conduit) de acero	Tubo (conduit) de PVC	Tubo (conduit) de Aluminio	Tubo (conduit) de acero	Tubo (conduit) de PVC	Tubo (conduit) de Aluminio	Tubo (conduit) de acero	
2,08 mm ² (14 AWG)	0,190	0,240	10,2	10,2	10,2	---	---	---	8,9	8,9	8,9	---	---	---	2,08 mm ² (14 AWG)
3,31 mm ² (12 AWG)	0,177	0,223	6,6	6,6	6,6	10,5	10,5	10,5	5,6	5,6	5,6	9,2	9,2	9,2	3,31 mm ² (12 AWG)
5,26 mm ² (10 AWG)	0,164	0,207	3,9	3,9	3,9	6,6	6,6	6,6	3,6	3,6	3,6	5,9	5,9	5,9	5,26 mm ² (10 AWG)
8,37 mm ² (8 AWG)	0,171	0,213	2,56	2,56	2,56	4,3	4,3	4,3	2,26	2,26	2,30	3,6	3,6	3,6	8,37 mm ² (8 AWG)
13,3 mm ² (6 AWG)	0,167	0,210	1,61	1,61	1,61	2,66	2,66	2,66	1,44	1,48	1,48	2,33	2,36	2,36	13,3 mm ² (6 AWG)
21,2 mm ² (4 AWG)	0,157	0,197	1,02	1,02	1,02	1,6	1,67	1,67	0,95	0,95	0,98	1,51	1,51	1,51	21,2 mm ² (4 AWG)
26,7 mm ² (3 AWG)	0,154	0,194	0,82	0,82	0,82	1,31	1,35	1,31	0,75	0,79	0,79	1,21	1,21	1,21	26,7 mm ² (3 AWG)
33,6 mm ² (2 AWG)	0,148	0,187	0,62	0,66	0,66	1,05	1,05	1,05	0,62	0,62	0,66	0,98	0,98	0,98	33,6 mm ² (2 AWG)
42,4 mm ² (1 AWG)	0,151	0,187	0,49	0,52	0,52	0,82	0,85	0,82	0,52	0,52	0,52	0,79	0,79	0,82	42,4 mm ² (1 AWG)
53,5 mm ² (1/0 AWG)	0,144	0,180	0,39	0,43	0,39	0,66	0,69	0,66	0,43	0,43	0,43	0,62	0,66	0,66	53,5 mm ² (1/0 AWG)
67,4 mm ² (2/0 AWG)	0,141	0,177	0,33	0,33	0,33	0,52	0,52	0,52	0,36	0,36	0,36	0,52	0,52	0,52	67,4 mm ² (2/0 AWG)
85,0 mm ² (3/0 AWG)	0,138	0,171	0,253	0,269	0,259	0,43	0,43	0,43	0,289	0,302	0,308	0,43	0,43	0,46	85,0 mm ² (3/0 AWG)
107 mm ² (4/0 AWG)	0,135	0,167	0,203	0,220	0,207	0,33	0,36	0,33	0,243	0,256	0,262	0,36	0,36	0,36	107 mm ² (4/0 AWG)
127 mm ² (250 kcmil)	0,135	0,171	0,171	0,187	0,177	0,279	0,295	0,282	0,217	0,230	0,240	0,308	0,322	0,33	127 mm ² (250 kcmil)
152 mm ² (300 kcmil)	0,135	0,167	0,144	0,161	0,148	0,233	0,249	0,236	0,194	0,207	0,213	0,269	0,282	0,289	152 mm ² (300 kcmil)
177 mm ² (350 kcmil)	0,131	0,164	0,125	0,141	0,128	0,200	0,217	0,207	0,174	0,190	0,197	0,240	0,253	0,262	177 mm ² (350 kcmil)
203 mm ² (400 kcmil)	0,131	0,161	0,108	0,125	0,115	0,17	0,194	0,180	0,161	0,174	0,184	0,217	0,233	0,240	203 mm ² (400 kcmil)
253 mm ² (500 kcmil)	0,128	0,157	0,089	0,105	0,095	0,141	0,157	0,148	0,141	0,157	0,164	0,187	0,200	0,210	253 mm ² (500 kcmil)
304 mm ² (600 kcmil)	0,128	0,157	0,075	0,092	0,082	0,118	0,135	0,125	0,131	0,144	0,154	0,167	0,180	0,190	304 mm ² (600 kcmil)

Nombre de archivo: CAPITULO 4 (PAG
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis
documentos\araliz_2008 2\INSTALACIONES ESPECIALES\Libro-
Instalaciones Electricas Comerciales e Industriales
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 15/09/2008 21:18:00
Cambio número: 3
Guardado el: 15/09/2008 21:29:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 20 minutos
Impreso el: 15/09/2008 21:42:00
Última impresión completa
Número de páginas: 36
Número de palabras: 7 (aprox.)
Número de caracteres: 41 (aprox.)



Cálculo de canalizaciones y de soportes tipo charola para cables

Tableros FPower



- Disponibilidad.
- Diseño compacto.
- Amplia gama de accesorios instalables en campo.

Contenido

Cálculo de tubo (conduit)	68
Cálculo de ducto metálico y no metálico	72
Cálculo de soportes para cables tipo charola	74
Cálculo de cajas de registro	97
Cálculo del volumen de la caja	97
Cálculo del volumen ocupado	98
Cajas de paso	100
Cajas de empalme o tiro	103

Tabla 10-1. Factores de relleno en tubo (conduit)

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53	31	40

Nota: Esta tabla 10-1 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

Cálculo de tubo (conduit)

Para calcular el diámetro de la tubería (conduit) a utilizar, se deberá de conocer el tamaño de los conductores que se instalarán dentro de la tubería.

Para calcular el por ciento de ocupación de los conductores en una tubería (conduit) se debe tomar en cuenta todos los conductores de fase y el neutro cuando se utilicen y los conductores de puesta a tierra, tanto si están con o sin aislamiento.

La ocupación máxima permitida de un tubo (conduit) se muestra en la tabla 10-1, la cual aplica a instalaciones completas de tubo (conduit) y no a conductos que se emplean para proteger a los cables expuestos a daño físico.

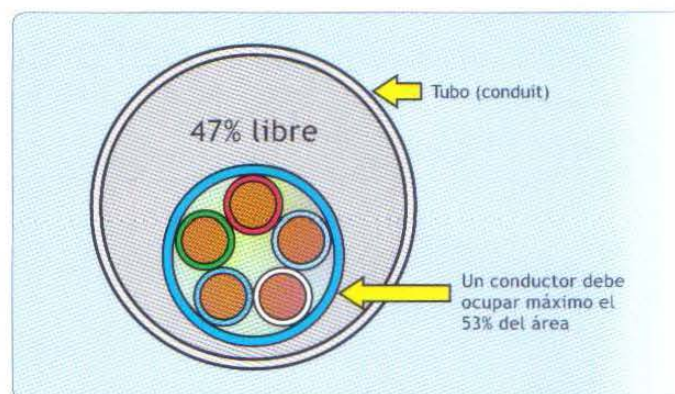


Fig. 1/5: Ocupación máxima para un conductor en tubo (conduit).

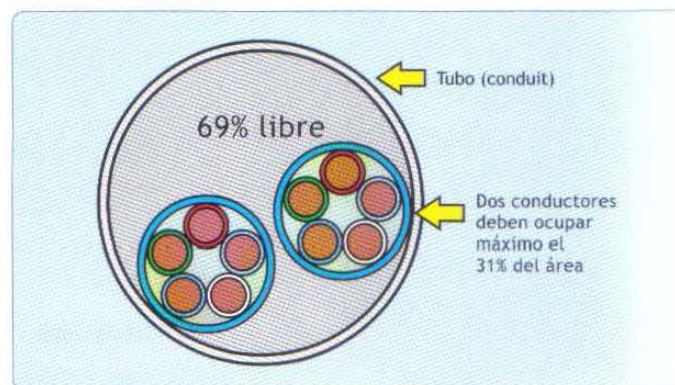


Fig. 2/5: Ocupación máxima para dos conductores en tubo (conduit).

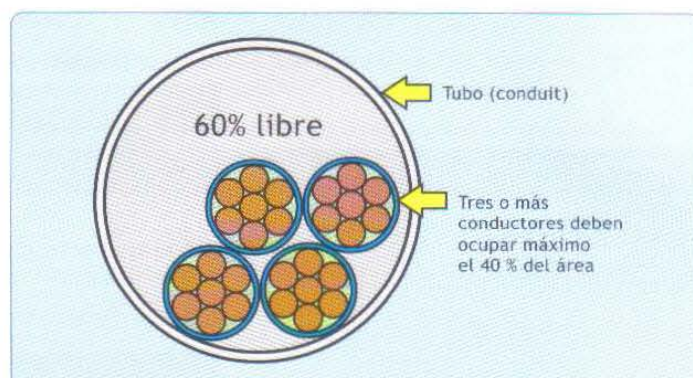


Fig. 3/5: Ocupación máxima para tres o más conductores en tubo (conduit).

En las tablas de la norma vigente la designación del tubo se indica en el equivalente en el Sistema Internacional de unidades de medida correspondiente. De forma que el lector se familiarice con la designación internacional, los valores que se encuentran dentro del paréntesis corresponden a la designación en pulgadas.

Ejemplo: Se requiere instalar 2 conductores de tamaño $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) tipo THW y un conductor de puesta a tierra de tamaño $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) sin aislamiento.

Paso 1

Se consulta la tabla 10-5 y se busca la sección transversal del conductor $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) con aislamiento THW.

Tabla 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos.

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm^2
TW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THW-2	2,08	14	3,38	8,97
	3,31	12	3,86	11,7
	5,6	10	4,47	15,7
	8,37	8	5,99	28,2

De la tabla 10-5, se observa que el área del conductor de tamaño $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) es de $8,97 \text{ mm}^2$ con aislamiento.

Paso 2

Se consulta la tabla 10-8 y se busca la designación del conductor $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) sin aislamiento y con 7 alambres

Tabla 10-8.- Propiedades de los conductores.

Tamaño o designación		Conductores				Resistencia a la c.c. a 75°C		
		Alambres componentes		Dimensiones totales		Cobre		Aluminio
mm^2	AWG kmil	Cantidad	Diámetro mm	Diámetro mm	Área mm^2	Sin estañar Ω/km	Estañado Ω/km	/km
0,824	18	1	1,02	1,02	0,82	25,5	26,5	
0,824	18	7	0,381	1,17	1,07	26,1	27,7	
1,31	16	1	1,29	1,29	1,31	16,0	16,7	
1,31	16	7	0,483	1,47	1,70	16,4	17,4	
2,08	14	1	1,63	1,63	2,08	10,1	10,5	
2,08	14	7	0,61	1,85	2,70	10,3	10,7	

De la tabla 10-8, se observa que el área del conductor de tamaño $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) de 7 alambres sin aislamiento, es de $2,70 \text{ mm}^2$.

Paso 3

Se procede a realizar las siguientes operaciones:

Número de conductores	Tamaño AWG	Sección transversal mm ²	Total mm ²
2	14	8,97	17,94
1 sin aislamiento	14	2,70	2,70
Total			20,64

Con el área de ocupación total de los conductores dentro de una tubería (conduit) de 20,64 mm² se consulta la tabla 10-4.

Tabla 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)

Designación	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

*Para tubo (conduit) flexible metálico o no metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto.

En la sexta columna para más de dos conductores se busca el área de 20,64 mm² se encuentra en la fila de 78 mm² y el diámetro de la tubería (conduit) que corresponde se encuentra en la columna 1 y resulta una designación de 16 (1/2).

Por lo tanto, 2 conductores THW de tamaño 2,08 mm² (14 AWG) y un conductor sin aislamiento (desnudo) de tamaño 2,08 mm² (14 AWG), se alojarán en una tubería (conduit) de 16 (1/2).

Ejemplo: Se requiere instalar 4 conductores de tamaño 53,5 mm² (1/0 AWG) tipo THW y un conductor de puesta a tierra de tamaño 21,2 mm² (4 AWG) sin aislamiento.

Con el área de ocupación total de los conductores dentro de una tubería (conduit) de 599,3 mm², se consulta la tabla 10-4.

Tabla 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la tabla 10-1, capítulo 10)

Designación	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12 907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18 639	9879	5778	7456

*Para tubo (conduit) flexible metálico o no metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto.

En la sexta columna para más de dos conductores se busca el área de 20,64 mm² que se encuentra en la fila de 867 mm² y el diámetro de la tubería (conduit) que corresponde se encuentra en la columna 1 y resulta una designación de 53 (2).

Por lo tanto, 4 conductores THW de tamaño 53,5 mm² (1/0 AWG) y un conductor sin aislamiento (desnudo) de tamaño 21,2 mm² (4 AWG), se alojarán en una tubería (conduit) de 53 (2).

Cálculo de ducto metálico y no metálico

Los ductos metálicos son ductos de placa metálica con tapa a presión removible, o con bisagras para alojar y proteger cables eléctricos, en los cuales se instalan los conductores después de haber instalado el ducto como un sistema completo.

Los ductos no deben contener más de 30 conductores de fase en ninguna parte.

Los conductores de fase de los circuitos de señalización o los conductores del circuito de control del motor y su controlador que se utilizan para el arranque del motor, no se consideran conductores de fase.

En el ducto solamente se debe utilizar al 20% del área de la sección transversal interior.

A los 30 conductores de fase que ocupen el 20% del área de la sección transversal interior del ducto, no se deben aplicar los factores de ajuste de la sección 310-15 (g) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V.

Si se aplican los factores de ajuste de la sección 310-15 (g) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, no debe limitarse el número de conductores de fase, pero la suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en el

ducto no debe exceder del 20% del área de la sección transversal interior.

Las dimensiones de los ductos cuadrados comerciales son de 6,5 x 6,5 cm, 10 x 10 cm, 15 x 15 cm.

Aplicando el 20% del área de ocupación máxima, resulta:

Dimensiones del ducto	Área total mm ²	Área de ocupación máxima mm ²
65 mm x 65 mm	4225	845
150 mm x 150 mm	22 500	4500
100 mm x 100 mm	10 000	2000

Ejemplo: se requiere instalar en un ducto metálico, 30 conductores con aislamiento THW de tamaño 3,31 mm² (12 AWG) y un conductor de puesta a tierra de tamaño 3,31 mm² (12 AWG) sin aislamiento. ¿De qué dimensiones debe ser el ducto metálico?

Paso 1

Se consulta la tabla 10-5 y se busca la sección transversal del conductor 3,31 mm² (12 AWG) con aislamiento THW.

Tabla 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos

TW,	2,08	14	3,38	8,97
THHW, THHW-LS	3,31	12	3,86	11,7
THW, THW-LS	5,6	10	4,47	15,7
THW-2	8,37	8	5,99	28,2

De la tabla 10-5, se observa que el área del conductor de tamaño 3,31 mm² (12 AWG) es de 11,7 mm².

Paso 2

Se consulta la tabla 8 y se busca la sección transversal del conductor 3,31 mm² (12 AWG) sin aislamiento y con 7 alambres.

Tabla 10-8.- Propiedades de los conductores

Tamaño o designación		Conductores				Resistencia a la c.c. a 75 °C		
		Alambres componentes		Dimensiones totales		Cobre		
mm ²	AWG kcmil	Cantidad	Diámetro mm	Diámetro mm	Área mm ²	Sin estañar Ω/km	Estañado Ω/km	Aluminio Ω/km
0,824	18	1	1,02	1,02	0,82	25,5	26,5	
0,824	18	7	0,381	1,17	1,07	26,1	27,7	
1,31	16	1	1,29	1,29	1,31	16,0	16,7	
1,31	16	7	0,483	1,47	1,70	16,4	17,4	
2,08	14	1	1,63	1,63	2,08	10,1	10,5	
2,08	14	7	0,61	1,85	2,70	10,3	10,7	
3,31	12	1	2,05	2,05	3,32	6,33	6,59	
3,31	12	7	0,762	2,34	4,29	6,50	6,73	

De la tabla 10-8, se observa que el área del conductor de tamaño 3,31 mm² (12 AWG) de 7 alambres, es de 4,29 mm².

Paso 3

Se procede a realizar las siguientes operaciones:

Número de conductores	Tamaño AWG	Sección transversal mm ²	Total mm ²
30	12	11,7	351
1 sin aislamiento	12	4,29	4,29
		Total	355,29

Con el área de ocupación total de los conductores dentro de un ducto de $599,3 \text{ mm}^2$ resulta un ducto de $6,5 \text{ cm} \times 6,5 \text{ cm}$ con una ocupación máxima de 845 mm^2 .

Cálculo de soportes para cables tipo charola

El sistema de soporte tipo charola para cables, es una unidad o conjunto de unidades o secciones y accesorios, que forman un sistema estructural rígido utilizado para soportar cables y canalizaciones.

En algunos países de Latinoamérica se le llama bandeja de cables.

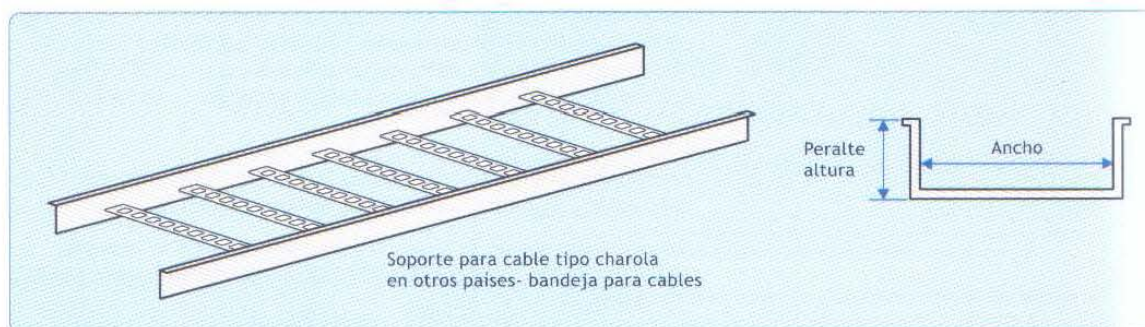


Fig. 4/5: Soporte para cables tipo charola.

Cabe aclarar que el soporte para cables tipo charola no es una canalización, sino solamente un soporte para cables o canalizaciones.

Se describirá donde se pueden utilizar, su aplicación no solamente se limita a instalaciones industriales, se pueden instalar cables monoconductores así como cables multiconductores.

Si se instalan cables monoconductores deben cumplir con lo siguiente:

Deben ser cables monoconductores tipos THW-LS, THHW-LS, XHHW-LS, cables sin contenido de halógenos, para interiores o exteriores donde se requiera mayor protección contra la propagación de incendio y de baja emisión de humos (artículo 310). Cuando no se requieran las características anteriores pueden usarse conductores con aislamiento tipo THHN y THWN (artículo 310).

Los conductores o cables para uso en soportes tipo charola deben ser aprobados para ese uso e identificados con el marcado **CT**.

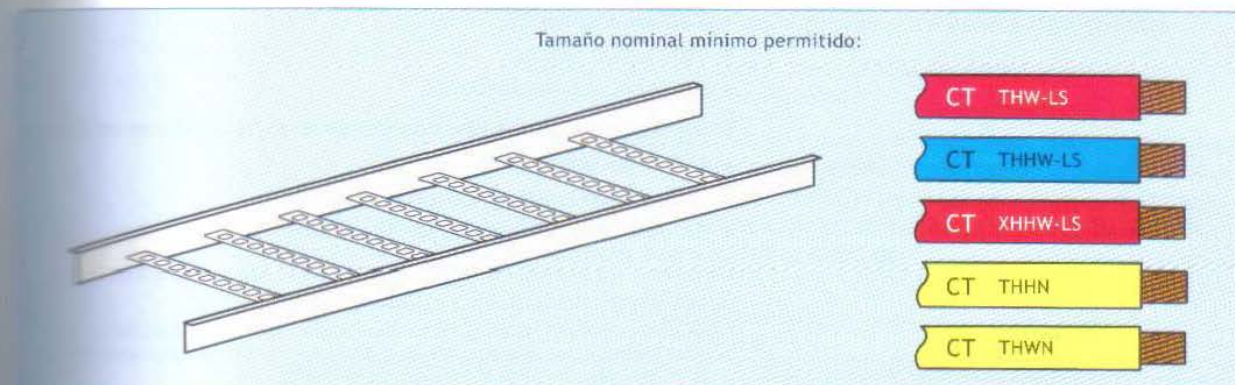


Fig. 5/5: Conductores permitidos que se instalan en el soporte para cables tipo charola

Los conductores o cables que quedan expuestos a los rayos del sol deben ser aprobados como resistentes a los rayos solares e identificados con el marcado **SR**.

Cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento sean atendidas por personas calificadas, el tamaño del conductor de fase o conductor puesto a tierra mínimo para instalarse en soportes para cables tipo charola es el $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG).

El conductor de puesta a tierra mínimo para instalarse en un soporte para cables tipo charola es el $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG), y puede ser aislado, cubierto o sin aislamiento (desnudo).

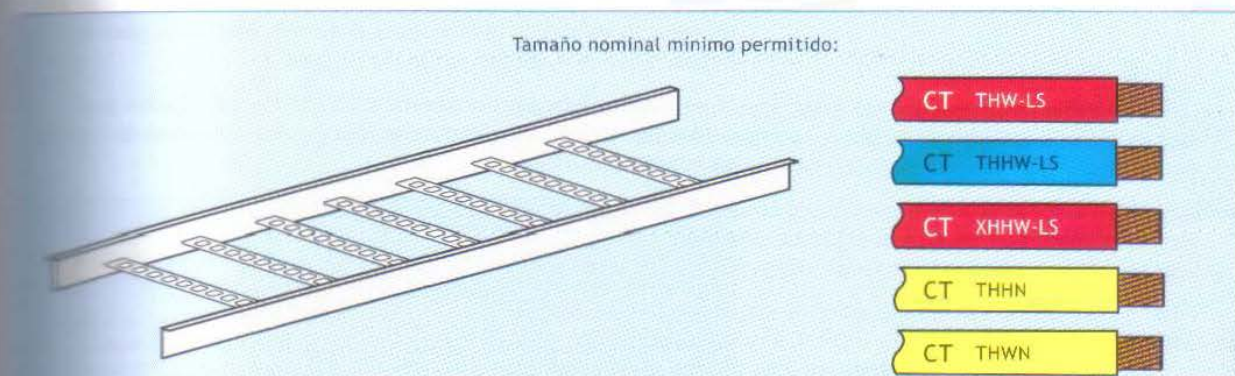


Fig. 6/5: Tamaño mínimo de conductores que se deben de instalar.

En cuanto a los cables multiconductores, se permiten instalar cables multiconductores de energía, señales y control montados de fábrica; para cables multiconductores de media tensión (MT o MV) deben estar aprobados e identificados para utilizarse en soportes para cables tipo charola y también si se encuentran expuestos directamente a los rayos solares.

Los soportes para cables tipo charola permitidos son:

- Tipo escalera.
- Tipo malla.
- Tipo fondo expandido.

- Canales ventilados.
- Tipo fondo sólido.
- Otras estructuras similares.

El soporte para cables tipo charola no se permite que se utilice en:

- Cubos de elevadores.
- Cuando estén expuestos a daño físico.
- En espacios para manejo de aire ambiental.

La norma no permite que el soporte para cables tipo charola se utilice como conductor de puesta a tierra.*

* Mientras que el NEC (Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos) si lo permite, siempre que cumplan con lo indicado en su artículo correspondiente.

Antes de instalar los conductores, el sistema para cables tipo charola debe instalarse como un sistema completo y debe mantenerse la continuidad eléctrica. Además se permite instalar el soporte para cables tipo charola que tengan segmentos mecánicamente discontinuos, siempre y cuando se mantenga la continuidad eléctrica con sus correspondientes puentes de unión.

Se permite instalar cables multiconductores de 600 V o menos, en el mismo soporte tipo charola.

No se permite instalar cables multiconductores de más de 600 V con cables multiconductores de 600 V o menos, a menos que se instale una barrera fija.

Es muy importante recalcar que los soportes para cables tipo charola deben estar expuestos y accesibles, no ocultos. Alrededor de estos soportes para cables tipo charola se debe dejar y mantener un espacio suficiente que permita el acceso adecuado para la instalación y el mantenimiento de los cables.

Si se instalan tuberías no eléctricas alrededor del soporte para cables tipo charola se debe dejar una distancia mínima de 0,60 m de separación.

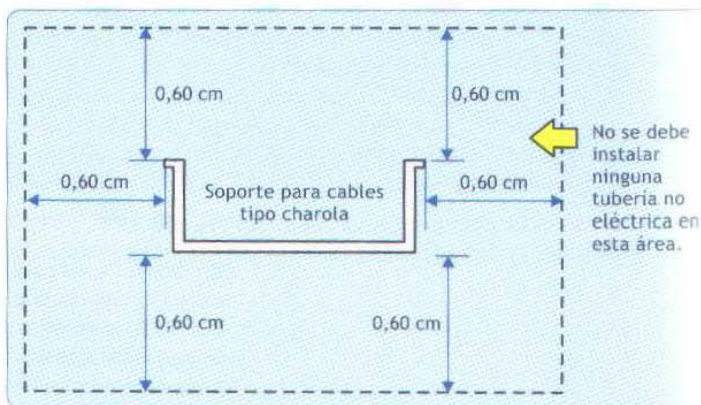


Fig. 7/5: Separación que se debe mantener con otras tuberías no eléctricas.

Puesta a tierra de los soportes para cables tipo charola

Los soportes para cables tipo charola deben ser puestos a tierra y deben cumplir con lo siguiente:

Las secciones, accesorios y otras canalizaciones, deben unirse con conectores mecánicos con tornillos o puentes de unión del tamaño adecuado. Es importante señalar que la norma vigente permite que la continuidad del soporte tipo charola se pueda hacer con cualquiera de los métodos indicados.

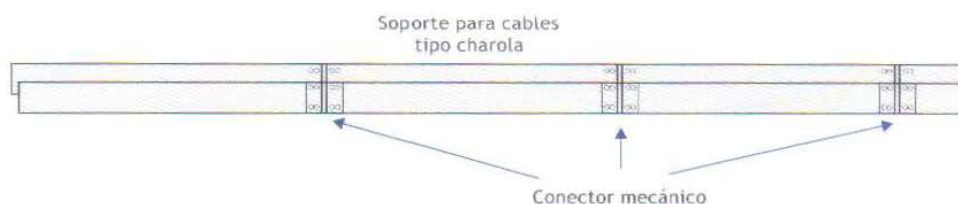


Fig. 8/5: Continuidad eléctrica con conectores mecánicos

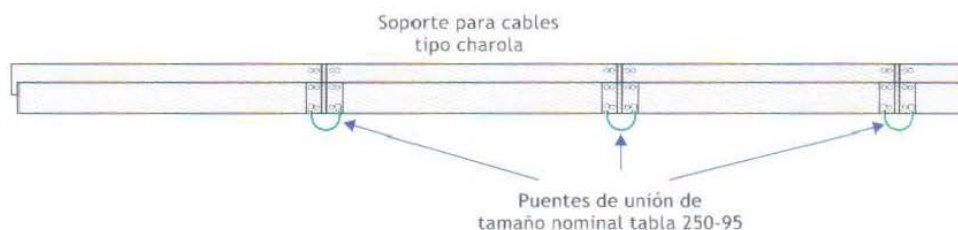


Fig. 9/5: Continuidad eléctrica con puentes de unión

Para efectuar la puesta a tierra del soporte para cables tipo charola se exige instalar un conductor de puesta a tierra en toda la extensión del sistema y debe ser compatible.

Este conductor de puesta a tierra se debe unir al soporte para cables tipo charola a intervalos no mayores a 15 m, esta unión se puede hacer con: conector metálico con tornillos o con puentes de unión.

El tamaño del conductor de puesta a tierra a instalarse, se debe seleccionar de acuerdo a la tabla 250-95 y al máximo dispositivo de protección de los circuitos instalados.

El conductor de puesta a tierra puede instalarse en forma interna o externa del soporte para cables tipo charola.

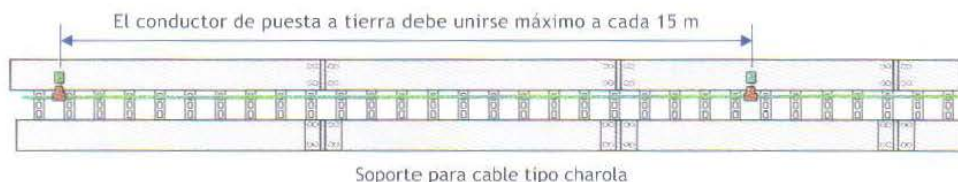


Fig. 10/5: Forma de instalar el conductor de puesta a tierra en el soporte para cables tipo charola

Hay que poner atención en la instalación de los conductores cuando se instalan en paralelo. La instalación correcta debe realizarse formando grupos consistentes en no más de un conductor de fase o neutro para prevenir desbalanceo de la corriente eléctrica, lo que se traduce en calentamiento de los conductores, sino se instalan correctamente.

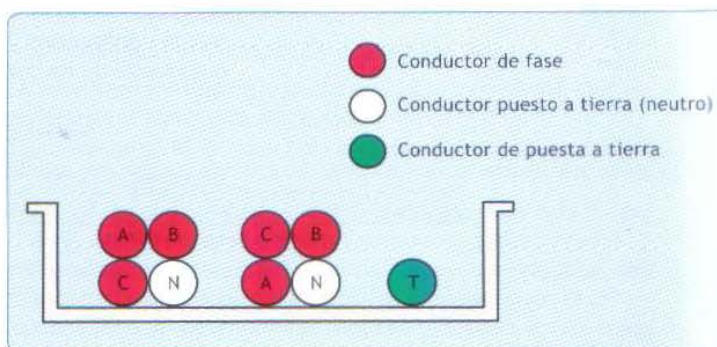


Fig. 11/5: Instalación correcta de los conductores en paralelo

Instalación de cables monoconductores.

Si se instalan cables monoconductores de tamaño $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) a 107 mm^2 (4/0 AWG), en soportes para cables tipo charola del tipo:

- Escalera.
- Fondo ventilado.
- Malla.

Se deben instalar en una sola capa y la suma de sus diámetros no debe exceder del ancho del soporte para cables tipo charola.

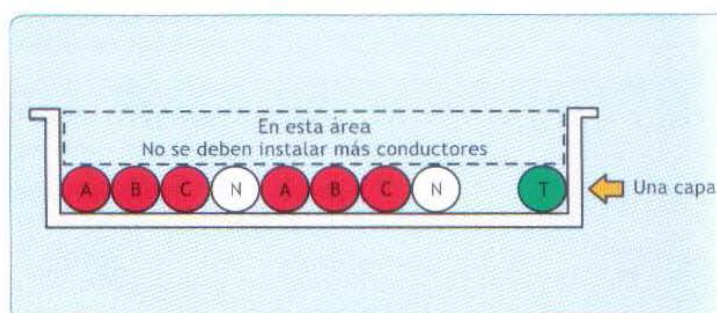


Fig. 12/5: Solamente se debe instalar una sola capa de conductores monoconductores

Ejemplo: se instalarán 12 conductores de tamaño 107 mm^2 (4/0 AWG) con aislamiento THW-LS y un conductor de puesta a tierra de $53,5 \text{ mm}^2$ (1/0 AWG) sin aislamiento, calcule el ancho del soporte para cables a utilizar.

Paso 1

Se consulta la tabla 10-5 y se busca el diámetro de los conductores

Tabla 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos.

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²
TW THW THW-LS THHW THHW-LS THW-2 RHH* RHW* RHW-2*	13,3	6	7,72	46,8
	21,2	4	8,94	62,8
	26,7	3	9,65	73,2
	33,6	2	10,5	86,0
	42,4	1	12,5	123
	53,5	1/0	13,5	143
	67,4	2/0	14,7	169
	85,0	3/0	16,0	201
	107	4/0	17,5	240
	127	250	19,4	297
RHW-2*	152	300	20,8	341
	177	350	22,1	384
	203	400	23,3	427
	253	500	25,5	510

De la tabla 10-5, se observa que el diámetro del conductor de tamaño 107 mm² (4/0 AWG) es de 17,5 mm y del 53,5 mm² (1/0 AWG) es de 13,5 mm.

Paso 2

Se procede a realizar las siguientes operaciones:

Número de conductores	Tamaño AWG	Diámetro mm	Total mm
12	4/0	17,5	210
1	1/0	13,5	13,5
Total			223,5

Con la suma de los diámetros de los conductores de 223,5 mm el ancho requerido del soporte para cables tipo charola será mínimo de 250 mm.

Si se requiere dejar un espacio mínimo del diámetro del conductor de diámetro mayor, es decir de 210 mm, entre los 13 conductores, es necesario tomar en cuenta este espacio, por lo que resulta:

Número de conductores	Tamaño AWG	Diámetro mm	Total mm
12	4/0	17,5	210
1	1/0	13,5	13,5
13 espacios	4/0	17,5	227,5
Total			451

Con la suma de los diámetros de los conductores de 223,5 mm y tomando el espacio entre conductores de 227,5 da un total de 451 mm, por lo que el ancho requerido del soporte para cables tipo charola será de 500 mm.

Instalación de cables multiconductores de 600 V o menos**En soporte para cables tipo:** fondo ventilado o de malla

- Cualquier combinación de cables multiconductores de energía o de iluminación o una combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, control y señales el número máximo de conductores debe ser el siguiente:
 - Todos los cables son de 107 mm^2 (4/0 AWG) o mayores y se deben instalar en una sola capa.

La suma de los diámetros no debe exceder el ancho del soporte para cables tipo charola.

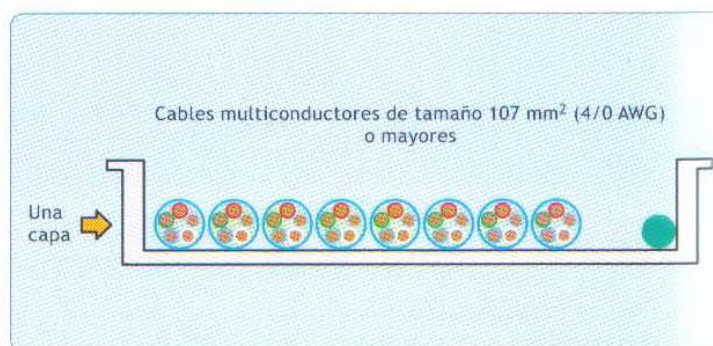


Fig. 13/5: Instalación de cables multiconductores de 107 mm^2 (4/0 AWG) y mayores.

- Si todos los cables son menores de 107 mm^2 (4/0 AWG), se debe consultar la columna 1 de la tabla 318-9 para determinar el área máxima disponible de ocupación de acuerdo al ancho del soporte para cables tipo charola.

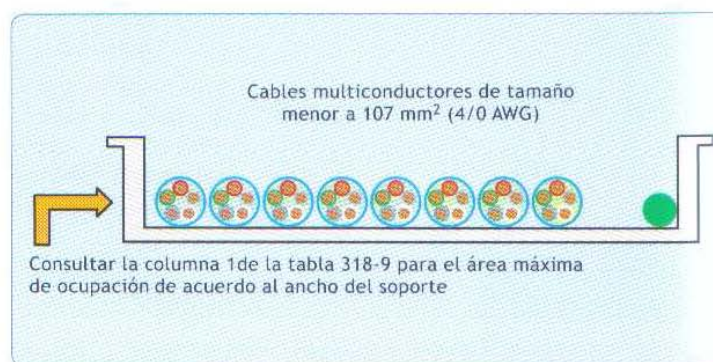


Fig. 14/5: Instalación de cables multiconductores menores a 107 mm^2 (4/0 AWG)

Tabla 318-9.- Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en soportes tipo escalera, tipo malla, de fondo ventilado o sólido para cables de 2 000 V o menos.

Ancho interior de la charola en cm	Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en cm ²			
	Soportes tipo escalera, malla o fondo ventilado, Sección 318-9(a)		Soportes para cables de fondo sólido, Sección 318-9(c)	
	Columna 1 Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(2) cm ²	Columna 2* Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(3) cm ²	Columna 3 Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(2) cm ²	Columna 4* Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(3) cm ²
15	45	45 - (3 Sd)**	35	35 - 2.5 Sd
21	68	68 - (3 Sd)	52	52 - 2.5 Sd
30	90	90 - (3 Sd)	70	70 - 2.5 Sd
45	135	135 - (3 Sd)	106	106 - 2.5 Sd
60	180	180 - (3 Sd)	142	142 - 2.5 Sd
75	225	225 - (3 Sd)	177	177 - 2.5 Sd
90	270	270 - (3 Sd)	213	213 - 2.5 Sd

*La superficie máxima admisible de las columnas 2 y 4 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en mm², de un soporte tipo charola para cables de 15 cm de ancho de la columna 2, debe ser 45 - (3 Sd).

**La expresión Sd de las columnas 2 y 4 es la suma de diámetros en cm de todos los cables multiconductores de 107 mm² (4/0 AWG) y mayores instalados en el mismo soporte tipo charola con cables más pequeños.

Nota: Para anchos de soportes no incluidos en la tabla, interpolar los valores.

- Si en el soporte para cables tipo charola se instalan:

Cables multiconductores de 107 mm² (4/0 AWG) o mayores con cables multiconductores menores a 107 mm² (4/0 AWG).

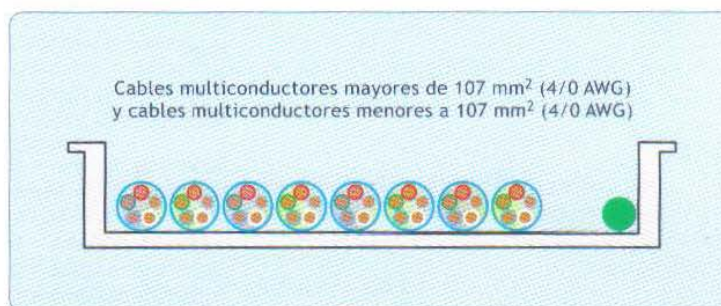


Fig. 15/5: Instalación de cables multiconductores de 107 mm² (4/0 AWG) o mayores con cables multiconductores menores a 107 mm² (4/0 AWG)

Ancho interior de la charola en cm	Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en cm ²			
	Soportes tipo escalera, malla o fondo ventilado, Sección 318-9(a)		Soportes para cables de fondo sólido, Sección 318-9(c)	
	Columna 1 Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(2) cm ²	Columna 2* Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(3) cm ²	Columna 3 Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(2) cm ²	Columna 4* Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(3) cm ²
15	45	45 - (3 Sd)**	35	35 - 2.5 Sd
21	68	68 - (3 Sd)	52	52 - 2.5 Sd
30	90	90 - (3 Sd)	70	70 - 2.5 Sd
45	135	135 - (3 Sd)	106	106 - 2.5 Sd
60	180	180 - (3 Sd)	142	142 - 2.5 Sd
75	225	225 - (3 Sd)	177	177 - 2.5 Sd
90	270	270 - (3 Sd)	213	213 - 2.5 Sd

*La superficie máxima admisible de las columnas 2 y 4 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en mm², de un soporte tipo charola para cables de 15 cm de ancho de la columna 2, debe ser 45 - (3 Sd).

**La expresión Sd de las columnas 2 y 4 es la suma de diámetros en cm de todos los cables multiconductores de 107 mm² (4/0 AWG) y mayores instalados en el mismo soporte tipo charola con cables más pequeños.

Nota: Para anchos de soportes no incluidos en la tabla, interpolar los valores.

Ejemplo: se tienen que instalar en un soporte para cables tipo charola los siguientes conductores:

4 cables multiconductores de tamaño de $53,5 \text{ mm}^2$ (1/0 AWG)

3 cables multiconductores de tamaño de 127 mm^2 (250 kcmil) conductor de puesta a tierra de tamaño 127 mm^2 (250 kcmil)

Determine el ancho del soporte a utilizar.

Paso 1

Se consultan las tablas de los fabricantes, de acuerdo a la marca comercial de su preferencia.

La sección transversal del cable multiconductor de $3 \times 53,5 \text{ mm}^2$ (1/0 AWG), con conductor de puesta a tierra es de 241 mm^2 .

El diámetro del cable multiconductor de $3 \times 127 \text{ mm}^2$ (250 kcmil) , con conductor de puesta a tierra es de 49 mm.

Paso 2

La suma de las secciones transversales de los cables multiconductores de $4 \times 53,5 \text{ mm}^2$ (1/0 AWG) es:

Sección transversal total = No. de conductores x sección transversal

Sección transversal total = 4×241

Sección transversal total = 964 mm^2

Sección transversal total = $9,64 \text{ cm}^2$

Paso 3

Aplicando la fórmula de la columna 2 de la tabla 318-9, para un soporte para cables tipo charola de un ancho de 60 cm.

Superficie máxima = $180 - (3 S_d)$

S_d - suma de los diámetros de los cables multiconductores de $3 \times 250 \text{ Kcm}$, en cm

Superficie máxima = $180 - (3 \times 3 \times 4,9)$

Superficie máxima = $180 - 44,1$

Superficie máxima = $135,9 \text{ cm}^2$

Paso 4

La suma de la secciones transversales de los cables multiconductores de $3 \times 53,5 \text{ mm}^2$ (1/0 AWG), debe ser menor a $135,9 \text{ cm}^2$

Se compara: $9,64 \text{ cm}^2 < 135,9 \text{ cm}^2$

El ancho de la charola de 60 cm, cumple para instalar estos cables multiconductores.

- Si se instalan cables multiconductores de control y/o señalización en soporte para cables tipo charola:
 - Tipo escalera.
 - Tipo fondo ventilado.
 - Tipo malla.

Y si la profundidad interior útil es de 15 cm o menos, la suma de la sección transversal de todos los cables incluyendo su aislamiento, en cualquier sección, no debe ser mayor al 50% de la sección interior del soporte para cables tipo charola.



Fig. 16/5: Instalación de cables multiconductores de control y/o señalización.

Ejemplo:

Se instalarán 20 cables multiconductores de $3 \times 5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG), en un soporte para cables de 30 cm y que tiene un ancho de 15 cm.

Paso 1

Se consulta la tabla de los fabricantes de cables multiconductores y se busca la sección transversal del tipo de cable deseado.

Diámetro total del cable 16,4 mm

Radio = 8,2 mm = 0,82 cm

Sección transversal

del cable multiconductor de $4 \times 5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) = $3,1416 \times (0,82)^2$

Sección transversal

del cable multiconductor de $4 \times 5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) = $2,11 \text{ cm}^2$

Con 20 cables = $20 \times 2,11 = 42,24 \text{ cm}^2$

Paso 2

La sección transversal disponible del soporte para cables tipo charola de 15 cm de profundidad y de ancho de 30 cm.

A charola = $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 450 \text{ cm}^2$

A charola disponible = $0,50 \times 450 \text{ cm}^2 = 225 \text{ cm}^2$

Paso 3

Los cables multiconductores que se instalarán tienen un total de área de ocupación de $42,24 \text{ cm}^2$ y el área disponible del soporte para cable tipo charola es de 225 cm^2 .

Por lo tanto el soporte para cables tipo charola de 30 cm de ancho, es aceptable.

• Soporte para cables tipo charola de fondo sólido

Cuando se instalen cualquier combinación de cables, como cables multiconductores de energía o iluminación o cualquier combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, señalización y control, en un soporte para cables tipo charola de fondo sólido, el número de conductores debe ser:

- Si todos los cables instalados son de 107 mm^2 (4/0 AWG) o mayores, la suma de los diámetros incluyendo el aislamiento de los cables no debe ser mayor al 90% del ancho del soporte para tipo charola y estos solamente se deben instalar en una sola capa.

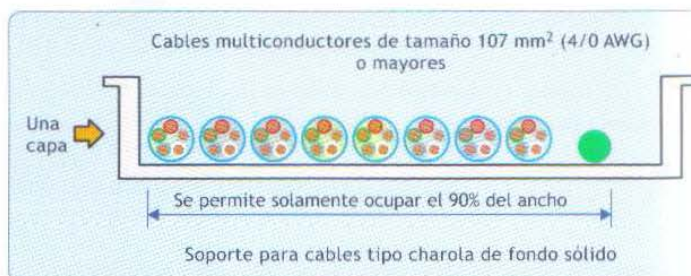


Fig. 17/5: Instalación de cables multiconductores del 107 mm² (4/0 AWG) o mayores en soporte para cables tipo charola de fondo sólido.

- Si todos los cables instalados son menores a 107 mm² (4/0 AWG), la suma de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de los cables no debe ser mayor a la superficie máxima permisible de la columna 3 de la tabla 318-9 para el ancho del soporte para cables tipo charola.



Fig. 18/5: Instalación de cables multiconductores menores al 107 mm² (4/0 AWG) en soporte para cables tipo charola de fondo sólido.

- Si los cables instalados son 107 mm² (4/0 AWG) o mayores con cables menores a 107 mm² (4/0 AWG) la suma de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de los cables menores a 107 mm² (4/0 AWG) no debe ser mayor a la superficie máxima permisible resultante de la columna 4 de la tabla 318-9 para el del ancho del soporte para cables tipo charola.

Es importante tomar en cuenta que solamente los cables mayores a 107 mm² (4/0 AWG) se deben instalar en una sola capa y no se permite instalar cables sobre ellos.

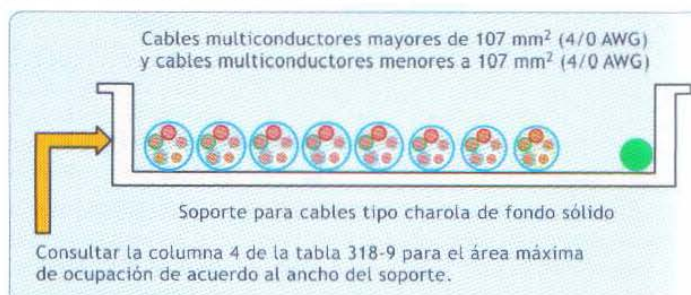


Fig. 19/5: Instalación de cables multiconductores del 107 mm² (4/0 AWG) o mayores con cables multiconductores menores al 107 mm² (4/0 AWG) en soporte para cables tipo charola de fondo sólido.

• Soporte para cables tipo charola de fondo sólido únicamente con cables multiconductores de control.

Cuando el soporte para cables tipo charola de fondo sólido, tenga una profundidad útil de 15 cm o menos y solamente se instalen cables de control o señalización, la suma de las secciones transversales de los cables incluyendo el aislamiento no debe superar el 40% de la sección transversal del soporte para cables tipo charola.

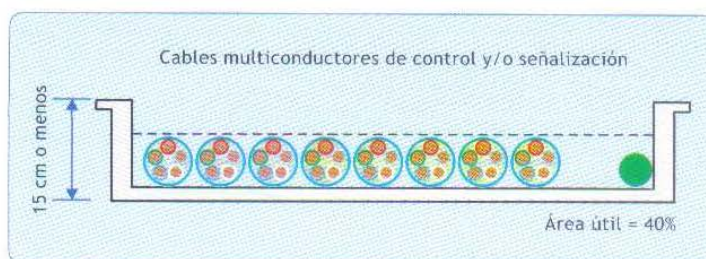


Fig. 20/5: Instalación de cables multiconductores de control y/o señalización en soportes para cables tipo charola de fondo sólido.

Si la profundidad del soporte para cables tipo charola es mayor a 15 cm, para calcular la sección transversal del soporte para cables tipo charola solamente se tomará en cuenta una profundidad de 15 cm.

• Soporte para cables tipo canal ventilado o malla para cables

Cuando se instalen cables multiconductores en soportes para cables tipo charola de canal ventilado y de malla, se debe aplicar lo siguiente:

- Cuando solamente se haya instalado un solo cable multiconductor, su sección transversal no debe ser mayor al valor especificado en la columna 1 de la tabla 318-9 (e).
- Si se instala más de un cable multiconductor, la suma de sus áreas de las secciones transversales no debe ser mayor al valor especificado en la columna 2 de la tabla 318-9 (e).

Tabla 318-9(e).- Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en soportes tipo charola de canal ventilado o malla para cables de 2000 V o menos.

Ancho interior del canal (cm)	Superficie máxima admisible de los cables multiconductores (cm ²)	
	Columna 1 Un solo cable	Columna 2 Más de un cable
5	8	5
7.5	15	8
10	30	16
15	45	25

Capacidad de conducción de los cables multiconductores instalados en soportes para cables tipo charola.

La capacidad de conducción de corriente de los cables multiconductores de 0 a 2000 V, se tomará de las tablas 310-16 y 310-18.

Si el cable multiconductor consta de más de 3 conductores que transporten corriente se deben aplicar a este cable los factores de ajuste correspondientes de acuerdo a la tabla 310-15(g).

Si el soporte para cables tipo charola tiene una tapa cerrada de más de 1,80 m la capacidad de conducción de los cables

multiconductores se reducirá a un 95% de la corriente indicada en las tablas 310-16 y 310-18.

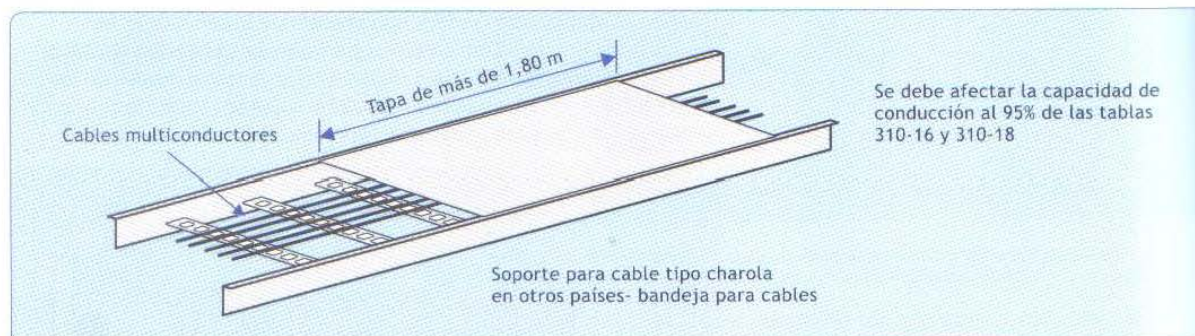


Fig. 21/5: Capacidad de conducción de los cables multiconductores con tapa de más de 1,80 m

Instalación de cables monoconductores de 0 a 2000 V, en soportes para cables tipo charola

Cuando se instalen los conductores o conjunto de conductores ya sea de cobre o de aluminio, se deben distribuir uniformemente a lo ancho del soporte para cables tipo charola.

A Utilización de soporte para cables tipo:

- Escalera.
- Fondo ventilado.
- Malla.
- Si todos los cables monoconductores son de 1000 kcmil o mayores, la suma de los diámetros de los cables con aislamiento no debe superar el ancho del soporte para cables tipo charola.

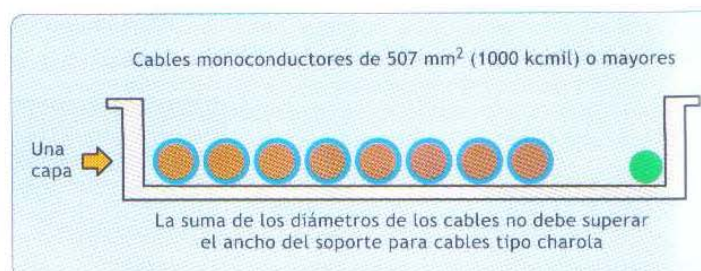


Fig. 22/5: Instalación de cables monoconductores de 507 mm² (1000 kcmil) o mayores

- Si todos los cables monoconductores son de 127 mm² (250 kcmil) a 507 mm² (100 kcmil), la suma de las áreas transversales de todos los cables con aislamiento no debe ser mayor a la superficie máxima permitida en la columna I de la tabla 318-10 para el ancho del soporte para cables tipo charola que se vaya a utilizar.

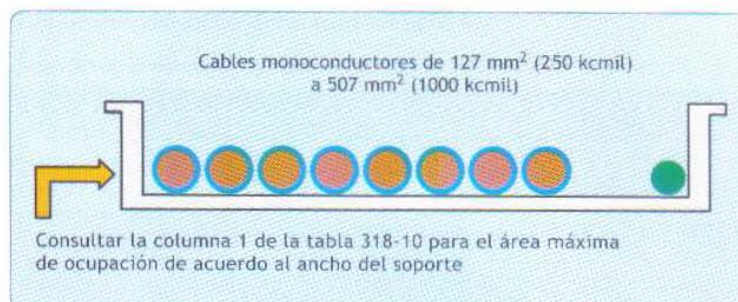


Fig. 23/5: Instalación de cables monoconductores de 125 mm² (250 kcmil) a 507 mm² (1000 kcmil).

Ejemplo: se desea instalar en un soporte para cables tipo charola los siguientes cables monoconductores, ¿Qué ancho de soporte se debe utilizar?

12 cables monoconductores de tamaño de 253 mm² (500 kcmil), THW

Paso 1

Se consulta la tabla No. 10-5 y se busca el tamaño de 253 mm² (500 kcmil) y se encuentra la sección transversal del cable que es de 510 mm².

Tabla 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm ²
TW	2,08	14	3,38	8,97
THHW, THHW-LS	3,31	12	3,86	11,7
THW, THW-LS	5,6	10	4,47	15,7
THW-2	8,37	8	5,99	28,2
	13,3	6	7,72	46,8
	21,2	4	8,94	62,8
	26,7	3	9,65	73,2
	33,6	2	10,5	86,0
TW	42,4	1	12,5	123
THW	53,5	1/0	13,5	143
THW-LS	67,4	2/0	14,7	169
THHW	85,0	3/0	16,0	201
THHW-LS	107	4/0	17,5	240
RHH*	127	250	19,4	297
RHW*	152	300	20,8	341
RHW-2*	177	350	22,1	384
	203	400	23,3	427
	253	500	25,5	510
	304	600	28,3	628

Paso 2

Se procede a realizar la suma de las secciones transversales de los cables monoconductores de 253 mm² (500 kcmil).

Sección transversal total = No. de conductores x sección transversal

Sección transversal total = 12 x 510

Sección transversal total = 6120 mm²

Sección transversal total = 61,2 cm²

Paso 3

Con el valor de $61,2 \text{ cm}^2$ se busca en la tabla 318-10 la superficie máxima permitida y es de 84 cm^2 , para un ancho del soporte para cables tipo charola de 30 cm.

Tabla 318-10.- Superficie máxima admisible de los cables monoconductores en soportes tipo escalera, malla, de canal ventilado para cables de 2000 V o menos.

Ancho interior de la charola (cm)	Superficie máxima admisible de los cables monoconductores (cm^2)	
	Columna 1 Aplicable sólo a la Sección 318-10(a)(2)	Columna 2 Aplicable sólo a la Sección 318-10(a)(3)
15	42	42 - (2,8 Sd) **
23	61	61 - (2,8 Sd)
30	84	84 - (2,8 Sd)
45	125	125 - (2,8 Sd)
60	168	168 - (2,8 Sd)
75	210	210 - (2,8 Sd)
90	252	252 - (2,8 Sd)

*La superficie máxima admisible de la Columna 2 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en cm^2 , de una charola de 15 cm de ancho de la Columna 2 debe ser $42 - (2,8 \text{ Sd})$

**La expresión Sd de la columna 2 es la suma de diámetros en cm de todos los cables monoconductores de 507 mm^2 (1000 kcmil) y mayores instalados en la misma charola con cables más pequeños.

- Cuando se instalen en el mismo soporte para cables tipo charola cables monoconductores de 507 mm^2 (1000 kcmil) o mayores con cables monoconductores menores a 507 mm^2 (1000 kcmil), la suma de las secciones transversales de todos los cables con aislamiento mayores a 507 mm^2 (1000 kcmil), no debe ser mayor a la superficie máxima admisible que resulte del cálculo de la columna 2 de la tabla 318-10, para el ancho del soporte para cables tipo charola correspondiente.



Fig. 24/5: Instalación de cables monoconductores de 507 mm^2 (1000 kcmil) o mayores con cables monoconductores menores a 507 mm^2 (1000 kcmil).

Ejemplo: se tienen que instalar en un soporte para cables tipo charola los siguientes conductores:

4 cables monoconductores de tamaño de 507 mm^2 (1000 kcmil), THWN

16 cables monoconductores de tamaño de 127 mm^2 (250 kcmil), THWN

Determine el ancho del soporte a utilizar.

Tabla 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm ²
THHN THWN THWN-2	2,08	14	2,82	6,26
	3,31	12	3,30	8,58
	5,26	10	4,17	13,6
	8,37	8	5,49	23,6
	13,3	6	6,45	32,7
	21,2	4	8,23	53,2
	26,7	3	8,94	62,8
	33,6	2	9,75	74,7
	42,4	1	11,3	100
	53,5	1/0	12,3	120
	67,4	2/0	13,5	143
	85,0	3/0	14,8	173
	107	4/0	16,3	209
THHN THWN THWN-2	127	250	18	256
	152	300	19,5	297
Tipos: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFF, PGE, PGFF, PTF, PTFE, TFE, THHN, THWN, THWN-2, ZE, ZFF				
THHN THWN THWN-2	177	350	20,8	338
	203	400	21,9	378
	253	500	24,1	456
	304	600	26,7	560
	355	700	28,	638
	380	750	29,4	677
	405	800	30,2	715
	456	900	31,8	794
THHN THWN THWN-2	507	1000	33,3	870

Paso 1

Se consulta la tabla 10-5, de acuerdo al tipo de aislamiento, en este caso se utilizarán con aislamiento THWN

La sección transversal del cable monoconductor de 127 mm² (250 kcmil), es de 256 mm²

El diámetro del cable monoconductor de 507 mm² (1000 kcmil), es de 33,3 mm = 3,33 cm.

Paso 2

La suma de las secciones transversales de los cables monoconductores de 127 mm² (250 kcmil) es:

Sección transversal total = No. de conductores x sección transversal

Sección transversal total = 16 x 256

Sección transversal total = 4 096 mm²

Sección transversal total = 40,96 cm²

Paso 3

Aplicando la fórmula de la columna 2 de la tabla 318-10, para un soporte para cables tipo charola de un ancho de 60 cm.

$$\text{Superficie máxima} = 168 - (2,8 \text{ Sd})$$

Sd- suma de los diámetros de los cables monoconductores de 1000 Kcm o mayores, en cm

$$\text{Superficie máxima} = 168 - (2,8 \times 4 \times 3,33)$$

$$\text{Superficie máxima} = 180 - 37,296$$

$$\text{Superficie máxima} = 142,704 \text{ cm}^2$$

Paso 4

La suma de la secciones transversales de los cables monoconductores de 250 kcm, debe ser menor a 142.704 cm²

$$\text{Se compara: } 40,96 \text{ cm}^2 < 142,704 \text{ cm}^2$$

El ancho de la charola de 60 cm, cumple para instalar estos cables monoconductores.

- Cuando se instalen cables monoconductores de tamaño del 21.2 mm² (4 AWG) al 107 mm² (4/0 AWG), la suma de los diámetros de todos los cables monoconductores no debe ser mayor al ancho del soporte para cables tipo charola.

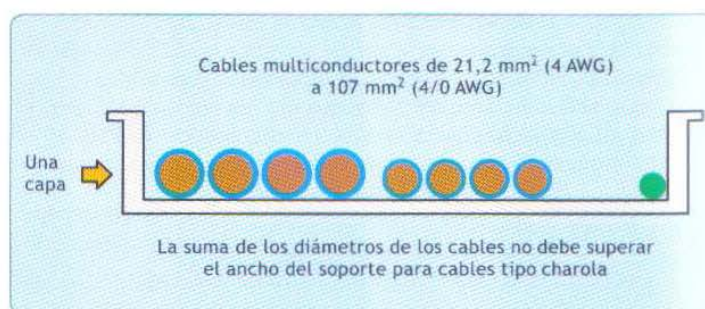


Fig. 25/5: Instalación de cables monoconductores de 21,2 mm² (4 AWG) a 107 mm² (4/0 AWG)

B Cuando se instalen cables monoconductores en soportes para cables tipo charola de:

- Canal ventilado.
- Malla.

Con anchos de 5 cm, 7,5 cm, 10 cm y de 15 cm, la suma de los diámetros de todos los cables monoconductores con aislamiento no debe ser mayor al ancho interior del soporte para cables tipo charola.

Capacidad de conducción de los cables monoconductores instalados en soportes para cables tipo charola

Los factores de ajuste indicados en la tabla 310-15 (g) no se deben de aplicar, cuando se instalen cables monoconductores en soportes para cables tipo charola.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores cuando se instalen juntos en soportes para cable tipo charola debe ser de:

- Si se instalan cables monoconductores de tamaño de 304 mm^2 (600 kcmil) y mayores.

Condición: el soporte para cables tipo charola no tiene tapa o cubierta

La capacidad de conducción de los cables monoconductores debe ser el 75% de la capacidad de corriente indicada en las tablas 310-17 y 310-19

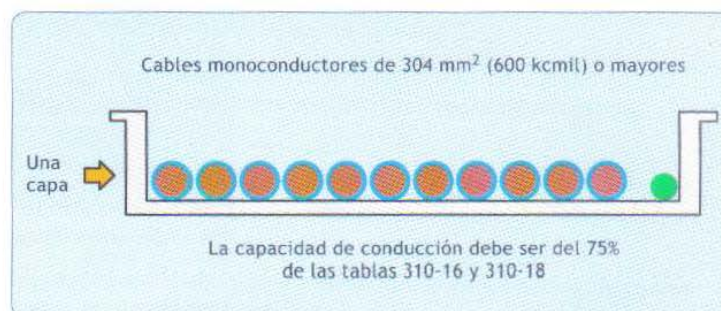


Fig. 26/5: Capacidad de conducción de cables monoconductores de 304 mm^2 (600 kcmil) o mayores.

Condición: el soporte para cables tipo charola tiene tapa o cubierta de más de 1,80 m

La capacidad de conducción de los cables monoconductores debe ser el 70% de la capacidad de corriente indicada en las tablas 310-17 y 310-19.

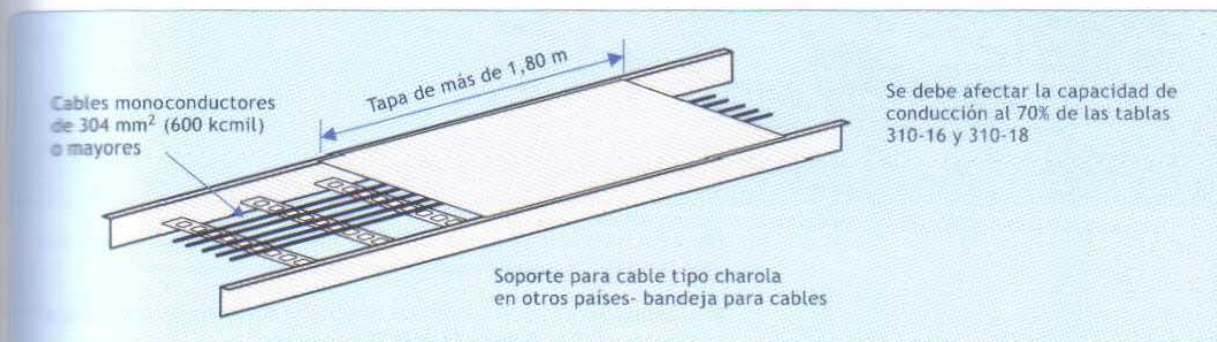


Fig. 27/5: Soporte para cables tipo charola con tapa.

- Si se instalan cables monoconductores de tamaño de $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) a 253 mm^2 (500 kcmil).

Condición: el soporte para cables tipo charola no tiene tapa o cubierta.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores debe ser el 65% de la capacidad de corriente indicada en las tablas 310-17 y 310-19.

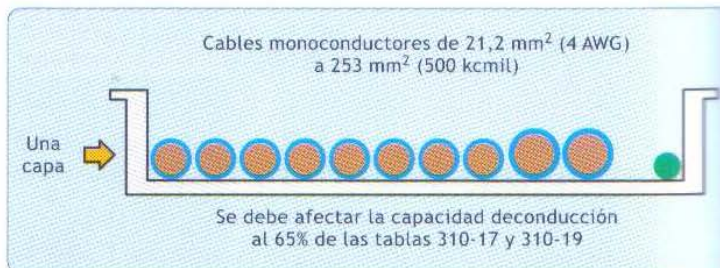


Fig. 28/5: Instalación de cables monoconductores Del $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) al 253 mm^2 (500 kcmil).

Condición: el soporte para cables tipo charola tiene tapa o cubierta de más de 1,80 m.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores debe ser el 60% de la capacidad de corriente indicada en las tablas 310-17 y 310-19.

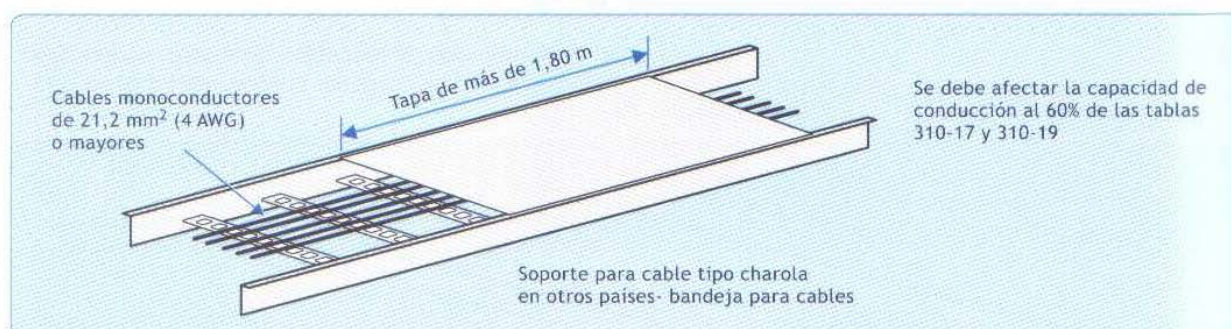


Fig. 29/5: Capacidad de conducción de los cables monoconductores del $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o mayores en soporte para cables tipo charola con tapa.

- Cuando se instalen cables monoconductores en una sola capa de tamaño del $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o mayores

Primera condición: El soporte para cables tipo charola no tiene tapa o cubierta:

Segunda condición: Existe separación entre los cables de cuando menos el diámetro de cada conductor.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores debe ser el 100% de la capacidad de corriente indicada en las tablas 310-17 y 310-19.

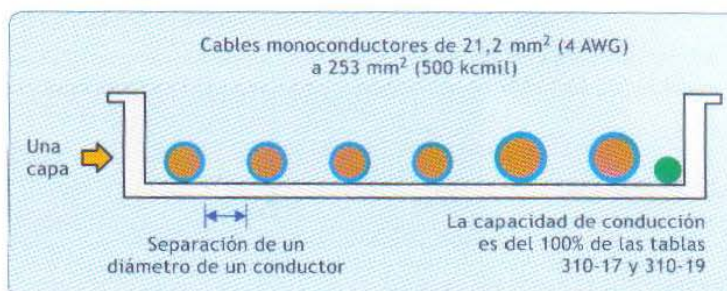


Fig. 30/5: Capacidad de los conductores al 100%

- Cuando se instalen cables monoconductores de tamaño de 21,2 mm² (4 AWG) y mayores con las siguientes configuraciones:
 - Tríplex.
 - Cuádruplex.

Primera condición: El soporte para cables tipo charola no tiene tapa o cubierta.

Segunda condición: Existe separación entre los cables de cuando menos 2,15 diámetro exterior (2,15 DE) de cada conductor de tamaño 21,2 mm² (4 AWG) y mayores.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores de dos o tres conductores aislados de 0 a 2000 V, debe ser la indicada en la tabla A-310-2.

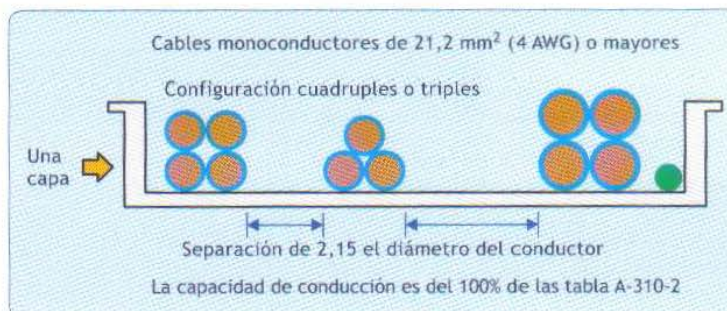


Fig. 31/5: Instalación de conductores en configuración triples o cuádruples.

Tabla A-310-2.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible en dos o tres conductores sencillos aislados de 0 a 2000 V en un cable soportado por un mensajero para una temperatura ambiente de 40 °C.

Tamaño o Designación		Temperatura del conductor (véase la Tabla 310-13)			
		75 °C	90 °C	75 °C	90 °C
		Tipos RH, RHW, THHW, THW, THW-LS, THW-LS, THWN, XHHW	Tipos THHN, THHW, THHW-LS THW-2, THWN-2, RHH, RWH-2, USE-2, XHHW, XHHW-2	Tipos RH, RHW, XHHW, BM-AL	Tipos RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2
mm ²	AWG o kcmils	Cobre		Aluminio	
8.37	8	57	66	--	--
13.3	6	76	89	59	69
21.2	4	101	117	78	91
26.7	3	118	138	92	107
33.6	2	135	158	106	123
42.4	1	158	185	123	144
53.5	1/0	183	214	143	167
67.4	2/0	212	247	165	193
85.0	3/0	245	287	192	224
107	4/0	287	335	224	262
127	250	320	374	251	292
152	300	359	419	282	328
177	350	397	464	312	364
203	400	430	503	339	395
253	500	496	580	392	458
304	600	553	647	440	514
355	700	610	714	488	570
380	750	638	747	512	598
405	800	660	773	532	622
456	900	704	826	572	669
507	1,000	748	879	612	716

Factores de corrección				
Temperatura ambiente en °C	Para temperatura ambiente distinta de 40 °C, multiplicar los valores anteriores por el factor correspondiente de los siguientes:			
21-25	1.20	1.14	1.20	1.14
26-30	1.13	1.10	1.13	1.10
31-35	1.07	1.05	1.07	1.05
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.93	0.95	0.93	0.95
46-50	0.85	0.89	0.85	0.89
51-55	0.76	0.84	0.76	0.84
56-60	0.65	0.77	0.65	0.77
61-70	0.38	0.63	0.38	0.63
71-80	--	0.45	--	0.45

Instalación de cables de media tensión MV (MT) de 2001 V o mayores en soportes para cables tipo charola

- Número de cables en un soporte para cables tipo charola.

La suma de los diámetros de los cables monoconductores o multiconductores no debe exceder el ancho del soporte para cables tipo charola.

Se deben instalar en una sola capa.

Cuando los cables se instalen en grupos por circuito de tres o cuatro, la suma de los diámetros de todos los conductores no debe superar el ancho del soporte para cables tipo charola.

Estos grupos se deben instalar en una sola capa.

- Capacidad de conducción de corriente de los cables de media tensión MV (MT) de 2001 V o mayores en soportes para cables tipo charola.
- Cables multiconductores de 2001V o mayores.

La capacidad de conducción de corriente permitida es la indicada en las tablas 310-75 y 310-76.

Tabla 310-75.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de cobre aislados, dentro de un tubo (conduit) al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2001 V - 5000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5001 V - 35 000 V	
mm²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
8,37	8	52	58	---	---
13,3	6	69	77	83	92
21,2	4	91	100	105	120
33,6	2	125	135	145	165
42,4	1	140	155	165	185
53,5	1/0	165	185	195	215
67,4	2/0	190	210	220	245
85,0	3/0	220	245	250	280
107	4/0	255	285	290	320
127	250	280	315	315	350
177	350	350	390	385	430
253	500	425	475	470	525
380	750	525	585	570	635
507	1 000	590	660	650	725

Tabla 310-76.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de aluminio aislados, dentro de un tubo (conduit) al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2001 V - 5000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5001 V - 35 000 V	
mm²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
13,3	6	53	59	64	71
21,2	4	71	79	84	94
33,6	2	96	105	115	125
42,4	1	110	125	130	145
53,5	1/0	130	145	150	170
67,4	2/0	150	165	170	190
85,0	3/0	170	190	195	220
107	4/0	200	225	225	255
127	250	220	245	250	280
177	350	275	305	305	340
253	500	340	380	380	425
380	750	430	480	470	520
507	1 000	505	560	550	615

Condición: Cuando se instalen en una sola capa y el soporte para cables tipo charola tiene tapa o cubierta de más de 1,80 m, la capacidad de conducción de corriente será del 95% de la capacidad indicada en las tablas 310-75 y 310-76.

Condición: Cuando se instalen en una sola capa y el soporte para cables tipo charola no tiene tapa, y teniendo una separación entre los cables no menor al diámetro del cable, la capacidad de corriente será la establecida en las tablas 310-71 y 310-72.

Tabla 310 – 71.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de cobre aislados, al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2001 V – 5000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
8,37	8	59	66	---	---
13,3	6	79	88	93	105
21,2	4	105	115	120	135
33,6	2	140	154	165	185
42,4	1	160	180	185	210
53,5	1/0	185	205	215	240
67,4	2/0	215	240	245	275
85,0	3/0	250	280	285	315
107	4/0	285	320	325	360
127	250	320	355	360	400
177	350	395	440	435	490
253	500	485	545	535	600
380	750	615	685	670	745
507	1 000	705	790	770	860

Tabla 310-72.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de aluminio aislados, al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2001 V – 5000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
13,3	6	61	68	72	80
21,2	4	81	90	95	105
33,6	2	110	120	125	145
42,4	1	125	140	145	165
53,5	1/0	145	160	170	185
67,4	2/0	170	185	190	215
85,0	3/0	195	215	220	245
107	4/0	225	250	255	285
127	250	250	280	280	315
177	350	310	345	345	385
253	500	385	430	425	475
380	750	495	550	540	600
507	1 000	585	650	635	705

La capacidad de conducción permitida de los cables monoconductores o cables en grupos de tres, cuatro, etc, debe cumplir lo siguiente:

- Cuando se instalan conductores de tamaño 21,2 mm² (4 AWG) y mayores.

Condición: el soporte para cables tipo charola no tiene tapa o cubierta.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores debe ser el 75% de la capacidad de corriente indicada en las tablas 310-69 y 310-70.

Condición: el soporte para cables tipo charola tiene tapa o cubierta de más de 1,80 m.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores debe ser el 70% de la capacidad de corriente indicada en las tablas 310-69 y 310-70.

- Si se instalan cables monoconductores de tamaño $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o mayores.

Condición: el soporte para cables tipo charola no tiene tapa o cubierta.

Condición: se instalan en una sola capa.

Condición: existe una separación entre cables no menor al diámetro del cable.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores debe ser el 100% de la capacidad de corriente indicada en las tablas 310-69 y 310-70.

- Cuando se instalen cables monoconductores de tamaño de $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) y mayores con la siguiente configuración:
Triplex (triangular ó trébol)

Primera condición: el soporte para cables tipo charola no tiene tapa o cubierta.

Segunda condición: existe separación entre los cables de cuando menos $2,15$ diámetro exterior ($2,15 \text{ DE}$) del conductor de mayor diámetro instalado.

La capacidad de conducción de los cables monoconductores, debe ser la indicada en las tablas 310-67 y 310-68.

Cálculo de cajas de registro

A través de la norma vigente se establecen los requisitos para la instalación y uso de las cajas de registro y de paso, las cuales son utilizadas para empalmes, salidas, unión y jalado.

Las cajas denominadas FS y FD, de dimensiones mayores, de metal fundido, cajas de lámina metálica y no metálicas, la norma no las considera cajas de paso.

Las cajas y cajas de paso deben tener un tamaño suficiente para que quede espacio libre para todos los conductores instalados.

Cálculo del volumen de la caja

El volumen de una caja de alambrado debe ser: el volumen total de todas las secciones ensambladas, en la tabla 370-16(a) se indica las dimensiones de las cajas de tamaño comercial en cm, la capacidad mínima en cm^3 y el número máximo de conductores del mismo tamaño que se pueden alojar, desde el tamaño $0,824 \text{ mm}^2$ (18 AWG) al $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG).

Tabla 370-16(a).- Cajas metálicas

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm ³	Número máximo de conductores*						
		0,824 mm ² (18 AWG)	1,31 mm ² (16 AWG)	2,08 mm ² (14 AWG)	3,31 mm ² (12 AWG)	5,26 mm ² (10 AWG)	8,37 mm ² (8 AWG)	13,3 mm ² (6 AWG)
10,2 x 3,2 redonda u octagonal	205	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 3,8 redonda u octagonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10,2 x 5,4 redonda u octagonal	352	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 3,2 cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 3,8 cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 5,4 cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
11,9 x 3,2 cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5
11,9 x 3,8 cuadrada	484	19	16	14	13	11	9	5
11,9 x 5,4 cuadrada	688	28	24	21	18	16	14	8
7,6 x 5,1 x 3,8 dispositivo	123	5	4	3	3	3	2	1
7,6 x 5,1 x 5,1 dispositivo	164	6	5	5	4	4	3	2
7,6 x 5,1 x 5,7 dispositivo	172	7	6	5	4	4	3	2
7,6 x 5,1 x 6,4 dispositivo	205	8	7	6	5	5	4	2
7,6 x 5,1 x 7,0 dispositivo	230	9	8	7	6	5	4	2
7,6 x 5,1 x 8,9 dispositivo	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 5,4 x 3,8 dispositivo	170	6	5	5	4	4	3	2
10,2 x 5,4 x 4,8 dispositivo	213	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 5,4 x 5,4 dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 6,4 mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 8,9 mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
FS de Prof. mínima 4,5 c/tapa	221	9	7	6	6	5	4	2
FD de Prof. mínima 6,0 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FS de Prof. mínima 4,5 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FD de Prof. mínima 6,0 c/tapa	394	16	13	12	10	9	8	4

* Cuando en 370-16(b)(2) a 370-16(b)(5) no se exijan tolerancias de volumen.

Cálculo del volumen ocupado

A Volumen ocupado por los conductores

Cuando un conductor **entre** a una caja y **termine** o esté **empalmado** dentro de la caja, **se debe contar una sola vez**.

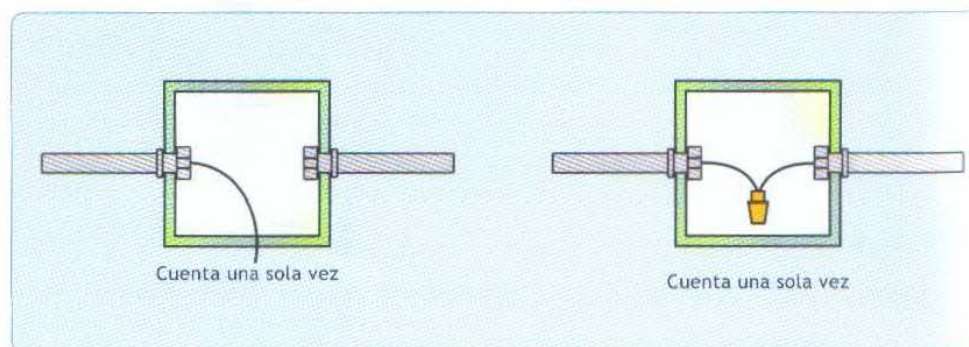


Fig. 32/5: Conductor que termina, entra o está empalmado en una caja.

Cuando un conductor **pase** a través de la caja sin empalmes y sin terminaciones, **solamente se debe contar una sola vez**.

Tabla 370-16(b).- Espacio libre en la caja para cada conductor

Tamaño o Designación mm ² (AWG)	Espacio libre en la caja para cada conductor cm ³
0.824 (18)	25
1.31 (16)	29
2.08 (14)	33
3.31 (12)	37
5.26 (10)	41
8.37 (8)	49
13.3 (6)	82

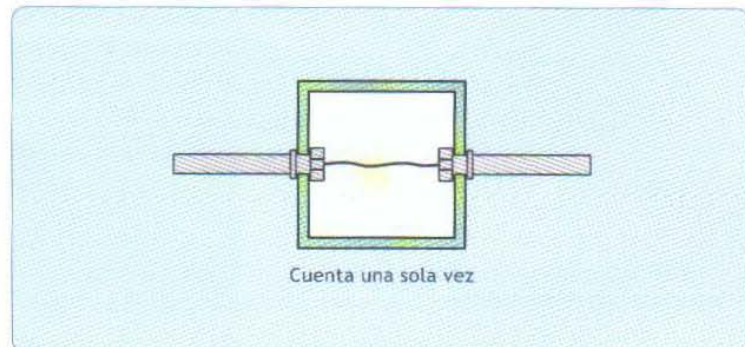


Fig. 33/5: Conductor que atraviesa.

El volumen que ocupan los conductores en cm³ se debe realizar de acuerdo a la tabla 370-16(b); si hay conductores que no salen de la caja, estos no se deben contar.

B Volumen ocupado por las abrazaderas

Cuando existan una o más abrazaderas internas para los cables, que son suministradas de fábrica o en obra, se debe considerar un volumen como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño.

C Volumen ocupado por los accesorios de soporte

Cuando se tenga uno o más accesorios o casquillos para aparatos, se debe considerar un volumen como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño.

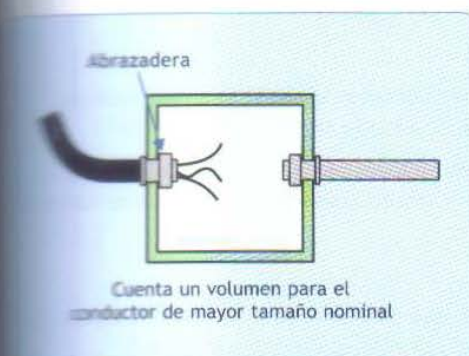


Fig. 34/5: Abrazadera para cable.

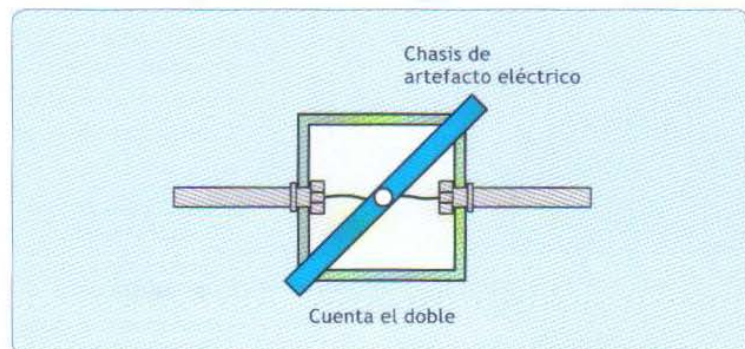


Fig. 35/5: Chasis de artefacto eléctrico.

D Volumen ocupado por equipo o dispositivos

Por cada chasis que contenga uno o más equipos o artefactos eléctricos, se debe considerar un **volumen doble** como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño.

E Volumen ocupado por los conductores de puesta a tierra de equipo

Cuando a una caja entran uno o más conductores de puesta a tierra de equipo, se debe dejar un volumen como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de puesta a tierra de mayor tamaño.

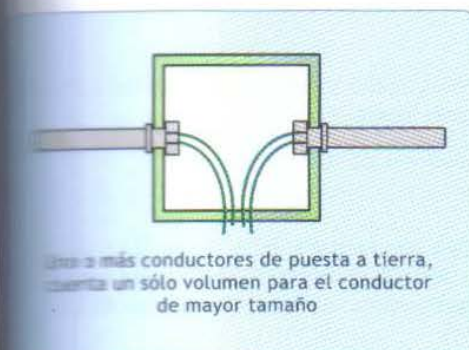


Fig. 36/5: Conductores de puesta a tierra.

Tabla 370-16(b).- Espacio libre en la caja para cada conductor.

Tamaño o Designación mm ² (AWG)	Espacio libre en la caja para cada conductor cm ³
0,824 (18)	25
1,31 (16)	29
2,08 (14)	33
3,31 (12)	37
5,26 (10)	41
8,37 (8)	49
13,3 (6)	82

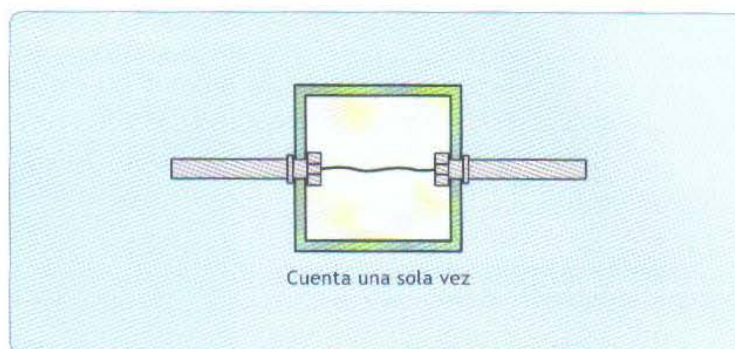


Fig. 33/5: Conductor que atraviesa.

El volumen que ocupan los conductores en cm³ se debe realizar de acuerdo a la tabla 370-16(b); si hay conductores que no salen de la caja, estos no se deben contar.

B Volumen ocupado por las abrazaderas

Cuando existan una o más abrazaderas internas para los cables, que son suministradas de fábrica o en obra, se debe considerar un volumen como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño.

C Volumen ocupado por los accesorios de soporte

Cuando se tenga uno o más accesorios o casquillos para aparatos, se debe considerar un volumen como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño.

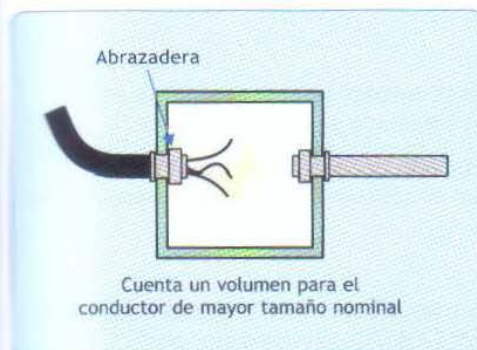


Fig. 34/5: Abrazadera para cable.

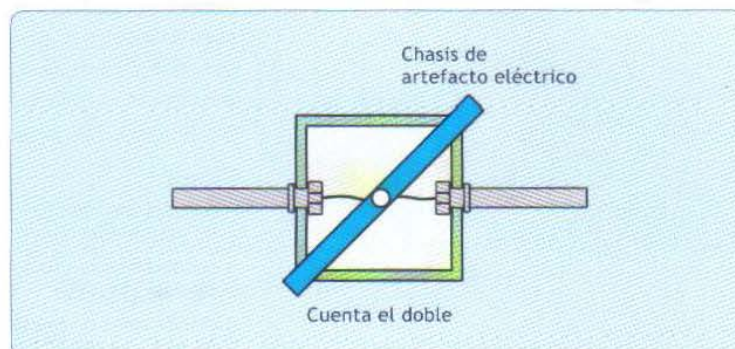


Fig. 35/5: Chasis de artefacto eléctrico.

D Volumen ocupado por equipo o dispositivos

Por cada chasis que contenga uno o más equipos o artefactos eléctricos, se debe considerar un **volumen doble** como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño.

E Volumen ocupado por los conductores de puesta a tierra de equipo

Cuando a una caja entran uno o más conductores de puesta a tierra de equipo, se debe dejar un volumen como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de puesta a tierra de mayor tamaño.

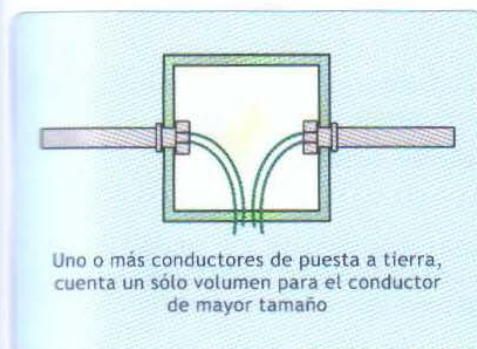


Fig. 36/5: Conductores de puesta a tierra.

Cuando en la caja se encuentren otros conductores de puesta a tierra aislados se debe calcular un volumen adicional como se indica en la tabla 370-16(b) para el conductor de puesta a tierra de mayor tamaño.

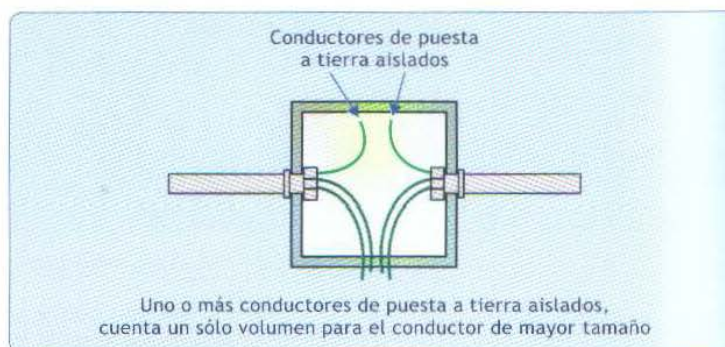


Fig. 37/5: Conductores de puesta a tierra aislados.

Cajas de paso

Las cajas de paso no deben contener empalmes, conexiones ni dispositivos, excepto si está marcada su capacidad en cm^3 .

El número máximo de conductores se debe calcular mediante el mismo procedimiento para conductores similares en cajas distintas a las normalizadas.

Ejemplo:

¿De qué tamaño debe ser una caja de registro, requeridas para 12 conductores del $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG), conformados por?:

- 4 conductores de fase
- 4 conductores neutros
- 4 conductores de puesta a tierra

Paso 1

4 conductores de fase	
$2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG)	se toman como 4 conductores = 4
4 conductores neutros	
$2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG)	se toman como 4 neutros = 4
4 conductores de puesta a tierra	
$2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG)	se toman como 1 conductor = 1
	Total = 9

Paso 2

Se consulta la tabla 370-16(a), como son 9 conductores del $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) del mismo tamaño, resulta

Una caja cuadrada con dimensiones de $10,2 \times 3,2 \text{ cm}$.

Ejemplo:

¿Qué caja se requiere para 2 conductores del $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG) y un conductor de puesta a tierra $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG), para alimentar un luminario que tiene dos conductores del $1,31 \text{ mm}^2$ (16 AWG)?

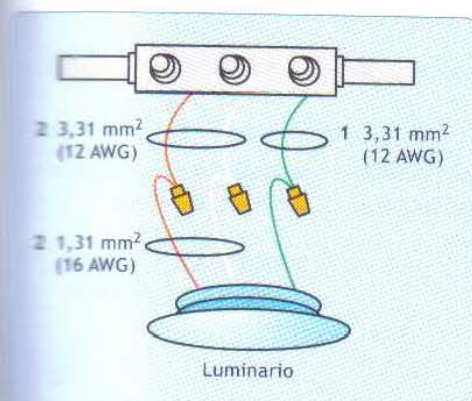


Fig. 38/5: Ejemplo de cálculo de caja de registro

Paso 1

Un conductor de fase No.12	= 37 cm ³
Un conductor neutro No.12	= 37 cm ³
Un conductor de puesta a tierra No.12	= 37 cm ³
2 Conductores del No.16 luminario 2 x 29	= 58 cm ³
Total	= 169 cm ³

Paso 2

Se consulta la tabla No. 370-16(a), y resulta una caja redonda u octagonal de 10,2 x 3,2 cm, con una capacidad mínima de 205 cm³.

Ejemplo

¿Qué caja se requiere para 7 conductores del 2,08 mm² (14 AWG)?

Un conductor 2,08 mm² (14 AWG) pasa a través de la caja sin conectarse, 2 conductores del 2,08 mm² (14 AWG) terminan en una terminal del receptáculo y dos conductores son empalmados por medio de un capuchón y terminan en una terminal del receptáculo.

- 2 conductores de fase
- 2 conductores neutros
- 2 conductores de puesta a tierra
- 1 conductor que atraviesa

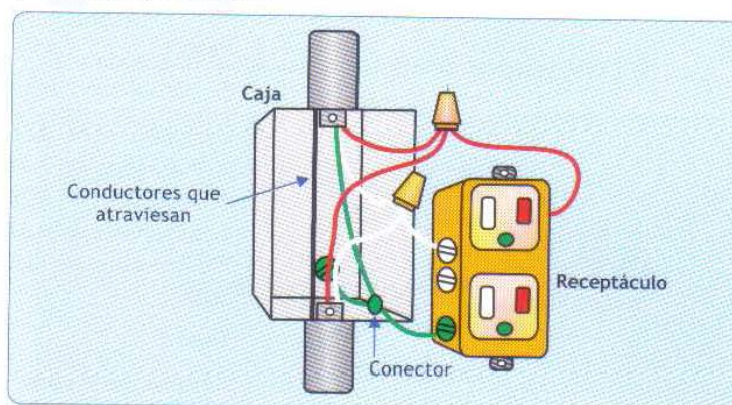


Fig. 39/5: Ejemplo de cálculo de caja para receptáculo

Paso 1

2 conductores de fase 2,08 mm ² (14 AWG)	se toman como 2 conductores = 2
2 conductores neutros 2,08 mm ² (14 AWG)	se toman como 2 neutros = 2
2 conductores de puesta a tierra 2,08 mm ² (14 AWG)	se toman como 1 conductor = 1
1 conductores que atraviesa 2,08 mm ² (14 AWG)	se toman como 1 conductor = 1
1 dispositivo (receptáculo)	se toma como 2 = 2
Total	= 8

Paso 2

Se consulta la tabla 370-16(a), como son 8 conductores del 2,08 mm² (14 AWG) del mismo tamaño, resulta

Una caja con dimensiones de 7,6 x 5,1 x 8,9 cm dispositivo

Ejemplo

¿Qué caja es requerida para 4 cables de $3 \times 2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG), con 4 conectores?

Paso 1

4 conductores de fase $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG)	se toman como 4 conductores = 4
4 conductores neutros $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG)	se toman como 4 neutros = 4
4 conductores de puesta a tierra $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG)	se toman como 1 conductor = 1
4 conectores	se toman como 1 conductor = 1
	Total = 10

Paso 2

Se consulta la tabla 370-16(a) y resulta: una caja redonda u octagonal de $10,2 \times 5,4 \text{ cm}$

Ejemplo

¿Qué caja se requiere para?:

- 2 conductores del $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG)
- 2 conductores del $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG)
- 2 conductores del $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG)
- 2 conductores del $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG)
- 2 conductores del $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG)

Paso 1

Se consulta la tabla 370-16 (b)

2 conductores del $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) 2×33	= 66 cm^3
2 conductores del $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG) 2×37	= 74 cm^3
2 conductores del $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) 2×41	= 82 cm^3
2 conductores del $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG) 2×49	= 98 cm^3
2 conductores del $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) 2×82	= 164 cm^3
Total	= 484 cm^3

Paso 2

Se consulta la tabla 370-16 (a) y resulta: una caja cuadrada de $11,9 \times 3,8 \text{ cm}$.

Cajas de empalme o tiro

Para las cajas de empalme o tiro con canalizaciones que contengan conductores y cables de $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o mayores, las dimensiones mínimas que deben cumplir son las siguientes:

A Cuando los conductores atraviesen en forma recta la caja.

La longitud de la caja no debe ser menor a 8 veces el diámetro de la canalización más grande:

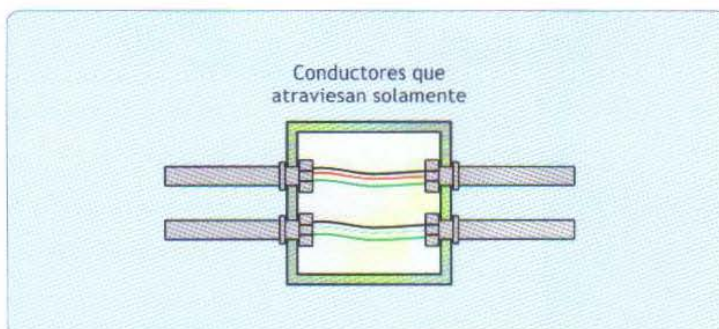


Fig. 40/5: Caja de paso

Ejemplo:

En ambos lados de la caja se tiene una designación 53 (2)

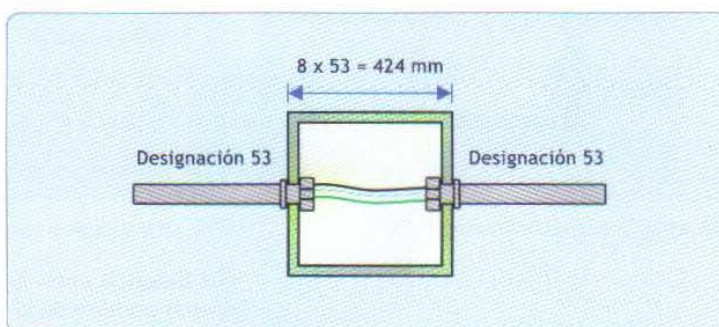


Fig. 41/5: Cálculo de caja de paso.

Paso 1

Mínima longitud de la caja = $8 \times 53 \text{ mm} = 424 \text{ mm}$

Ejemplo

Se tienen en ambos lados de la caja 3 tuberías designación 78 (3), 53 (2) y 41 ($1 \frac{1}{2}$).

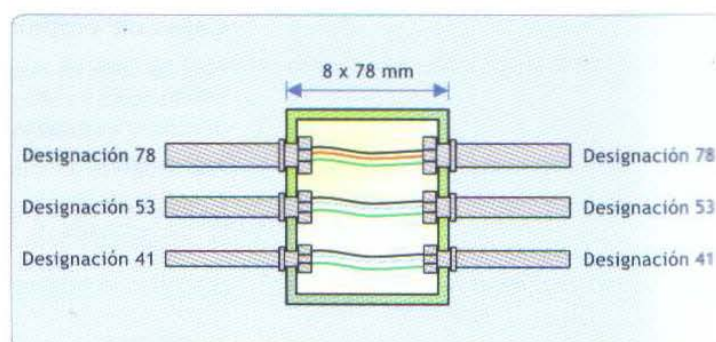


Fig. 42/5: Cálculo de caja de paso.

Paso 1

Se toma la tubería de mayor diámetro, que es la de 78 (3).

Mínima longitud de la caja = $8 \times 78 \text{ mm} = 624 \text{ mm}$

B Cuando en la caja se tengan empalmes o dobleces de los conductores en U o en ángulo:

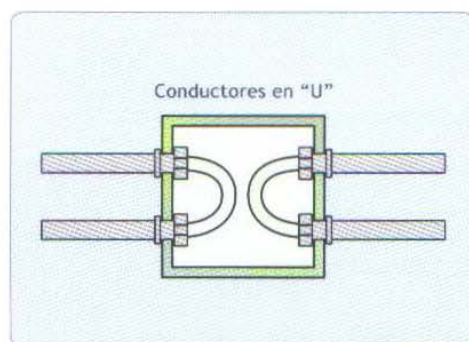


Fig. 43/5: Caja para conductores en "U".

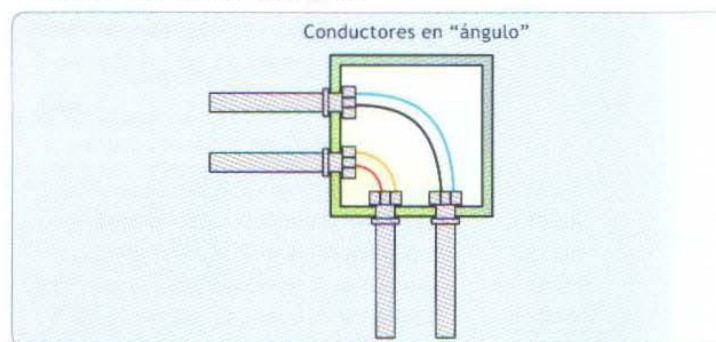


Fig. 44/5: Caja para conductores en ángulo.

La distancia entre la entrada de cada canalización a la caja y la pared opuesta de la misma, no debe ser menor que seis veces el mayor diámetro de la canalización más grande de una fila.

Si se adicionan nuevas entradas, esta distancia se debe aumentar en una cantidad que sea la suma de los diámetros de todas las demás canalizaciones que entran en la misma fila o por la misma pared de la caja. Cada fila debe calcularse por separado y tomar la máxima distancia.

Ejemplo

Cálculo de las dimensiones de la caja de registro de la figura 45/5

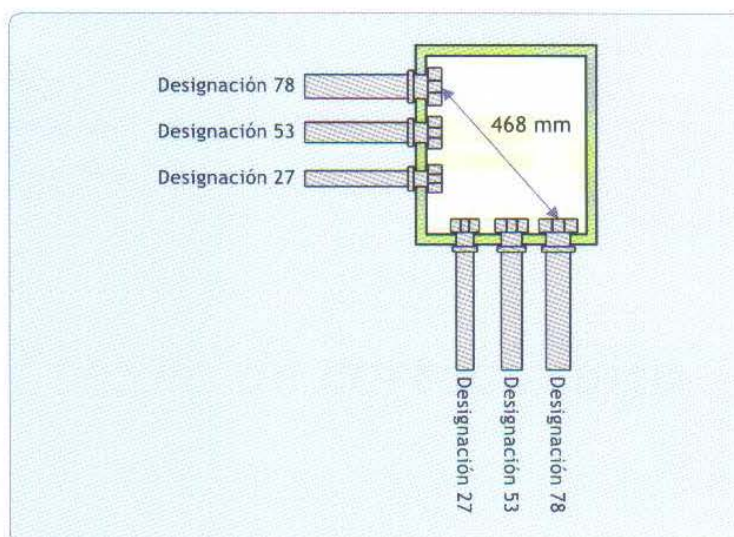


Fig. 45/5: Cálculo de caja de paso para conductores en ángulo.

Primer paso

Distancia entre las tuberías de 78 mm = $6 \times 78 = 468$ mm

Segundo paso

El tamaño mínimo debe ser:

$$6 \times 78 = 468 \text{ mm} + 53 \text{ mm} + 27 \text{ mm} = 548 \text{ mm}$$

Las dimensiones mínimas de la caja son: 55 cm x 55 cm

Ejemplo

Cálculo de las dimensiones de la caja de registro de la figura 46/5

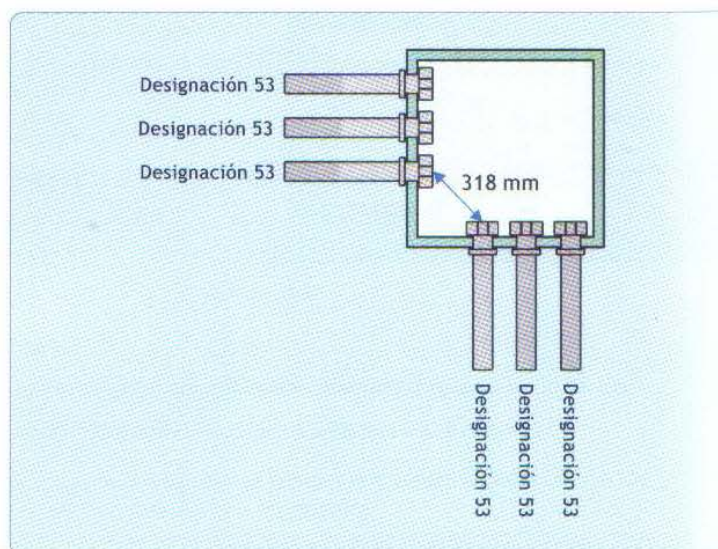


Fig. 46/5: Cálculo de caja para conductores en ángulo con tuberías del mismo diámetro.

Si se tiene una tubería designación 53 (2) en un lado y en el lado opuesto.

Primer paso

La distancia entre las primeras tuberías de 53 mm = $6 \times 53 = 318$ mm

Segundo paso

Se dimensiona la caja de la siguiente manera:

Tamaño mínimo = $318 \text{ mm} + 53 \text{ mm} + 53 \text{ mm} = 424 \text{ mm}$

Las dimensiones mínimas de la caja son: 43 cm x 43 cm

Nombre de archivo: CAPITULO 5 (PAG
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis
documentos\araliz_2008 2\INSTALACIONES ESPECIALES\Libro-
Instalaciones Electricas Comerciales e Industriales
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 15/09/2008 21:47:00
Cambio número: 3
Guardado el: 15/09/2008 22:33:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 44 minutos
Impreso el: 15/09/2008 22:35:00
Última impresión completa
Número de páginas: 40
Número de palabras: 6 (aprox.)
Número de caracteres: 35 (aprox.)



Interruptores Powerpact



- Protección confiable.
- Fácil de instalar.
- Capacidad interruptiva a elección.
- Contactos dobles rotoactivos.

Cálculo de cortocircuito

Contenido

Cálculo de cortocircuito	108
Fundamentos	109
Procedimiento	109
Componentes simétricos	110
Operador	111
Componentes simétricos de vectores asimétricos	112
Impedancias de secuencia y redes de secuencia	113
Cómo dibujar las redes de secuencia	114
Redes de secuencia cero	116
Fallas asimétricas	120
Ejemplo de cálculo de cortocircuito	124
Método por unidad (p.u.)	124
Método de los MVA'S	129

Cálculo de cortocircuito

Un cortocircuito ocurre cuando se presenta una falla de aislamiento entre conductores o entre un conductor y tierra.

El conocer las corrientes de cortocircuito en un sistema eléctrico es básico para la determinación de las corrientes de interrupción de los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

La corriente de interrupción (capacidad interruptiva) debe ser alta para que el dispositivo de protección abra con seguridad la máxima corriente de cortocircuito que se presente.

La magnitud de la corriente de cortocircuito se relaciona directamente con la capacidad de la fuente de energía.

Las tres fuentes básicas de la corriente de cortocircuito son:

- Generadores.
- Motores síncronos y condensadores síncronos.
- Motores de inducción.

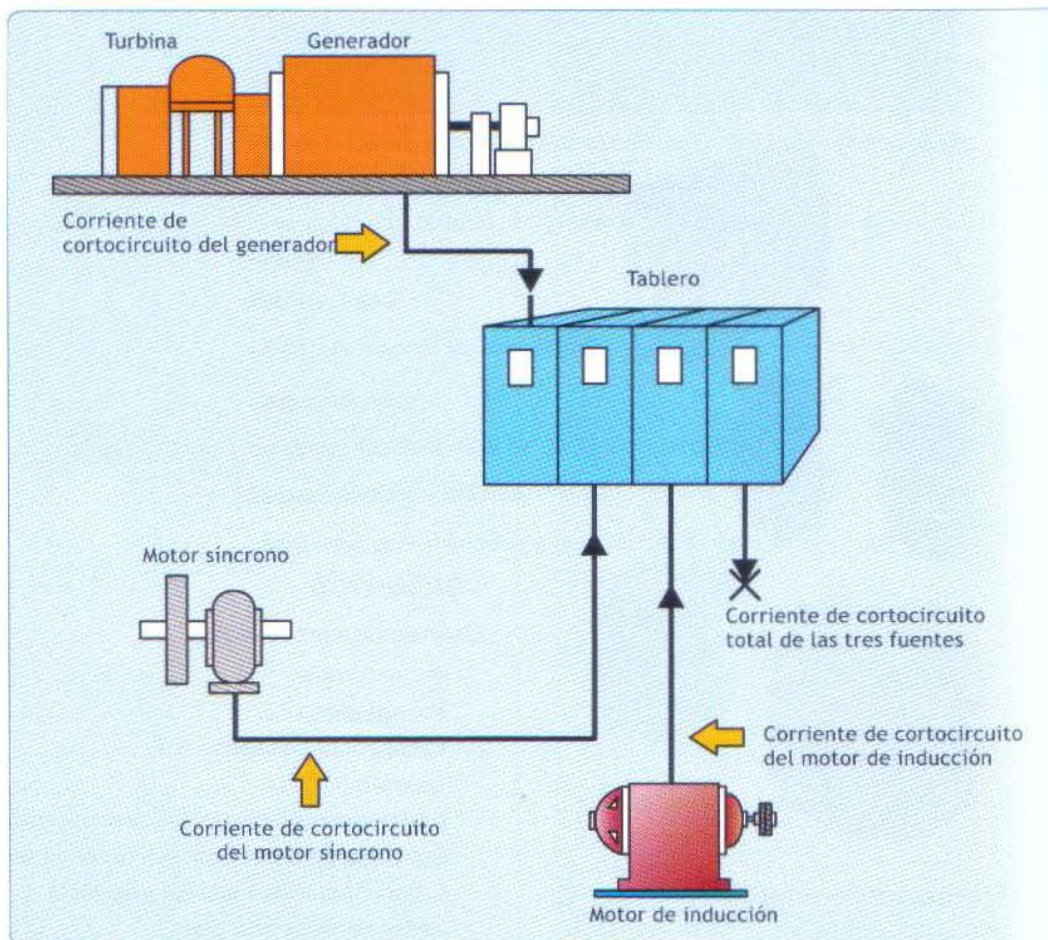


Fig. 1/6: El generador y los motores de inducción y el síncrono producen corriente de cortocircuito.

La corriente de falla de cada máquina rotativa es limitada por la impedancia de la máquina y de la impedancia entre la máquina y el cortocircuito.

Fundamentos

La Ley de Ohm $I = E/Z$, es la relación básica que se utiliza para determinar la corriente I de cortocircuito, donde E es la tensión que maneja la fuente y Z es la impedancia de la fuente al cortocircuito incluyendo la impedancia de la fuente.

En el estudio de cortocircuito se debe tomar en cuenta las impedancias de transformadores, electroductos. En conductores involucramos cables, barras y tubos de las máquinas rotativas.

En circuitos de corriente alterna, la impedancia Z es un vector de la suma de la resistencia R y de la reactancia X .

Procedimiento

Una parte significativa es la preparación de los datos para el cálculo de cortocircuito. Primero, se debe establecer las impedancias de cada elemento del circuito y después realizar la reducción de impedancias en serie y en paralelo.

Segundo, establecer la forma de expresar las impedancias:

- Ohms
- Por unidad

En el sistema por unidad hay 4 cantidades bases:

La potencia aparente en voltamperes.

La tensión base.

La corriente base.

La impedancia base.

La relación de la base, por unidad y la actual cantidad:

Cantidad en p.u. (tensión, corriente, etc) = cantidad actual / cantidad base

I_{base} (amperes) = $kVA_{base} \times 1000 / 1,73 \times V_{base}$

I_{base} (amperes) = $kVA_{base} / 1,73 \times kV_{base}$

I_{base} (amperes) = $MVA_{base} \times 106 / 1,73 \times V_{base}$

I_{base} (amperes) = $MVA_{base} \times 1000 / 1,73 \times kV_{base}$

Z_{base} (ohms) = $V_{base} / 1,73 \times I_{base}$

Z_{base} (ohms) = $(V_{base})^2 / kVA_{base} \times 1000$

Z_{base} (ohms) = $(kV_{base})^2 \times 1000 / kVA_{base}$

Z_{base} (ohms) = $(kV_{base})^2 / MVA_{base}$

La impedancia de los cables es generalmente expresada en ohms

Z_{pu} = Impedancia por unidad

$Z_{pu} = Z_{actual \text{ en ohms}} \times MVA_{base} / (kV_{base})^2$

$Z_{pu} = Z_{actual \text{ en ohms}} \times kVA_{base} / (kV_{base})^2 \times (100)$

La impedancia del transformador está dada en por ciento y se convierte por:

$Z_{pu} = \%Z \times kVA_{base} / kVA \text{ transformador} \times 100$

$Z_{pu} = \%Z \times 10 \times MVA_{base} / kVA \text{ transformador}$

La reactancia del motor puede ser obtenida de tablas y después convertirla a p.u.

$X_{pu} = X_{pu} \times kVA_{base} / kVA \text{ motor}$

La corriente de cortocircuito se determina por:

$$I_{cc} = kV_{base} / Z_{pu} \times 1,73 \times kV$$

El procedimiento para calcular las corrientes de cortocircuito en un sistema eléctrico industrial, se describe en los siguientes pasos:

Paso 1: preparar diagrama unifilar del sistema

Paso 2: datos de los equipos y convertirlos a impedancias

Paso 3: Reducción de impedancias

Paso 4: Calcular la corriente de cortocircuito en todas las barras.

Componentes simétricos

En el año 1918, C. L. Fortescue presentó en una reunión del "American Institute of Electrical Engineers", un trabajo sobre el estudio de los circuitos polifásicos desequilibrados que es una de las herramientas más poderosas.

En este trabajo se demuestra que en un sistema desequilibrado de n vectores relacionados entre sí, puede descomponerse en n sistemas de vectores equilibrados denominados componentes simétricos de los vectores originales.

Los n vectores de cada conjunto de componentes son de igual longitud, siendo también iguales los ángulos formados por vectores adyacentes.

Los tres vectores desequilibrados de un sistema trifásico se pueden descomponer en tres sistemas equilibrados de vectores. Los conjuntos equilibrados de componentes son:

A Componentes de secuencia positiva

Estos componentes están formados por tres vectores de igual módulo, con diferencias de fase de 120° y con la misma secuencia de fases que los vectores originales. Representa el modo de operación normal balanceado.

B Componentes de secuencia negativa

Estos componentes están formados por tres vectores de igual módulo, con diferencias de fase de 120° y con la secuencia de fases opuestas a la de los vectores originales. Una corriente de este modelo que fluya en el devanado del estator de un motor puede crear un campo rotatorio de velocidad normal, pero de rotación opuesta.

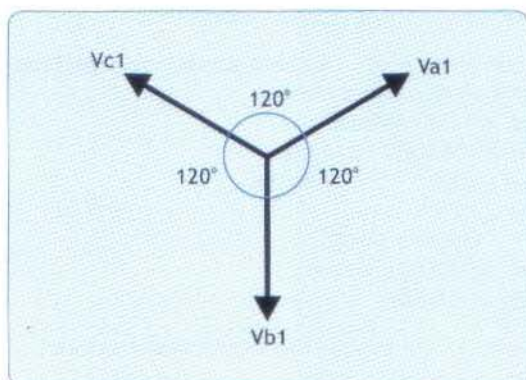


Fig. 2/6: Componentes de secuencia positiva.

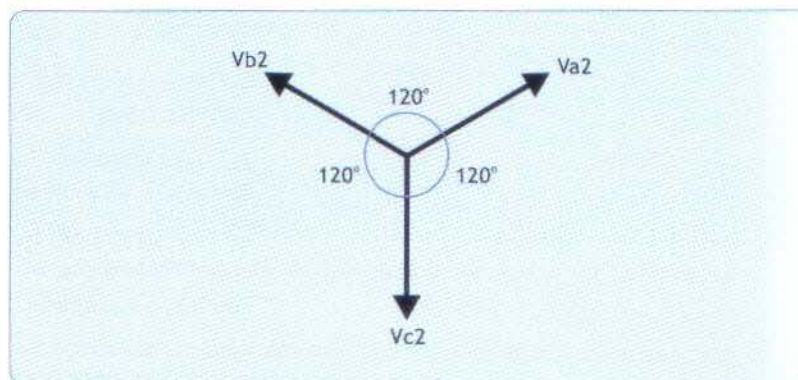


Fig. 3/6: Componentes de secuencia negativa.

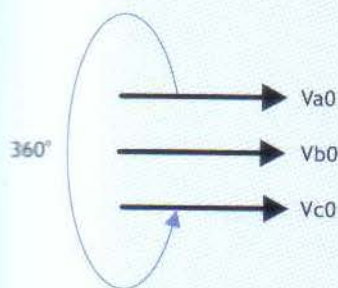


Fig. 4-4c Componentes de secuencia cero.

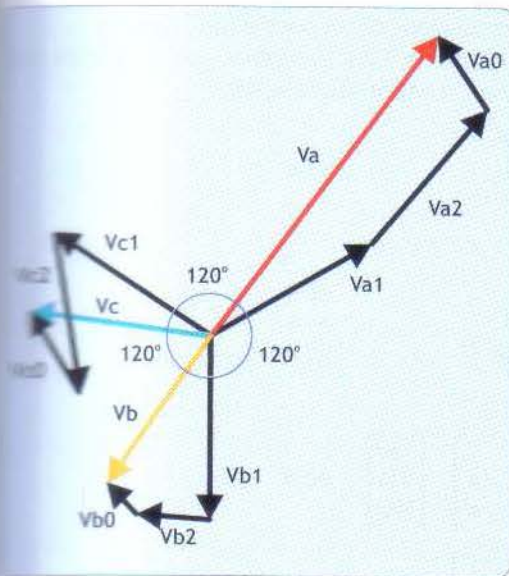


Fig. 5-4: Suma gráfica de los componentes para obtener tres vectores desequilibrados.

C Componentes de secuencia cero

Estos componentes están formados por tres vectores de igual módulo y con una diferencia nula. Representa el caso en el que las corrientes son iguales y que están en fase en cada fase.

Para resolver un problema por componentes simétricos las fases de un sistema se designan por las letras a, b y c, por lo tanto la secuencia de fases de las tensiones y corrientes es abc.

La secuencia de fases de los componentes de secuencia positiva de los vectores desequilibrados es abc y la de los componentes de secuencia negativa es acb.

Si los vectores originales son tensiones, se pueden designar por

V_a , V_b , V_c

Para componentes simétricos de secuencia positiva se designan con subíndice 1

V_{a1} , V_{b1} , V_{c1}

Para componentes simétricos de secuencia negativa se designan con subíndice 2

V_{a2} , V_{b2} , V_{c2}

Para componentes simétricos de secuencia cero se designan con subíndice 0

V_{a0} , V_{b0} , V_{c0}

Los vectores que representan corrientes, se representan por I con los mismos Subíndices que las tensiones.

Cada uno de los vectores desequilibrados originales son iguales a la suma de sus componentes,

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \quad \text{ec 1}$$

$$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0} \quad \text{ec 2}$$

$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0} \quad \text{ec 3}$$

Operador

El número complejo de módulo unidad y de argumento θ es un operador que gira, al vector a que se aplica un ángulo θ .

El operador j , origina un giro de 90° y el operador -1 , hace girar 180° .

Dos aplicaciones sucesivas del operador j es decir $j \times j$ ó j^2 , dan lugar a un giro de $90^\circ + 90^\circ$, lo que equivale a 180° y por lo tanto es igual a -1 .

El operador a es el que se designa para una rotación de 120° y se define por

$$a = 1 /_{120^\circ} = -0,5 + j 0,866$$

Si el operador se aplica 2 veces consecutivas, el vector girará 240°

Si el operador se aplica 3 veces consecutivas, el vector girará 360°

$$a^2 = 1 /_{240^\circ} = -0,5 - j 0,866$$

$$a^3 = 1 /_{360^\circ} = 1 /_{0^\circ} = 1$$

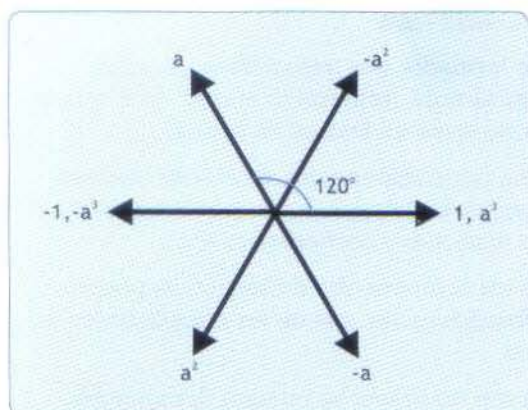


Fig. 6/6: Operador a.

Funciones del operador a

$$\begin{aligned} a &= 1 / \angle 120^\circ = -0,5 + j 0,866 \\ a^2 &= 1 / \angle 240^\circ = -0,5 - j 0,866 \\ a^3 &= 1 / \angle 360^\circ = 1 / \angle 0^\circ = 1 \\ a^4 &= 1 / \angle 120^\circ = -0,5 + j 0,866 = a \\ 1 + a &= 1 / \angle 60^\circ = 0,5 + j 0,866 = -a^2 \\ 1 - a &= \sqrt{3} / \angle -30^\circ = 1,5 - j 0,866 \\ 1 + a^2 &= 1 / \angle -60^\circ = 0,5 - j 0,866 = -a \\ 1 - a^2 &= \sqrt{3} / \angle 30^\circ = 1,5 + j 0,866 \\ a + a^2 &= 1 / \angle 180^\circ = -1 - j 0 \\ a - a^2 &= \sqrt{3} / \angle 90^\circ = 0 + j 1,73 \\ 1 + a + a^2 &= 0 = 0 - j 0 \end{aligned}$$

Componentes simétricos de vectores asimétricos

El número de magnitudes desconocidas puede reducirse, expresando cada componente de V_b y V_c como el producto de una función del operador a y un componente de V_a .

$$\begin{array}{ll} V_{b1} = a^2 V_{a1} & V_{c1} = a V_{a1} \\ V_{b2} = a V_{a2} & V_{c2} = a^2 V_{a2} \\ V_{b0} = V_{a0} & V_{c0} = V_{a0} \end{array} \quad \text{ec 4}$$

Sustituyendo ec 4 en ec 1, ec 2 y ec 3

$$\begin{aligned} V_a &= V_{a1} + V_{a2} + V_{a3} & \text{ec 5} \\ V_b &= a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0} & \text{ec 6} \\ V_c &= a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0} & \text{ec 7} \end{aligned}$$

O en forma matricial

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \quad \text{ec 8}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad \text{ec 9}$$

$$A^{-1} = 1/3 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad \text{ec 10}$$

Multiplicando ambos miembros de la ec 8 por la ec 9

$$\begin{bmatrix} Va0 \\ Va1 \\ Va2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Va \\ Vb \\ Vc \end{bmatrix} \quad \text{ec 11}$$

Se muestra cómo descomponer tres vectores asimétricos en sus componentes simétricos.

$$V_{a0} = 1/3 (V_a + V_b + V_c) \quad \text{ec 12}$$

$$V_{a1} = 1/3 (V_a + a V_b + a^2 V_c) \quad \text{ec 13}$$

$$V_{a2} = 1/3 (V_a + a^2 V_b + a V_c) \quad \text{ec 14}$$

Si se requiere conocer los componentes V_{b0} , V_{b1} , V_{b2} , V_{c0} , V_{c1} , V_{c2} , se pueden determinar por la ec 4.

La ec 12, demuestra que no hay componentes de secuencia cero y la suma de los vectores desequilibrados es cero.

Los componentes de secuencia cero no existen en las tensiones de línea debido a que la suma de los vectores de tensión entre fases en un sistema trifásico es siempre cero.

Debido a que la suma de los vectores de las tensiones entre fase y neutro no es necesariamente cero, las tensiones respecto al neutro, pueden tener componentes de secuencia cero.

Para las corrientes tenemos:

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} \quad \text{ec 15}$$

$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0} \quad \text{ec 16}$$

$$I_c = a I_{a1} + a^2 I_{a2} + I_{a0} \quad \text{ec 17}$$

$$I_{a0} = 1/3 (I_a + I_b + I_c) \quad \text{ec 18}$$

$$I_{a1} = 1/3 (I_a + a I_b + a^2 I_c) \quad \text{ec 19}$$

$$I_{a2} = 1/3 (I_a + a^2 I_b + a I_c) \quad \text{ec 20}$$

La suma de las corrientes en las fases, es igual a la corriente en el neutro,

$$I_n = I_a + I_b + I_c \quad \text{ec 21}$$

Comparando las ec 18 y ec 21

$$I_n = 3 I_{a0} \quad \text{ec 22}$$

Si no hay corriente por el neutro de un sistema trifásico $I_n = 0$ y las corrientes en las fases no tienen componentes de secuencia cero.

Es importante recalcar que una carga conectada en delta no tiene retorno de corriente por el neutro, por lo tanto no tiene componentes de secuencia cero.

Impedancias de secuencia y redes de secuencia

Las impedancias de un circuito se denominan:

- Impedancia de secuencia positiva.
- Impedancia de secuencia negativa.
- Impedancia de secuencia cero.

La red de secuencia se denomina al circuito equivalente monofásico formado por las impedancias a la corriente de cualquier secuencia y está formada por:

Las fuerzas electromotrices (f.e.m.)

Las redes de secuencia que transportan las corrientes I_{a1} , I_{a2} , I_{a0} , se interconectan para representar diversas condiciones de cortocircuitos.

Para calcular un cortocircuito por el método de los componentes simétricos es esencial determinar las impedancias de secuencia positiva, negativa, cero y combinarlas para que se formen las redes de secuencia.

En la figura 7/6, se representa un generador sin carga, que está puesto a tierra a través de una reactancia.

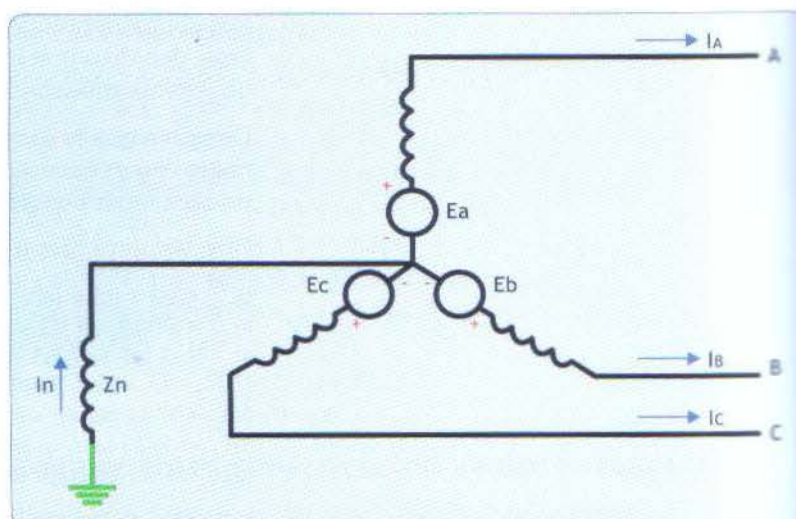


Fig. 7/6: Generador en vacío.

Si se presentara un cortocircuito en las terminales del generador, circularía por las fases las corrientes I_a , I_b , I_c .

Si hay un cortocircuito de fase a tierra, existirá una corriente en el neutro del generador, que se designa por I_n . Una o dos corrientes en las fases podrían ser nulas, pero las corrientes pueden descomponerse en sus componentes simétricas independientemente de lo desequilibradas que estén.

Cómo dibujar las redes de secuencia

Las tensiones generadas son sólo de secuencia positiva, ya que el generador se proyecta para suministrar tensiones trifásicas equilibradas.

Red de secuencia positiva está formada por una fuerza electromotriz (f.e.m.) en serie con la impedancia positiva del generador.

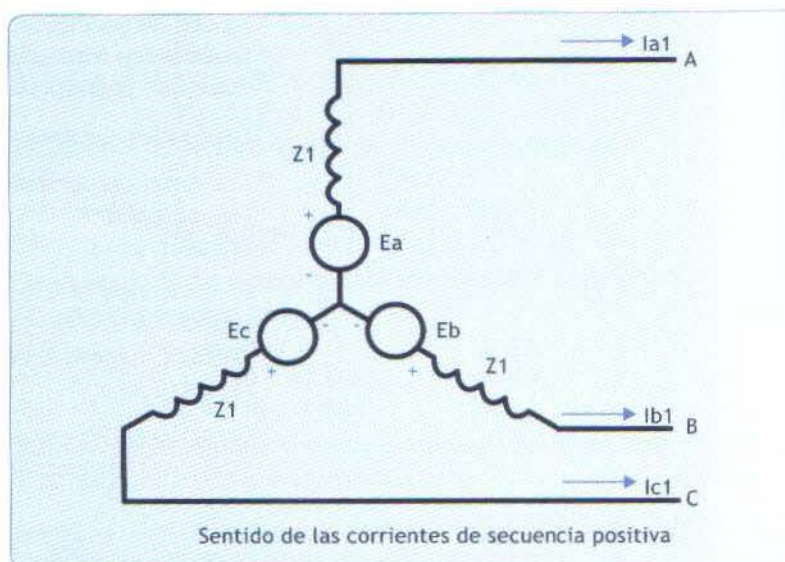
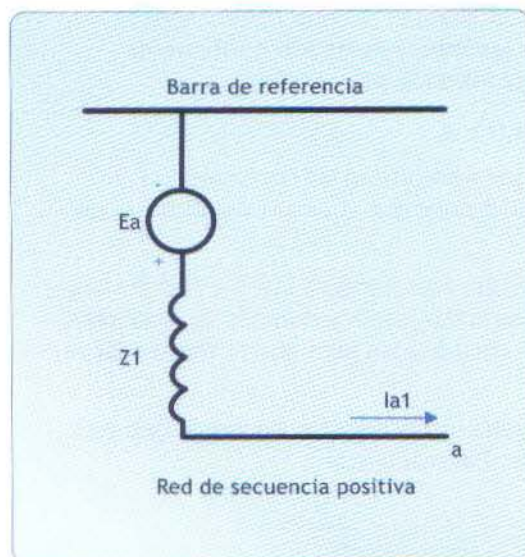


Fig. 8/6: Red de secuencia positiva.

Las redes de secuencia negativa y secuencia cero no contienen f.e.m. pero incluyen las impedancias del generador a las corrientes de secuencia negativa y cero respectivamente.

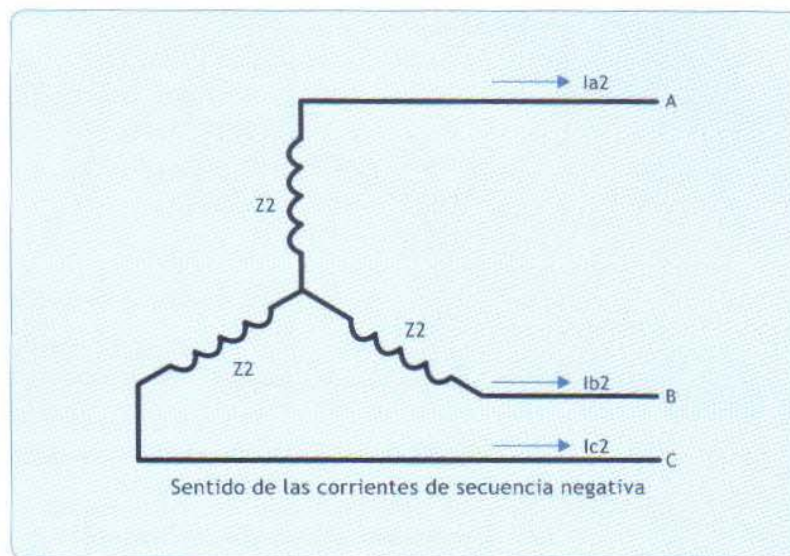
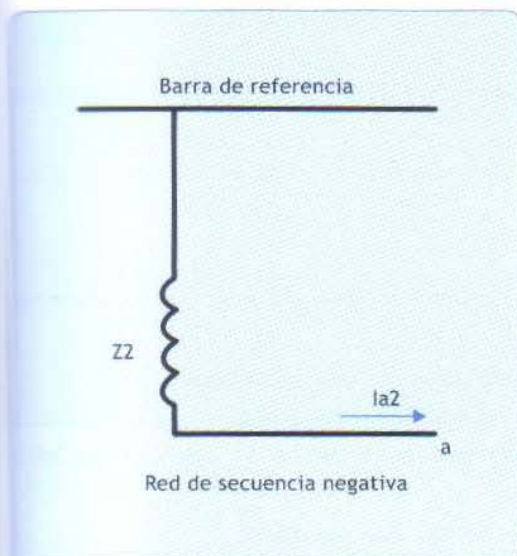


Fig. 9/6: Red de secuencia negativa.

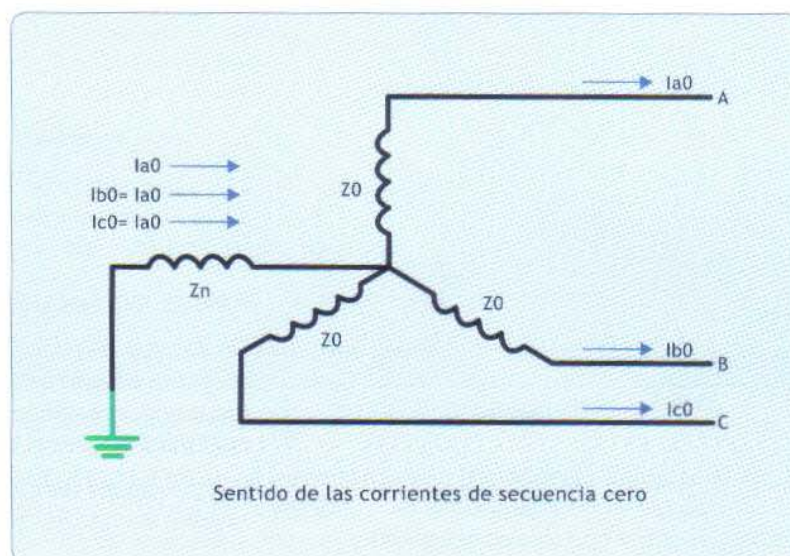
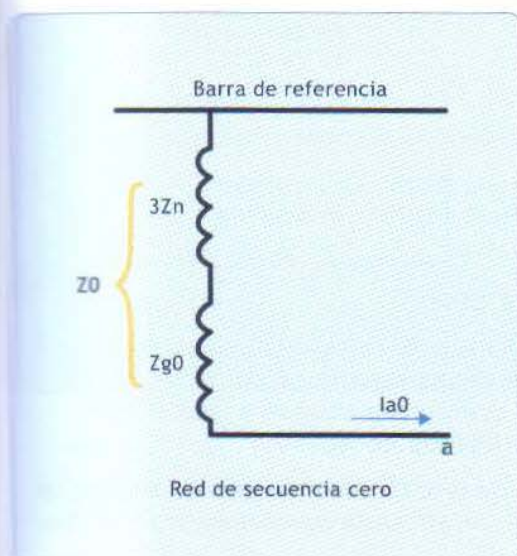


Fig. 10/6: Red de secuencia cero.

Los componentes simétricos de corriente circulan por la impedancia de su propia secuencia exclusivamente.

Las redes de secuencia, son los circuitos monofásicos equivalentes de los circuitos trifásicos equilibrados, a través de los cuales se considera que circulan los componentes simétricos de las corrientes desequilibradas.

La f.e.m. generada en la red de secuencia positiva, es la tensión en la terminal sin carga, con respecto al neutro.

La barra de referencia para las redes de secuencia positiva y negativa es el **neutro** del generador.

El neutro del generador está a potencial de tierra, ya que solamente circula corriente de secuencia cero por la impedancia entre el neutro y la tierra.

La barra de referencia para la red de secuencia cero es la tierra del generador.

La corriente que circula por la impedancia Z_n entre el neutro y la tierra es:

$$I_n = 3 I_{a0}$$

La caída de tensión de secuencia cero desde el punto a hasta tierra es:

$$-3 I_{a0} Z_n - I_{a0} Z_{g0}$$

Z_{g0} - impedancia de secuencia cero por fase del generador.

La red de secuencia cero es un circuito monofásico por el que circulará solamente la corriente de secuencia cero de una fase I_{a0} , por lo tanto

$$Z_0 = 3 Z_n + Z_{g0} \quad \text{ec. 23}$$

Las ecuaciones para los componentes de la caída de tensión desde el punto a hasta la barra de referencia (tierra) son:

$$V_{a1} = E_a - I_{a1} Z_1 \quad \text{ec 24}$$

$$V_{a2} = - I_{a2} Z_2 \quad \text{ec 25}$$

$$V_{a0} = - I_{a0} Z_0 \quad \text{ec 26}$$

E_a - tensión de secuencia positiva sin carga respecto al neutro

Z_1 - impedancia de secuencia positiva del generador

Z_2 - impedancia de secuencia negativa del generador

$$Z_0 = 3 Z_n + Z_{g0}$$

Redes de secuencia cero

Un sistema trifásico funciona como un sistema monofásico en cuanto a las corrientes de secuencia cero; las corrientes de secuencia cero tienen el mismo valor absoluto e igual fase en cualquier punto en todas las fases del sistema.

Las corrientes de secuencia cero circularán solamente si existe un camino de retorno por el que se pueda complementar el circuito.

La referencia para las tensiones de secuencia cero es el potencial de tierra en el punto del sistema.

La impedancia de puesta a tierra está incluida en la impedancia de secuencia cero, por lo que las tensiones, medidas con respecto a la barra de referencia de la red de secuencia cero, dan la tensión correcta respecto a tierra.

Si un circuito eléctrico está conectado en estrella y no está puesto a tierra, la suma de las corrientes que van hacia el neutro en las tres fases, es igual a cero.

La figura 11/6 ilustra que debido a que la suma de corrientes es nula, no tiene componentes de secuencia cero, por lo que se indica

un Circuito abierto en la red de secuencia cero entre el neutro del circuito de la estrella y la barra de referencia.

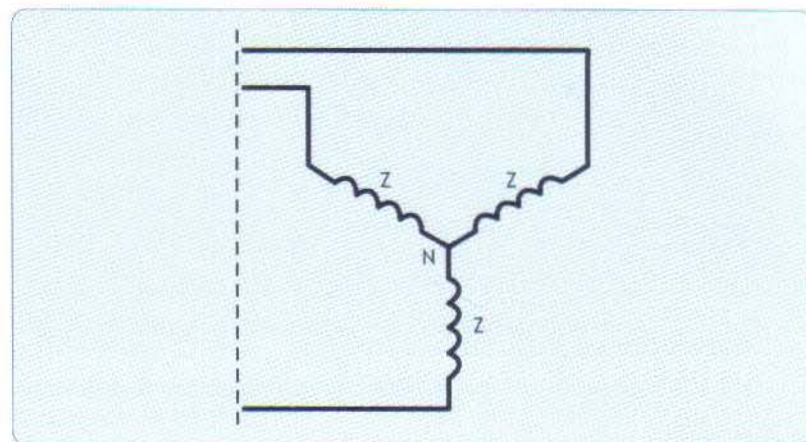
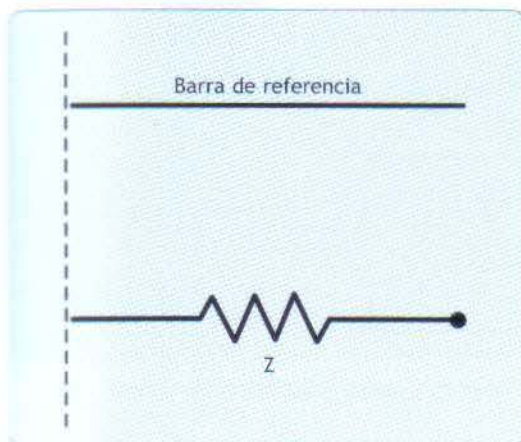


Fig. 11/6: Circuito eléctrico conectado en estrella.

En la figura 12/6 se ilustra la puesta a tierra del neutro del transformador a través de una impedancia nula.

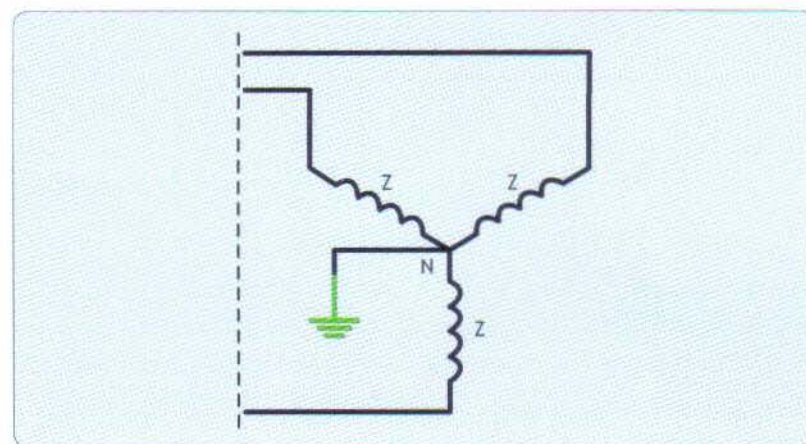
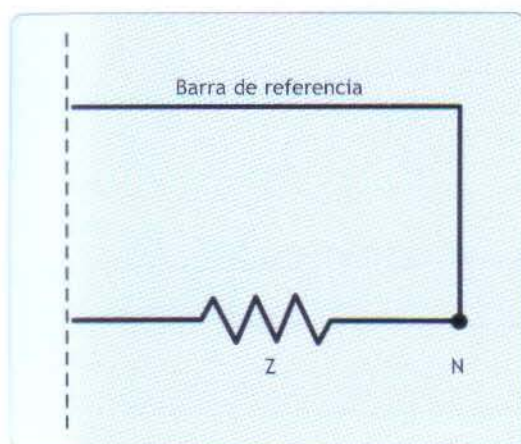


Fig. 12/6: Circuito conectado en estrella puesta a tierra.

En la figura 13/6 se ha intercalado una impedancia Z_n entre el neutro y la tierra en la estrella, y en el diagrama de la red de secuencia cero debe colocarse una impedancia $3Z_n$ entre el neutro y la barra de referencia.

La caída de tensión de secuencia cero que se origina en la red de secuencia cero por el paso de I_{a0} por $3Z_n$, es la misma que en el sistema real en el que pasa $3 I_{a0}$ por Z_n .

La impedancia que se conecta al neutro de un generador o transformador y tierra es para limitar la corriente de secuencia cero durante una falla.

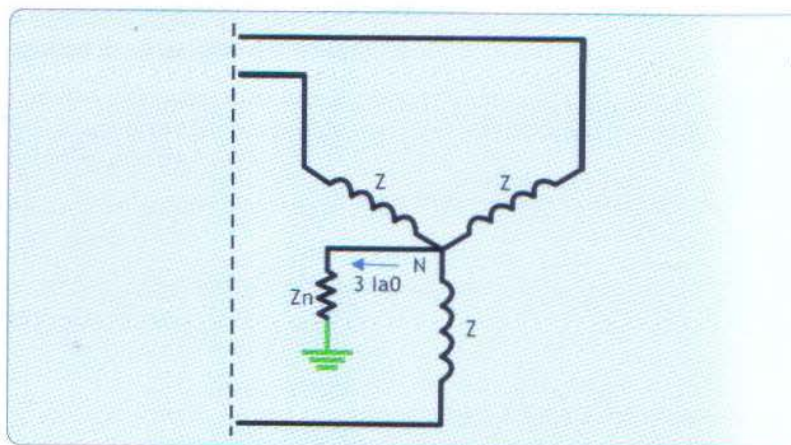
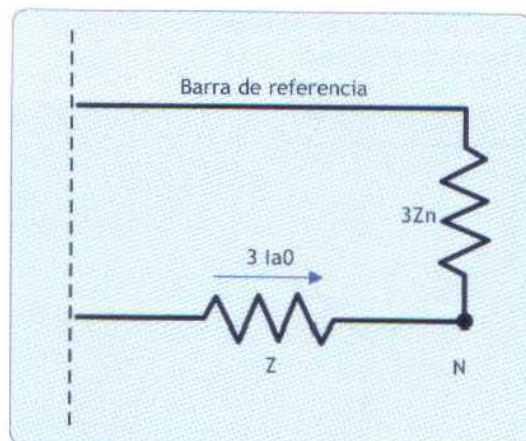


Fig. 13/6: Circuito conectado en estrella puesta a tierra a través de una impedancia.

Un circuito conectado en delta, no tiene un camino de retorno, por lo que se presenta una impedancia infinita a las corrientes de fase de secuencia cero.

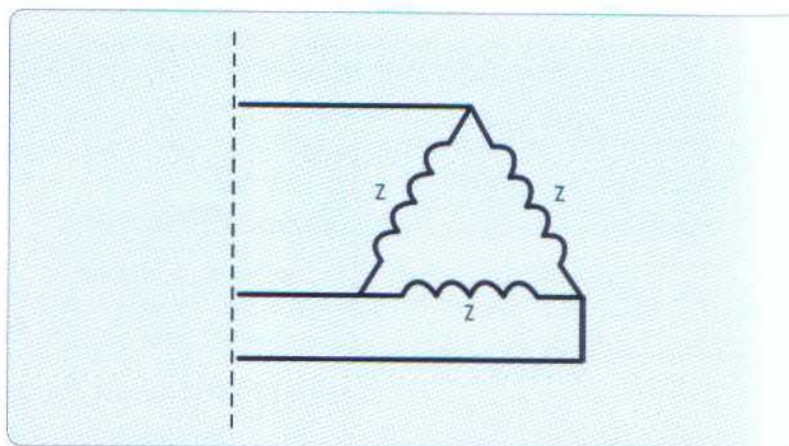
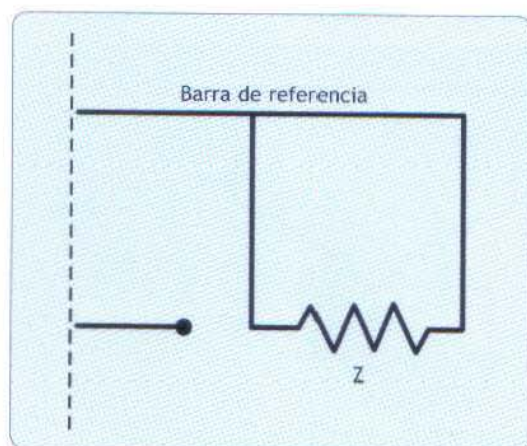


Fig. 14/6: Circuito conectado en delta.

La red de secuencia cero está abierta en circuito con conexión en delta, las corrientes de secuencia cero pueden circular por la delta, debido a que la delta es un circuito en serie cerrado para la circulación de corrientes monofásicas.

Caso No. 1 Conexión estrella-estrella, un neutro a tierra.

Como solamente un neutro está puesto a tierra, la corriente de secuencia cero no puede circular en ninguno de los devanados del transformador, la falta de un camino impide la corriente en el otro.

Para la corriente de secuencia cero existe un circuito abierto.

Circuito equivalente de secuencia cero



Símbolo

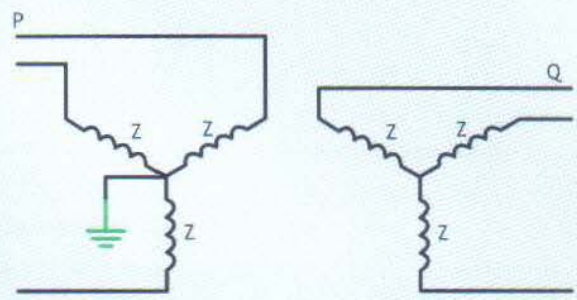
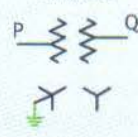


Fig. 15/6: Conexión estrella-estrella con neutro puesto a tierra.

Caso No. 2 Conexión estrella-estrella neutros puestos a tierra en ambos lados.

Cuando los dos neutros del transformador están puestos a tierra, existirá un camino en los dos devanados para las corrientes de secuencia cero.

Circuito equivalente de secuencia cero



Símbolo

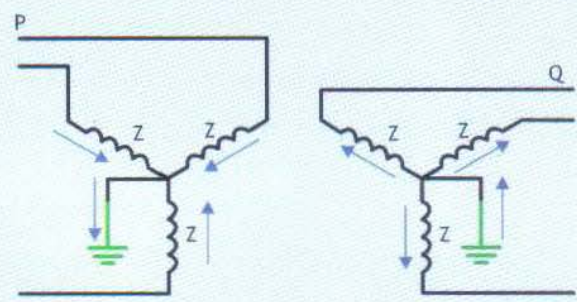
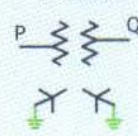


Fig. 16/6: Conexión estrella con neutro puesto a tierra-estrella con neutro puesto a tierra.

Caso No. 3 Conexión estrella puesta a tierra-delta

Si el neutro del transformador es puesto a tierra, las corrientes de secuencia cero tienen camino a tierra a través de la conexión en estrella, ya que las corrientes inducidas pueden circular en la conexión en delta.

Circuito equivalente de secuencia cero



Símbolo

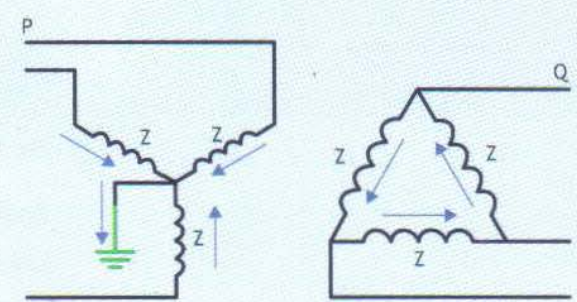
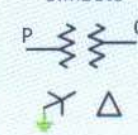


Fig. 17/6: Conexión estrella con neutro puesto a tierra-delta.

La corriente de secuencia cero, que circula por la conexión delta para equilibrar la corriente de secuencia cero en la estrella, no puede circular en las fases de la conexión delta.

Si la conexión del neutro a tierra tiene una impedancia Z_n , el circuito equivalente tendrá una impedancia $3Z_n$ en serie, con la resistencia equivalente y la reactancia de pérdida del transformador para conectar la fase en el lado de la estrella puesta a tierra.

Caso No. 4 Conexión estrella-delta no puesta a tierra.

Si la conexión estrella no está puesta a tierra, la impedancia Z_n entre el neutro y tierra es infinita, por lo que la corriente de secuencia cero no puede circular por los devanados del transformador.

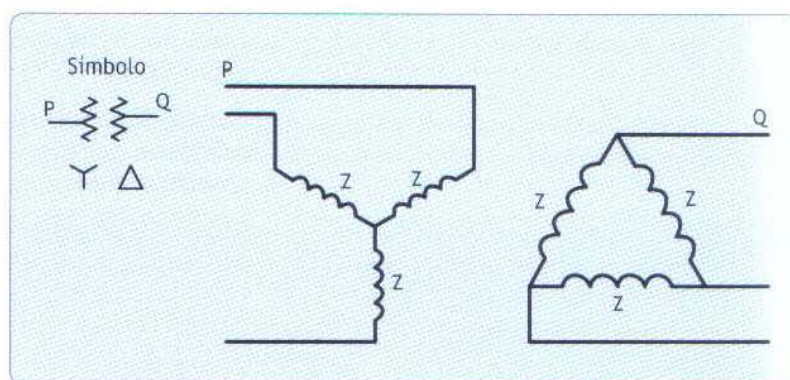
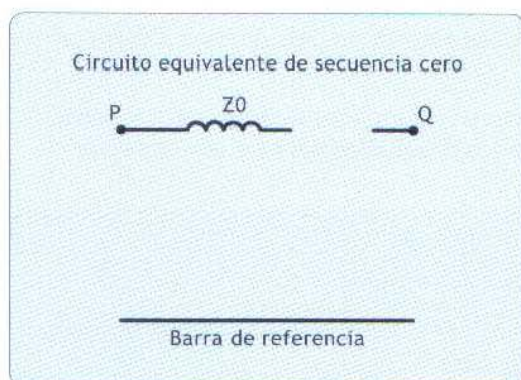


Fig. 18/6: Conexión estrella-delta no puesta a tierra.

Caso No. 5 Conexión delta-delta

Debido a que en una conexión delta-delta no hay camino de retorno de la corriente de secuencia cero, no existirá corriente de secuencia cero, aunque puede circular dentro de los devanados en delta.

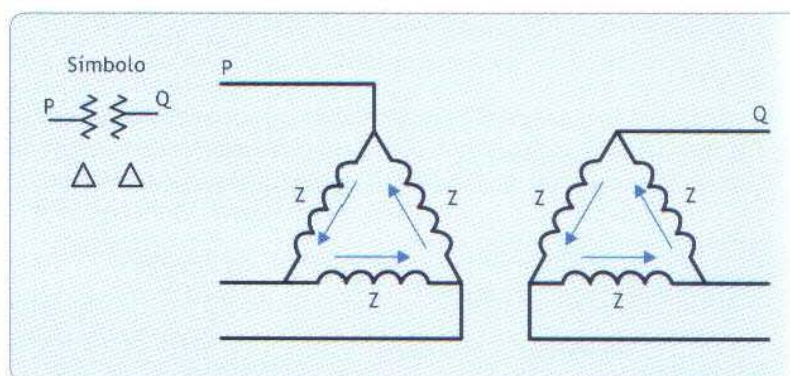
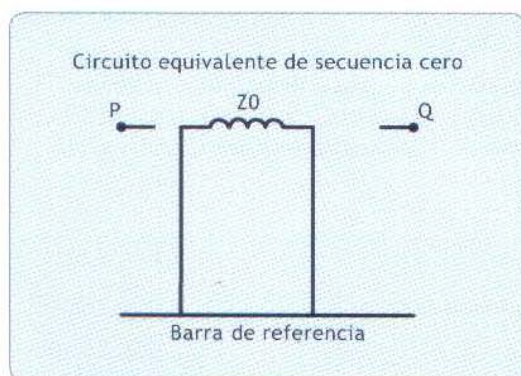


Fig. 19/6: Conexión delta-delta.

Fallas asimétricas

Las fallas pueden consistir en:

Cortocircuitos asimétricos, cortocircuitos a través de impedancias, o conductores abiertos.

Se presentan como: falla de fase a tierra, falla de fase a fase o entre dos fases a tierra.

$$\begin{matrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{matrix} = \begin{bmatrix} 0 & Z_0 & 0 & 0 \\ E_a & 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} \quad \text{ec 27}$$

Cortocircuito de fase a tierra en un generador en vacío.

Las relaciones a desarrollar para este tipo de cortocircuito se aplicarán solamente si la falla es en la fase a.

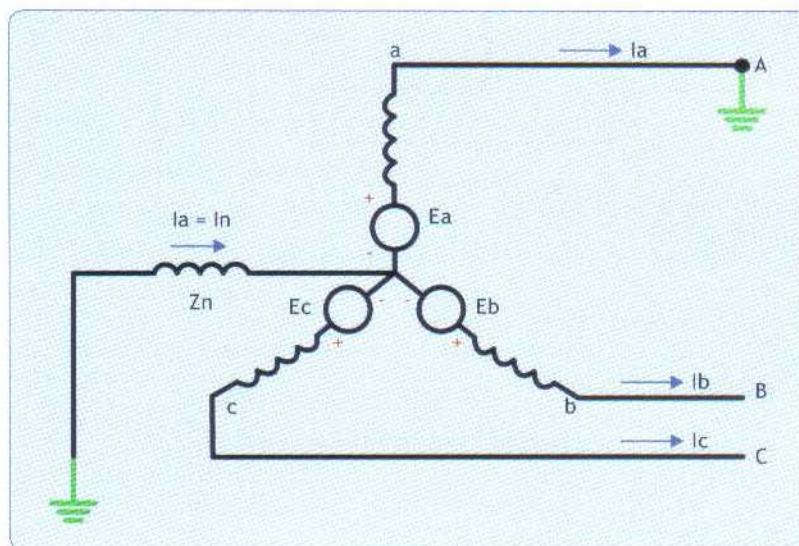


Fig. 20/6: Cortocircuito de la fase A a tierra.

Las condiciones de la falla son:

$$\begin{aligned} I_b &= 0 & I_c &= 0 & V_a &= 0 \\ V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} &= -I_{a1} Z_0 + E_a - I_{a1} Z_1 - I_{a1} Z_2 \end{aligned}$$

$$\text{Como: } V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = 0$$

$$I_{a1} = E_a / Z_1 + Z_2 + Z_0 \quad \text{ec 28}$$

Si las tres redes de secuencia del generador se conectan en serie, se observa que las tensiones y corrientes resultantes satisfacen las ecuaciones anteriores, puesto que las tres impedancias se conectan en serie con la tensión E_a .

Si el neutro del generador no está puesto a tierra, la red de secuencia cero está abierta y Z_0 es infinita.

La ec 28 demuestra que la I_{a1} es cero, cuando Z_0 es infinita; esto aplica también para I_{a2} y I_{a0} , por lo tanto no hay circulación de corriente por la fase a.

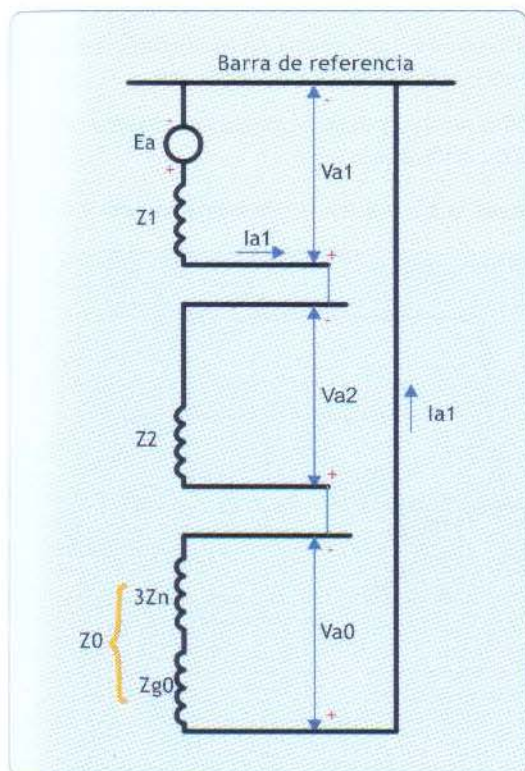


Fig. 21/6: Las tres redes de secuencia conectadas en serie.

Cortocircuito entre dos fases en un generador en vacío

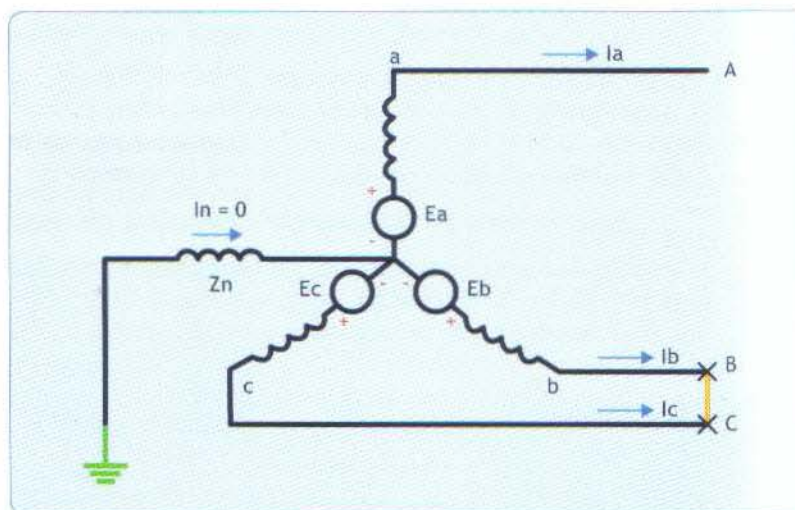
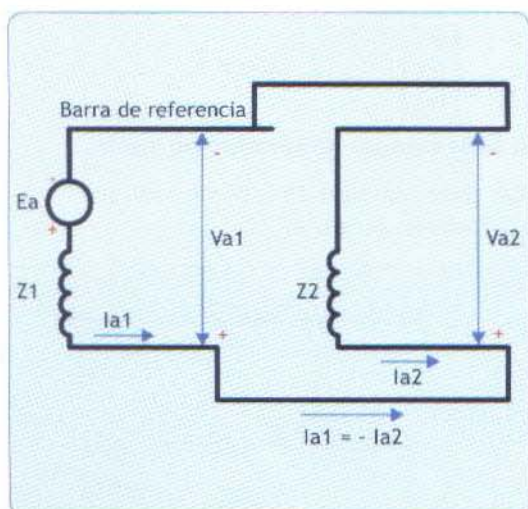


Fig. 22/6: Cortocircuito entre dos fases.

Las condiciones del cortocircuito entre dos fases son:

$$\begin{aligned} V_b &= V_c & I_a &= 0 & I_b &= -I_c \\ I_a &= E_a / Z_1 + Z_2 & & & & \text{ec 29} \end{aligned}$$

Debido a que Z_0 no entra en las ecuaciones, no se utiliza la red de secuencia cero.

Las redes de secuencia positiva y negativa deben estar en paralelo, ya que $V_{a1} = V_{a2}$.

Debido a que la puesta a tierra no interviene en el cortocircuito, no hay circulación de corriente por tierra, por lo tanto $I_{a0} = 0$.

La presencia o ausencia del neutro puesto a tierra en el generador no afecta a la corriente de cortocircuito.

Cortocircuito de dos fases a tierra en un generador en vacío.

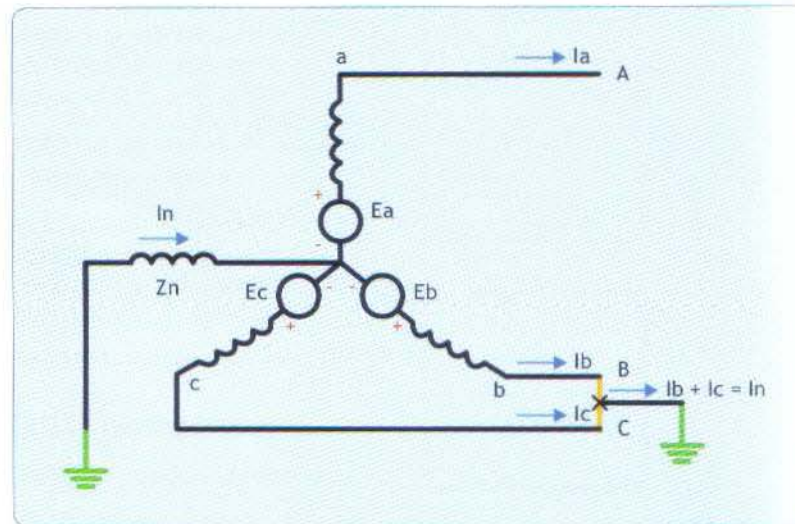
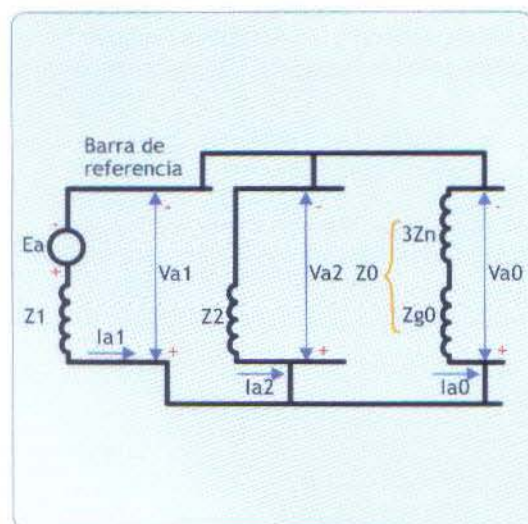


Fig. 23/6: Cortocircuito entre dos fases a tierra.

Las condiciones del cortocircuito son:

$$\begin{aligned} V_b &= 0 & V_c &= 0 & I_a &= 0 \\ V_{a1} &= V_{a2} = V_{a3} & & & & \text{ec 30} \\ I_{a1} &= E_a (Z_2 + Z_0) / (Z_1 Z_2 + Z_1 Z_0 + Z_2 Z_0) \\ &= E_a / (Z_1 + Z_2 Z_0 / (Z_2 + Z_0)) & & & & \text{ec 31} \end{aligned}$$

La ec 30 indica que las redes de secuencia están conectadas en paralelo, debido a que las tensiones de secuencia positiva, negativa y cero son iguales.

Si no hay conexión a tierra en el generador, no hay circulación de corriente en el cortocircuito a tierra, la impedancia de secuencia cero se hace infinita e I_{a0} será igual a cero.

Cortocircuitos asimétricos en sistemas de potencia

Cortocircuito de fase a tierra

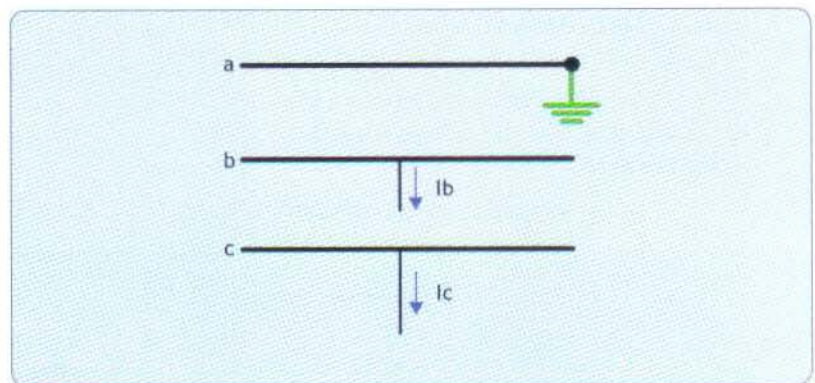


Fig. 24/6: Cortocircuito de fase a tierra.

$$\begin{aligned} I_b &= 0 & I_c &= 0 & V_a &= 0 \\ I_{a1} &= I_{a2} = I_{a0} \\ I_{a1} &= V_f / (Z_1 + Z_2 + Z_3) \end{aligned}$$

Cortocircuito de fase a fase en un sistema de potencia

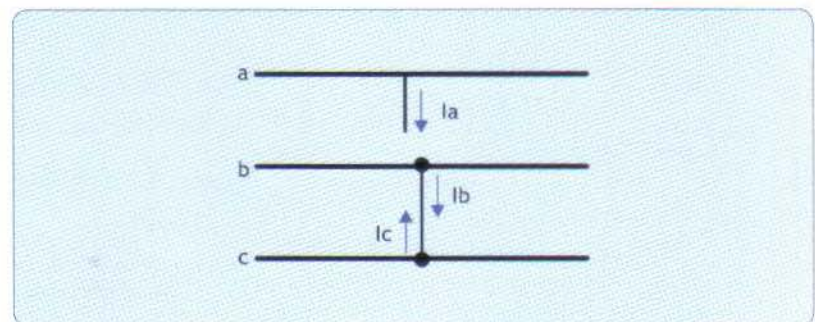


Fig. 25/6: Cortocircuito entre dos fases.

$$\begin{aligned} V_b &= V_c & I_a &= 0 & I_b &= -I_c \\ V_{a1} &= V_{a2} \\ I_{a1} &= V_f / (Z_1 + Z_2) \end{aligned}$$

Cortocircuito de dos fases a tierra

$$\begin{aligned} V_b &= V_c = 0 & I_a &= 0 \\ V_{a1} &= V_{a2} = V_{a0} \\ I_{a1} &= V_f / (Z_1 + Z_2 Z_0 / (Z_2 + Z_0)) \end{aligned}$$

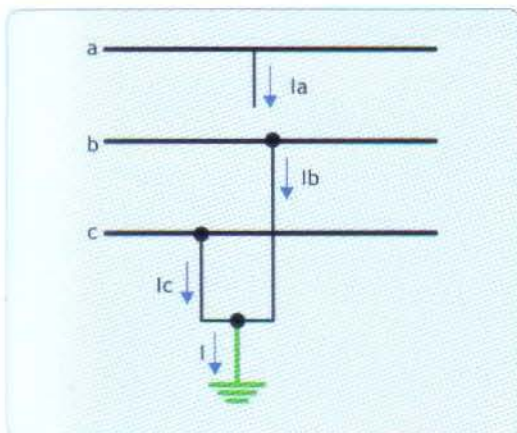


Fig. 26/6: Cortocircuito entre dos fases a tierra.

Ejemplo de cálculo de cortocircuito

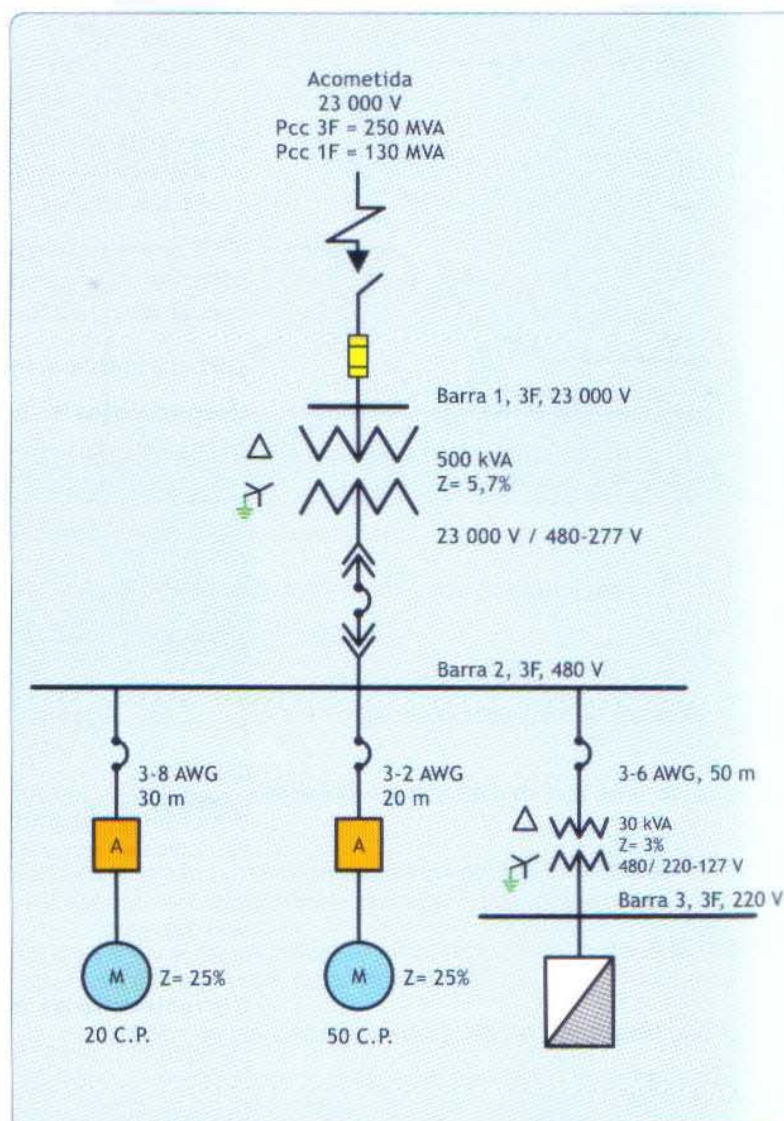


Fig. 27/6: Diagrama unifilar.

Paso 1 Se selecciona la potencia base

Potencia Base: 0,5 MVA

Tensión de la barra: 23 kV

Paso 2 Conversión de las impedancias a una base común

Reactancias de secuencia positiva y secuencia negativa

Suministrador $X = 0,5 / 250 = 0,002 \text{ pu}$

Transformador de 500 kVA $X = 0,057 \text{ pu}$

Motor de 20 C.P. $X = 0,25 (0,5 / 0,020) = 6,25 \text{ pu}$

Motor de 50 C.P. $X = 0,25 (0,5 / 0,050) = 2,5 \text{ pu}$

Transformador de 30 kVA $X = 0,03 (0,5 / 0,03) = 0,5 \text{ pu}$

Alimentador 1
 $Z = 2,56 + 0,213j$
 $Z = 0,0768 + 0,00639j$
 $Z_{\text{base}} = (0,48)^2 / 0,5 = 0,4608 \text{ ohms}$
 $Z_{\text{pu}} = Z_{\text{ohms}} / Z_{\text{base}} = 0,1666 + 0,0138j$

Alimentador 2
 $Z = 0,66 + 0,187j$
 $Z = 0,0132 + 0,00374j$
 $Z_{\text{base}} = (0,48)^2 / 0,5 = 0,4608 \text{ ohms}$
 $Z_{\text{pu}} = Z_{\text{ohms}} / Z_{\text{base}} = 0,02864 + 0,0081j$

Alimentador 3
 $Z = 1,61 + 0,210j$
 $Z = 0,0805 + 0,0105j$
 $Z_{\text{base}} = (0,48)^2 / 0,5 = 0,4608 \text{ ohms}$
 $Z_{\text{pu}} = Z_{\text{ohms}} / Z_{\text{base}} = 0,1746 + 0,0227j$

Paso 3 Se elabora el diagrama de impedancias

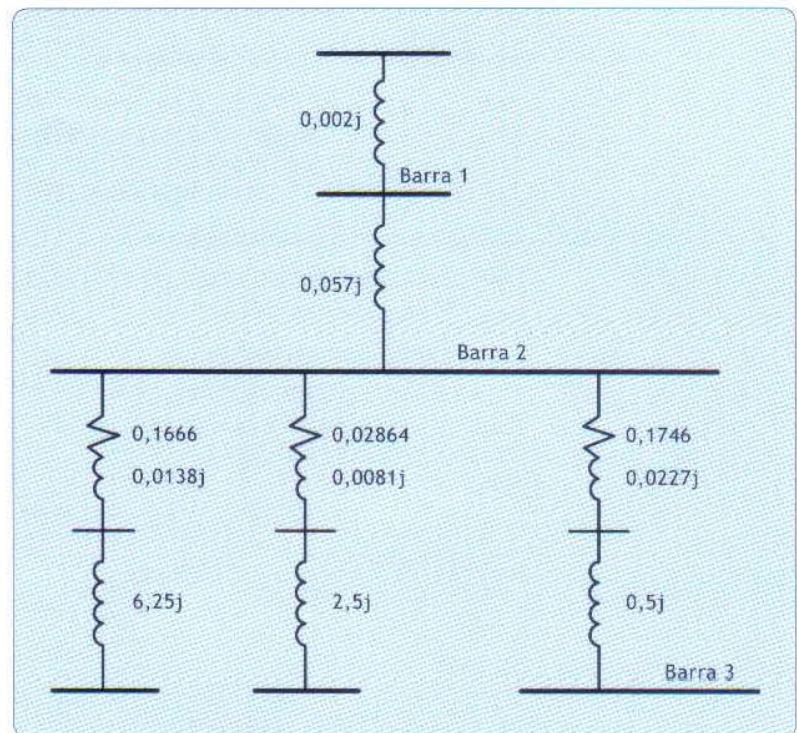


Fig. 28/6: Diagrama de impedancia.

Paso 4 Se calcula la falla en la barra 1

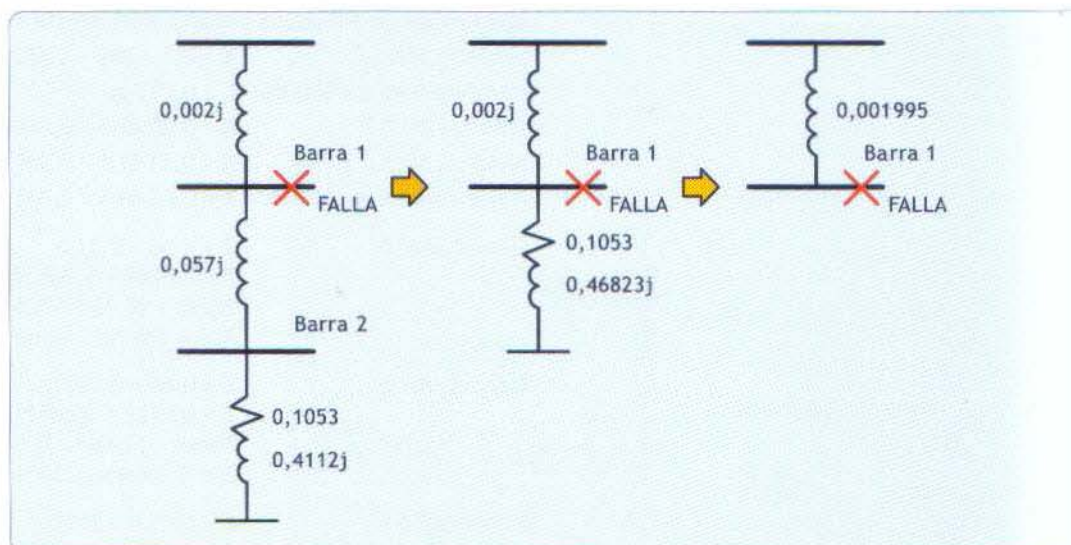


Fig. 29/6: Simplificación del diagrama de impedancia.

$$Z_{eq1} = \sqrt{(0,1666^2 + 6,2638^2)} = 6,26 \angle -88,47^\circ$$

$$Z_{eq2} = \sqrt{(0,02864^2 + 2,5081^2)} = 2,5 \angle -89,34^\circ$$

$$Z_{eq1} = \sqrt{(0,1746^2 + 0,5227^2)} = 0,551 \angle -71,52^\circ$$

Se efectúa la reducción del diagrama

$$Z_{1-2} = 6,26 \angle -88,47^\circ \times 2,5 \angle -89,34^\circ / (0,1666 + 6,2638j + 0,02864 + 2,5j)$$

$$Z_{1-2} = 1,7836 \angle -89,08^\circ = 0,02863 + 1,7833j$$

$$Z_{1-2-3} = 1,7836 \angle -89,38^\circ \times 0,551 \angle -71,52^\circ / (0,02863 + 1,7833j + 0,1746 + 0,5227j)$$

$$Z_{1-2-3} = 0,4245 \angle -75,63^\circ = 0,1053 + 0,4112j$$

La impedancia equivalente entre $Z_{1-2-3-tr}$ y la Z_{red}

$$Z_{eq} = 0,002 \angle -90^\circ \times 0,4818 \angle -77,32^\circ / (0,002j + 0,1053 + 0,4682j)$$

$$Z_{eq} = 0,0019 \angle -89,94^\circ$$

La corriente de cortocircuito es:

$$I_{ccbarra 1} = 1 / 0,0019 = 500,04 \text{ p.u.}$$

$$I_{base} = 500 / 1,73 \times 23 = 12,56 \text{ A}$$

$$I_{ccbarra 1} = 500,04 \times 12,56$$

$$I_{ccbarra 1} = 6\,280,6 \text{ A}$$

Paso 5 Se calcula la falla en la barra 2

Se reduce el diagrama de impedancias para la falla en la barra 2

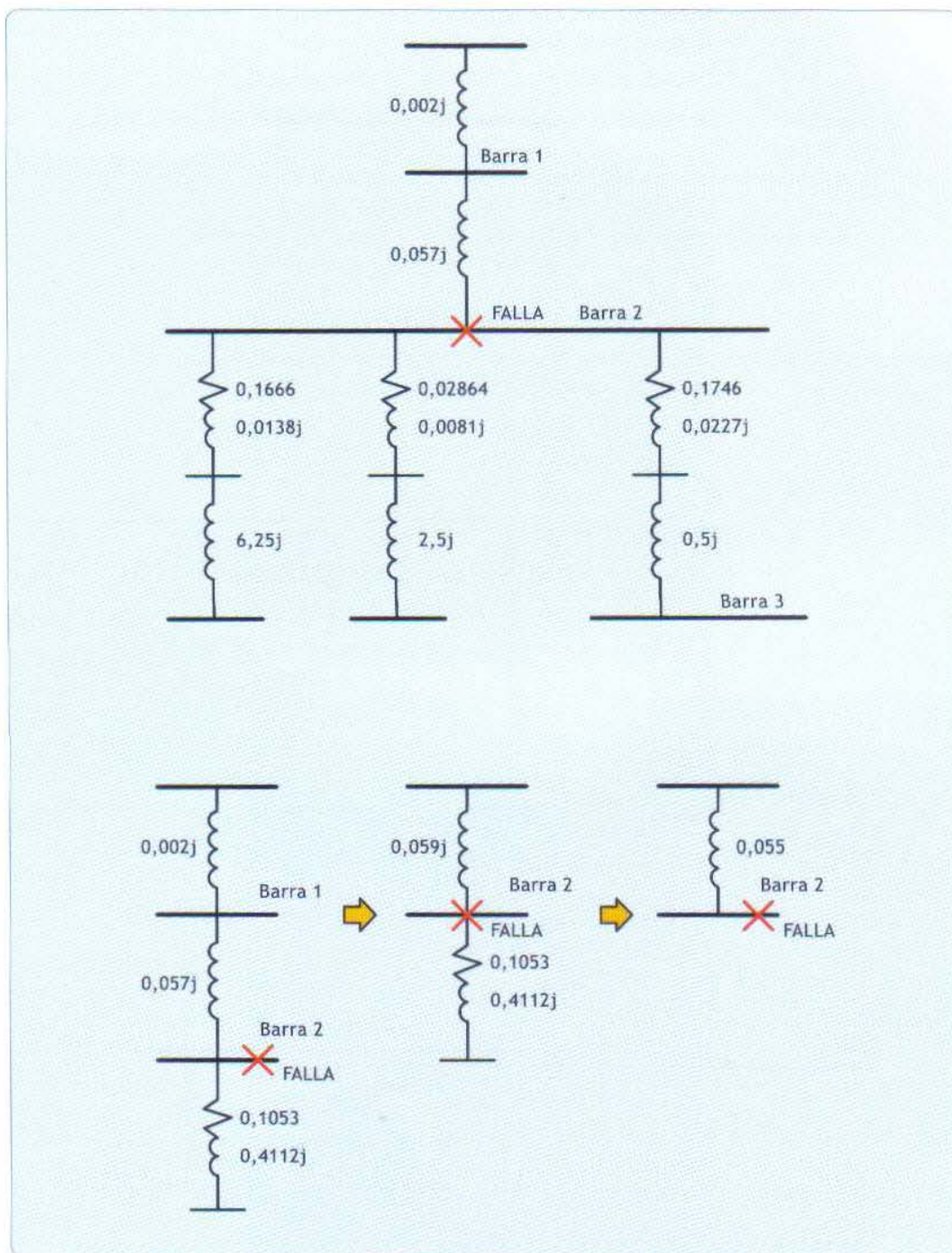


Fig. 30/6: Diagrama de impedancia con simplificación del mismo.

$$Z_{eq} = 0,059 / _90^\circ \times 0,4245 / _75,63^\circ / (0,059j + 0,1053 + 0,4112j)$$

$$Z_{eq} = 0,05197 / _88,25^\circ$$

La corriente de cortocircuito es:

$$I_{cc\text{barra } 2} = 1 / 0,05197 = 19,23 \text{ p.u.}$$

$$I_{base} = 500 / 1,73 \times 0,48 = 602,11 \text{ A}$$

$$I_{cc\text{barra } 2} = 19,23 \times 602,11$$

$$I_{cc\text{barra } 2} = 11\,583,90 \text{ A}$$

Paso 6 Se calcula la falla en la barra 3

Se reduce el diagrama de impedancias para la falla en la barra 3

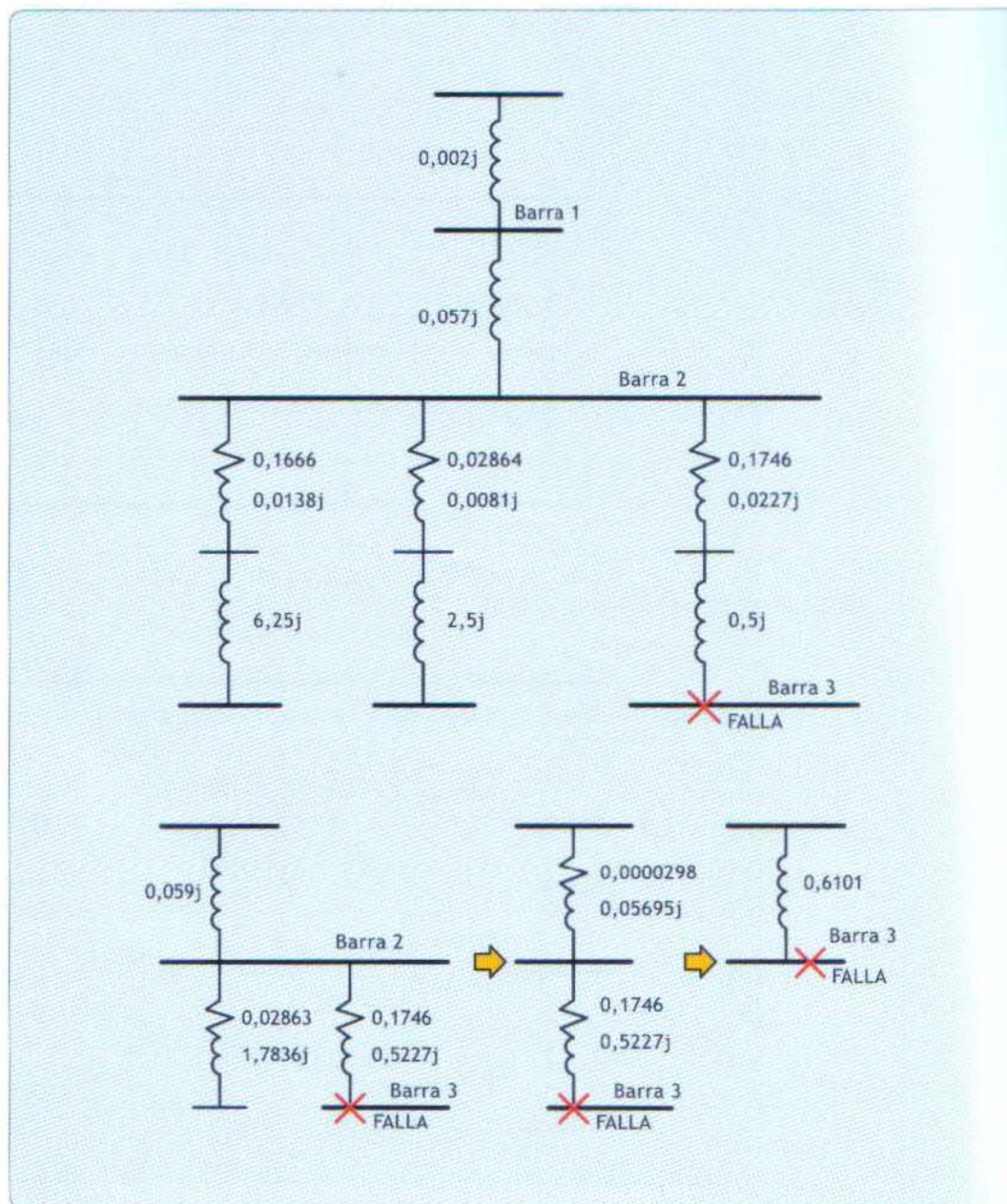


Fig. 31/6: Diagrama de impedancia con simplificación del mismo.

$$Z_{eq} = 0,059 \angle -90^\circ \times 1,7836 \angle -89,08^\circ / (0,059j + 0,02863 + 1,7833j)$$

$$Z_{eq} = 0,057 \angle -89,97^\circ = 0,0000298 + 0,0569j$$

$$Z_{eqt} = \sqrt{(0,1746^2 + 0,5846^2)} = 0,6101 \angle -77,37^\circ$$

La corriente de cortocircuito es:

$$I_{cc\text{barra } 3} = 1 / 0,6101 = 1,639 \text{ p.u.}$$

$$I_{base} = 500 / 1,73 \times 0,22 = 1\,313,71 \text{ A}$$

$$I_{cc\text{barra } 3} = 1,639 \times 1\,313,71$$

$$I_{cc\text{barra } 3} = 2\,153,21 \text{ A}$$

Resumen:

- En la barra 1 se requiere un interruptor con corriente de interrupción de 6 280,6 A.
- En la barra 2 se requiere interruptores con corriente de interrupción de 11 583,90 A.
- En la barra 3 se requiere interruptores con corriente de interrupción de 2 153,21 A.

Método de los MVA'S

El cálculo de cortocircuito también se puede realizar por el método de los MVA'S, del ejemplo anterior se tiene:

Paso 1 Convertir impedancias a MVA'S

- Suministrador $MVA_{cc} = 250 \text{ MVA}$
- Transformador $MVA_{cc} = 0,5 / 0,057 = 8,77$
- Motor 20 C.P. $MVA_{cc} = 0,020 / 0,25 = 0,08$
- Motor 50 C.P. $MVA_{cc} = 0,050 / 0,25 = 0,2$
- Transformador 30 kVA $MVA_{cc} = 0,030 / 0,03 = 1$

Paso 2 Se elabora el diagrama de MVA'S

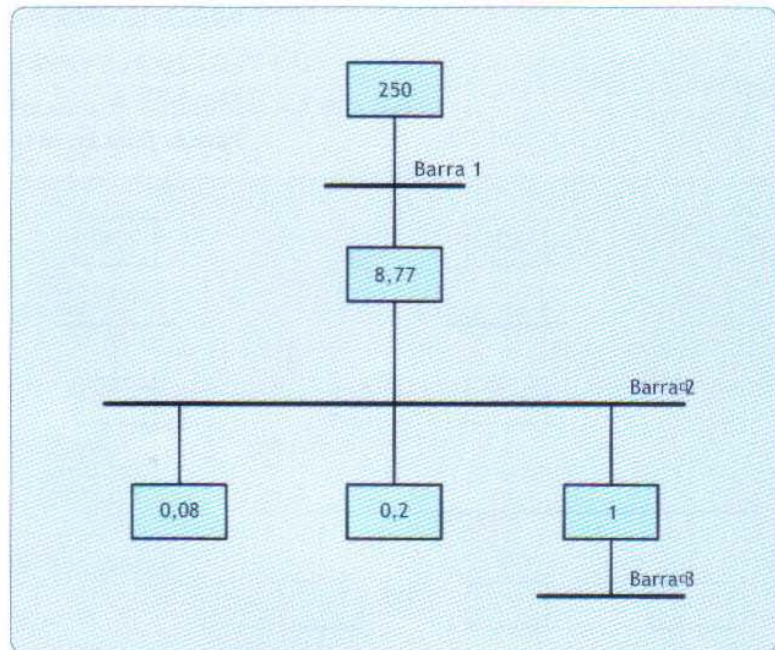


Fig. 32/6: Diagrama de potencia.

Paso 3 Se reduce el diagrama

MVA'S en serie: se reducen en paralelo

MVA'S en paralelo: se reducen en serie

Para la falla en la barra 1

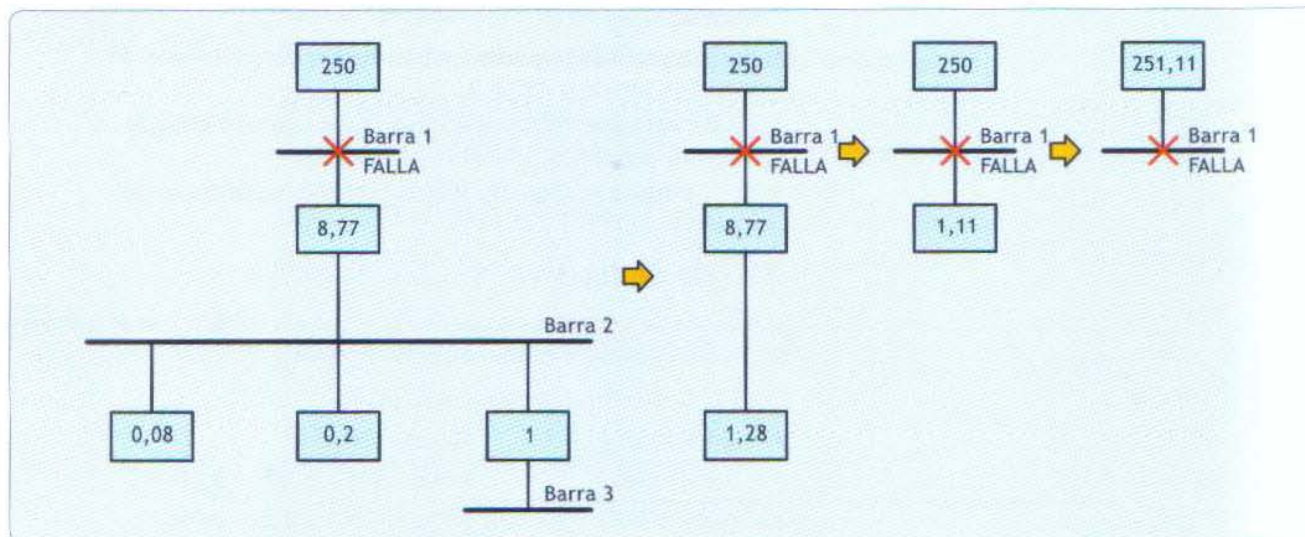


Fig. 33/6: Diagrama de potencia simplificado.

$$MVA_{eq} = 8,77 \times 1,28 / (8,77 + 1,28) = 1,11$$

$$MVA_{eq} = 250 + 1,11 = 251,11$$

$$\text{Potencia de cortocircuito} = 251,11 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = 251,11 / 1,73 \times 23$$

$$I_{cc} = 6,310 \text{ A}$$

Para la falla en la barra 2

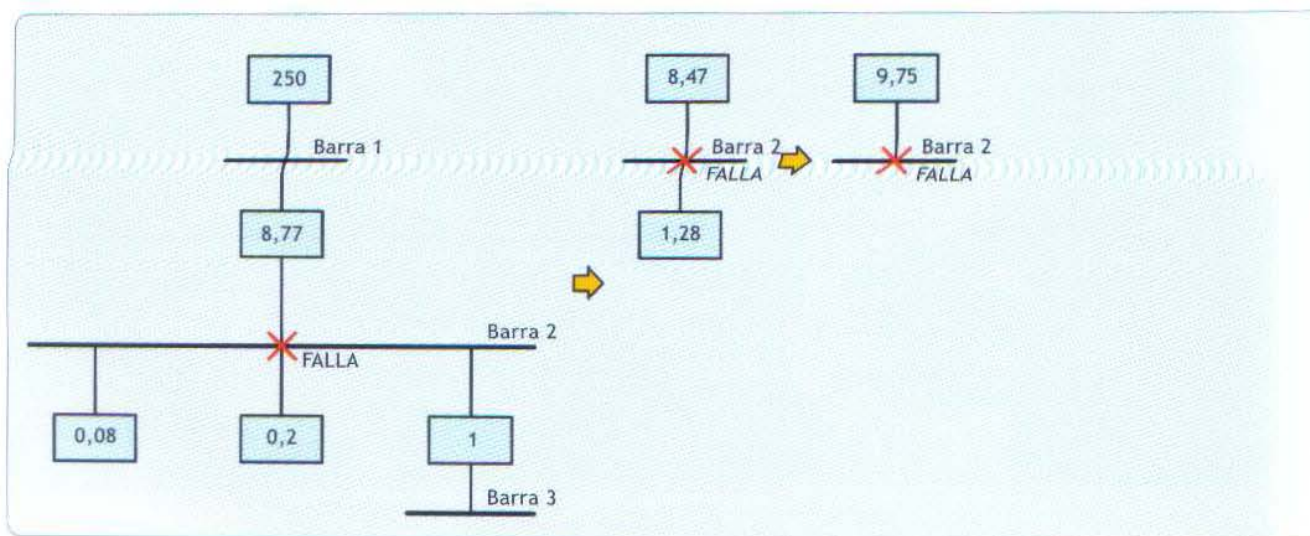


Fig. 34/6: Diagrama de potencia simplificado.

$$MVA_{eq} = 250 \times 2,77 / (250 + 8,77)$$

$$MVA_{eq} = 8,47 + 1,28$$

$$\text{Potencia de cortocircuito} = 9,75 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = 9\,750 / 1,73 \times 0,48$$

$$I_{cc} = 11\,741,32 \text{ A}$$

Para la falla en la barra 3

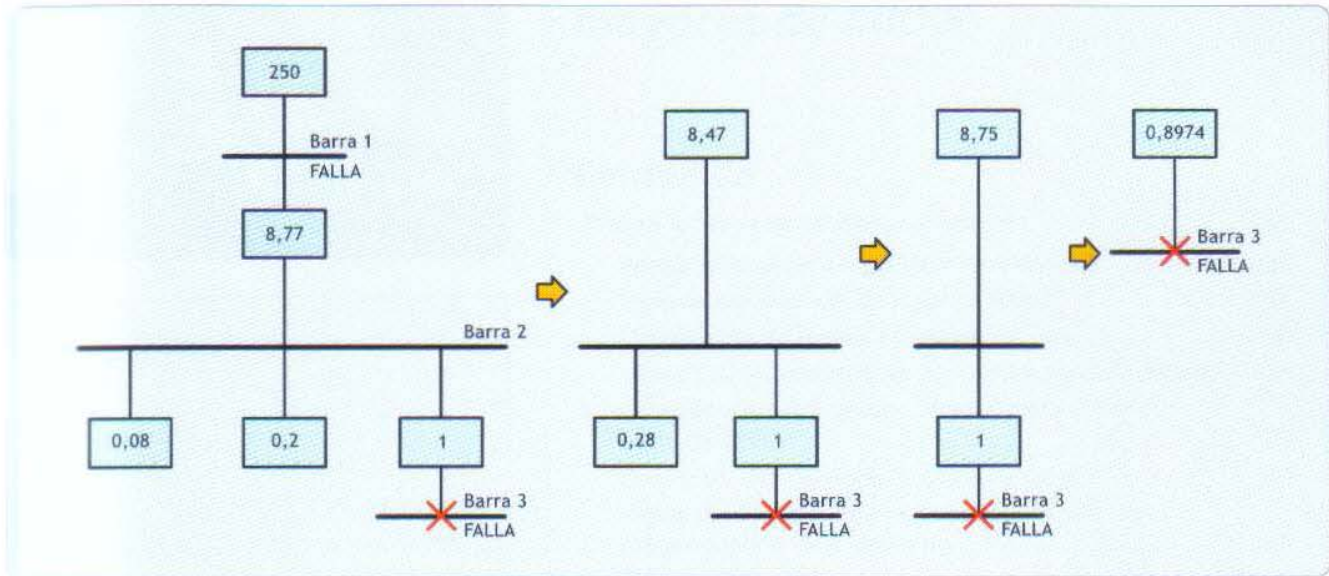


Fig. 35/6: Diagrama de potencia simplificado.

$$MVA_{eq} = 8,75 \times 1 / (8,75 + 1)$$

$$\text{Potencia de cortocircuito} = 0,8974 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = 897,4 / 1,73 \times 0,22$$

$$I_{cc} = 2\,357,85 \text{ A}$$



Masterpact



- Compacto.
- Versátil.
- Tecnología avanzada.

Puesta a tierra, coordinación de protecciones e instalaciones mayores de 600 V

Contenido

Puesta a tierra de sistemas eléctricos	134
Requerimientos para la puesta a tierra de sistemas eléctricos	136
Tipos de conductores de puesta a tierra	137
Conductores de puesta a tierra en paralelo	138
Tamaño de los conductores de puesta a tierra del equipo	138
Compensación del conductor de puesta a tierra por caída de tensión	139
Conductor del electrodo de puesta a tierra	139
Varios circuitos eléctricos en una sola canalización, cable o soporte para cables tipo charola	140
Puesta a tierra aislada	141
Unión con otros sistemas de puesta a tierra	141
Electrodos de puesta a tierra	141
Cálculo del sistema de tierra de una subestación eléctrica	142
Disposiciones normativas	143
Procedimiento de diseño de una malla de tierra	144
Ejemplo de cálculo de la malla de tierra de la subestación eléctrica	145
Procedimiento de cálculo de acuerdo a la norma de IEEE STD 80-2000	146
Coordinación de protecciones	149
Curvas características tiempo-corriente	151
Diseño preliminar	151
Ejemplo de coordinación de protecciones	152
Instalaciones eléctricas de más de 600 V	154
Acometidas de más de 600 V	154
Métodos de alambrado	154
Líneas aéreas en baja, media y alta tensión	156
Mecanismo del Rayo	159
Protección de estructuras ordinarias de acuerdo a la norma de NFPA 780 - 2004	162
Puesta a tierra común	164
Valores de resistencia a tierra	164

Puesta a tierra de sistemas eléctricos

La puesta a tierra es la columna vertebral de los sistemas eléctricos. Tanto circuitos como sistemas eléctricos son puestos a tierra para limitar las tensiones originadas por descargas atmosféricas, o por un contacto no intencional con líneas de mayor tensión y para estabilizar la tensión a tierra durante el funcionamiento normal.

Los sistemas y los conductores del circuito son puestos a tierra para facilitar la operación de los dispositivos de protección en caso de que se presenten fallas a tierra.

Es fundamental que se tengan los conocimientos de los principios básicos de la puesta a tierra, debido a que la mayoría de las personas involucradas con la electricidad tienen conceptos erróneos del funcionamiento y la utilidad de la puesta a tierra en una instalación eléctrica.

Las funciones principales de la puesta a tierra del equipo son:

- Proteger a las personas contra descargas eléctricas.
- Limitar la tensión a tierra cuando ocurra un cortocircuito a tierra de las partes metálicas expuestas que no transportan corriente eléctrica, canalizaciones y otro tipo de envolvente de conductores.
- Conducir en forma segura las corrientes de falla a tierra para la rápida operación de los dispositivos de protección.

Para asegurar el funcionamiento adecuado de los conductores de puesta a tierra, deben:

- Ser permanentes y continuos.
- Tener una capacidad de conducir en forma segura la corriente de falla a tierra que se presente.
- Tener una impedancia suficientemente baja para limitar la tensión a tierra a un valor seguro y facilitar la operación de los dispositivos de protección de los circuitos eléctricos.

Los conductores de puesta a tierra se deben de instalar siguiendo los lineamientos indicados en la norma vigente, para que la instalación eléctrica sea segura.

Es necesario hacer un pequeño paréntesis, para presentar los términos que se utilizarán en la puesta a tierra para un mayor entendimiento.

Conductor puesto a tierra: Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra, en caso de que el sistema eléctrico esté conectado en estrella a este conductor se le llama NEUTRO, y es el conductor que conducirá la corriente de desbalance.

Conductor de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

Conductor desnudo: conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: conductor utilizado para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente

eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado separadamente.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar el (los) electrodo(s) de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos a la acometida en cada edificio o a la estructura donde esté alimentado desde una acometida común o a la fuente de un sistema derivado separadamente.

Puente de unión, circuito: conexión entre partes de un conductor en un circuito para mantener la capacidad de conducción de corriente requerida por el circuito.

Puente de unión, equipo: conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra del equipo.

Puente de unión, principal: conexión en la acometida entre el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo.

Puesto a tierra: conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

Puesto a tierra eficazmente: conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tengan una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

Puente de unión: conductor confiable, para asegurar la conductividad eléctrica requerida entre partes metálicas que requieren ser conectadas eléctricamente.

Unión: *conexión permanente de partes metálicas, (que no lleva corriente normalmente) que forma una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.*

Los conductores de puesta a tierra del equipo se deben de instalar y conectar de manera que se evite que circulen corrientes eléctricas no deseables en los conductores o trayectorias de puesta a tierra.

Si los conductores puestos a tierra son conectados a los conductores de puesta a tierra del equipo en más de un punto, se establecerán trayectorias de retorno de la corriente del neutro. Esta corriente eléctrica que circula por los conductores de puesta a tierra en funcionamiento normal, provocarán lo siguiente:

- Interferencia con la propia operación del equipo, dispositivos, o sistemas que son sensibles a la interferencia electromagnética, así como los equipos electrónicos, sistemas de comunicación, sistemas de cómputo, PLC'S, variadores de velocidad, etc,
- Interferencia con los sensores y operación de la protección de falla a tierra.
- Suficiente energía en un arco para provocar la ignición de materiales inflamables.

- Detonación de explosivos durante la producción, almacenamiento o pruebas.
- Sobrecalentamientos debido al calor generado en canalizaciones, etc, como resultado de las corrientes circulantes.

Requerimientos para la puesta a tierra de sistemas eléctricos

A Circuitos de c.a. de menos de 50 V.

Los circuitos de corriente alterna de menos de 50 V se deben poner a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- Cuando estén alimentados por transformadores, si el sistema de suministro del transformador excede de 150 V a tierra.
- Cuando estén alimentados por transformadores si el sistema que alimenta al transformador no está puesto a tierra.
- Cuando estén instalados como conductores aéreos fuera de los inmuebles.

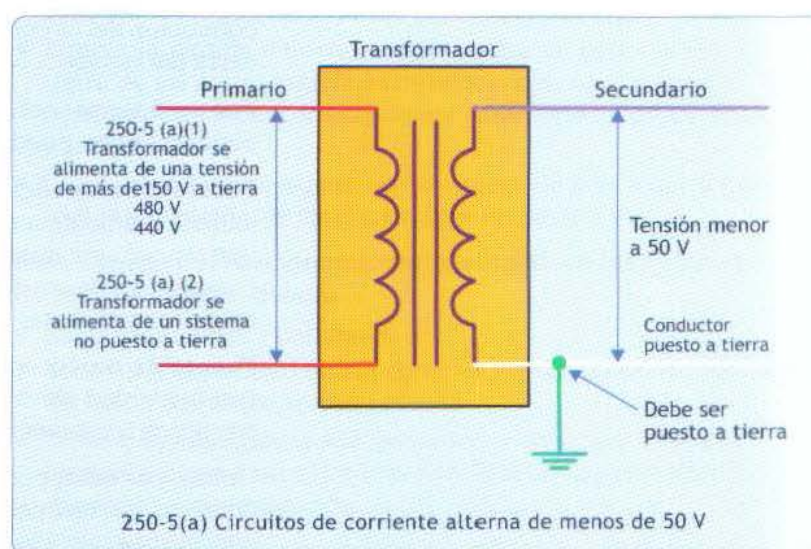


Fig. 1/7: Puesta a tierra de sistemas eléctricos de menos de 50 V.

B Sistemas de c.a. de 50 V a 1000 V.

Los sistemas de corriente alterna de 50 V a 1000 V que suministren energía a instalaciones y a sistemas de alambrado de usuarios, deben estar puestos a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- Cuando el sistema puede ser puesto a tierra de modo que la tensión eléctrica máxima a tierra de los conductores no puestos a tierra no exceda 150 V.
- Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en estrella el neutro se utilice como conductor del circuito.
- Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en delta el punto medio del devanado de una fase se utilice como conductor del circuito.
- Cuando un conductor de acometida puesto a tierra no esté aislado, según las excepciones de las secciones 230-22, 230-30 y 230-41 de la norma vigente.

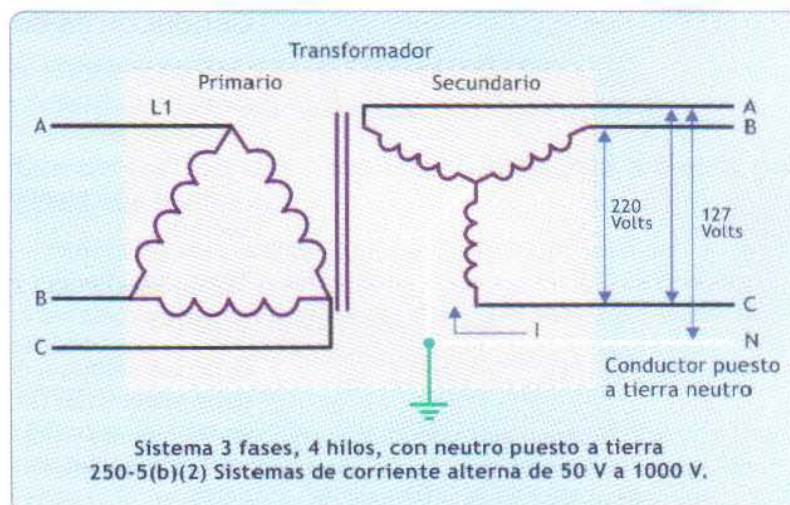


Fig. 2/7: Puesta a tierra de sistemas eléctricos de 50 V a 1000 V.

Tipos de conductores de puesta a tierra

Los siguientes tipos de conductores de puesta a tierra son los permitidos por la norma vigente:

- Un conductor de cobre u otro material resistente a la corrosión. Este conductor debe ser alambre o cable aislado, cubierto o desnudo y formar un cable o barra de cualquier forma.
- Un tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Un tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Un tubo (conduit) metálico tipo ligero.
- Un tubo (conduit) metálico flexible, si tanto el tubo (conduit) como sus accesorios están aprobados para puesta a tierra;
- La armadura de un cable de tipo AC.
- El blindaje de cobre de un cable con blindaje metálico y aislamiento mineral.
- El blindaje metálico de los conductores con blindaje metálico y los conductores de puesta a tierra que sean cables de tipo MC.
- Canalizaciones prealambradas, tal como se permite en 365-2(a).
- Otras canalizaciones metálicas con continuidad eléctrica, aprobadas para utilizarse para puesta a tierra.

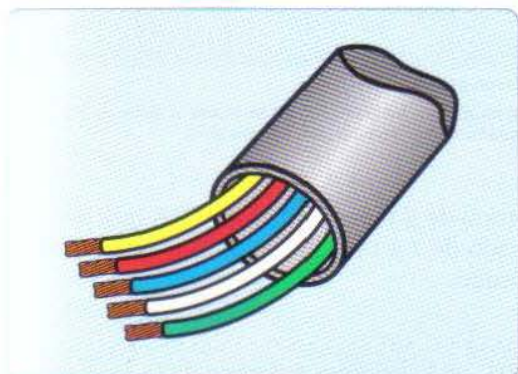


Fig. 3/7: Los conductores de un circuito eléctrico de corriente alterna siempre deben de ir juntos.

De los conductores de puesta a tierra que son aprobados por la norma vigente se observa que el soporte para cables tipo charola, no se puede utilizar como conductor de puesta a tierra, por lo que se deberá seguir los lineamientos indicados en el capítulo de soporte para cables tipo charola.

Cuando se utilicen los tubos (conduit), cables tipo AC, etc, como conductores de puesta a tierra, se deben utilizar los conectores apropiados de puesta a tierra en las terminaciones de los tubos (conduit) (contra y monitor de puesta a tierra), conectores para cable, para conducir en forma adecuada las corrientes de falla a tierra.

Es importante recalcar que los conductores de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna deben instalarse junto con los conductores de cada circuito.

Conductores de puesta a tierra en paralelo

Cuando se utilicen conductores de cobre o de aluminio de puesta a tierra para circuitos que tengan conductores en paralelo en varias canalizaciones metálicas, cable o no metálicas, se debe de instalar en cada canalización un conductor de puesta a tierra del tamaño (calibre) seleccionado de acuerdo a la tabla 250-95 de la norma vigente.

Tamaño de los conductores de puesta a tierra del equipo

El tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra del equipo se debe seleccionar de acuerdo a la tabla 250-95 de la norma vigente, en base al valor del dispositivo de protección del propio circuito eléctrico y debe ser capaz de transportar la corriente de falla a tierra.

Tabla 250-95.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño mm ² (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)
500	33,6 (2)	53,5 (1/0)
600	42,4 (1)	67,4 (2/0)
800	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
1 000	67,4 (2/0)	107 (4/0)
1 200	85,0 (3/0)	127 (250)
1 600	107 (4/0)	177 (350)
2 000	127 (250)	203 (400)
2 500	177 (350)	304 (600)
3 000	203 (400)	304 (600)
4 000	253 (500)	405 (800)
5 000	354,7 (700)	608 (1 200)
6 000	405 (800)	608 (1 200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)

Nota: Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta tabla.

Ejemplo:

Se tiene un circuito eléctrico de 5 receptáculos de 15 A que tiene un dispositivo de protección de 1 x 15 A, seleccione el conductor de puesta a tierra del circuito.

Paso 1

Se consulta la tabla 250-95, en la primera columna de la izquierda se busca 15 A y en la columna de conductor de puesta a tierra de cobre se indica el tamaño del conductor de puesta a tierra.

Paso 2

El tamaño del conductor de puesta a tierra es:

Conductor de cobre de tamaño No. 2, 08 mm² (14 AWG).

Compensación del conductor de puesta a tierra por caída de tensión.

Es importante que cuando la selección del conductor del circuito alimentador o derivado se realiza por caída de tensión, el conductor de puesta a tierra se debe compensar por caída de tensión.

Ejemplo:

En un circuito eléctrico para alimentar una carga de 150 A, a una tensión de 380 V, en tres fases, y una longitud de 100 m, con una protección de 3 x 150 A, se tienen los siguientes resultados:

Conductor por capacidad de corriente: No. 53,5 mm² (1/0 AWG)

Conductor por caída de tensión: No. 107 mm² (4/0 AWG)

Paso 1

Selección del conductor de puesta a tierra.

Se consulta la tabla 250-95 y resulta un conductor de puesta a tierra de tamaño No. 13,3 mm² (6 AWG)

Paso 2

Factor de crecimiento del conductor seleccionado por capacidad de corriente y por caída de tensión:

Factor de crecimiento de 53,5 mm² (1/0 AWG) a 107 mm² (4/0 AWG)

$$F_c = 107 \text{ mm}^2 / 53,5 \text{ mm}^2$$

$$F_c = 2$$

Paso 3

Compensación del conductor de puesta a tierra por caída de tensión.

Se aplica el factor de crecimiento al conductor de puesta a tierra:

$$\begin{aligned} \text{Conductor de puesta a tierra por caída} &= 13,3 \times 2 \\ &= 26,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Corresponde a un tamaño de 33,6 mm² (2 AWG)

Por lo tanto, se debe instalar un conductor de puesta a tierra de tamaño 33,6 mm² (2 AWG), junto con los conductores de circuito.

Conductor del electrodo de puesta a tierra

El cálculo del conductor del electrodo de puesta a tierra es en base a la sección transversal mayor de los conductores de acometida y a la tabla 250-94.

Tabla 250-94.- Conductor del electrodo de tierra de instalaciones de c.a.

Tamaño del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm ² (AWG o kcmil)		Tamaño del conductor al electrodo de puesta a tierra mm ² (AWG o kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33,6 (2) o menor	53,5 (1/0) o menor	8,37 (8)	13,3 (6)
42,4 o 53,5 (1 o 1/0)	67,4 o 85,0 (2/0 o 3/0)	13,3 (6)	21,2 (4)
67,4 o 85,0 (2/0 o 3/0)	4/0 o 250 kcmil	21,2 (4)	33,6 (2)
Más de 85,0 a 177 (3/0 a 350)	Más de 127 a 253 (250 a 500)	33,6 (2)	53,5 (1/0)
Más de 177 a 304,0 (350 a 600)	Más de 253 a 456 (500 a 900)I	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
Más de 304 a 557,38 (600 a 1100)	Más de 456 a 887 (900 a 1750)	67,4 (2/0)	107 (4/0)
Más de 557,38 (1100)	Más de 887 (1750)	85,0 (3/0)	127 (250)

Ejemplo:

Se tiene una acometida trifásica a un restaurante a 220 V, de 4 conductores de tamaño 107 mm² (4/0 AWG), cuál es el conductor del electrodo de puesta a tierra que se debe instalar?

Paso 1

Se consulta la tabla 250-94 y en la columna de tamaño del mayor conductor de entrada de acometida se busca 107 mm² (4/0 AWG), se desplaza a la columna del conductor del electrodo de puesta a tierra y se encuentra en la columna de cobre un tamaño 33,6 mm² (2 AWG).

Paso 2

Conductor del electrodo de puesta a tierra: tamaño 33,6 mm² (2 AWG) de cobre.

Varios circuitos eléctricos en una sola canalización, cable o soporte para cables tipo charola

Cuando se tienen varios circuitos eléctricos dentro de una sola canalización o en un soporte para cables tipo charola la norma vigente permite que se pueda instalar un solo conductor de puesta a tierra dentro de la canalización o en el soporte para cables tipo charola para todos los circuitos eléctricos contenidos en ellos.

Este conductor de puesta a tierra se debe seleccionar de acuerdo al dispositivo de protección mayor de los circuitos eléctricos que se encuentren en la misma canalización y realizar las derivaciones de cada circuito eléctrico de acuerdo al tamaño que le corresponde de acuerdo a la tabla 250-95.

Símbolo de puesta a tierra

El símbolo de puesta a tierra que se debe utilizar en planos eléctricos e identificación de terminales de puesta a tierra, fig. 250-119 de la norma vigente, es:



Fig. 4/7: Símbolo de puesta a tierra IEC No. 5019 de la NOM-001-SEDE-2005

Puesta a tierra aislada

La puesta a tierra aislada es importante para los circuitos eléctricos de cargas electrónicas sensibles, que requieren una puesta a tierra libre de corrientes y de tensiones inducidas para un funcionamiento adecuado.

La mayoría de las personas tiene un concepto erróneo de la puesta a tierra aislada, uno de ellos es que esta puesta a tierra debe aislarse del sistema de puesta a tierra de la instalación eléctrica y desconocen los efectos que se pueden producir cuando ocurra una falla de cortocircuito a tierra o se presente una descarga atmosférica.

También pueden ocurrir daños a los equipos si se abusa de la instalación de la puesta a tierra aislada.

La puesta a tierra es sencilla de interpretar, es instalar junto a los conductores del circuito fase, neutro, conductor de puesta a tierra, un conductor de puesta a tierra aislado, es decir, instalar un conductor con aislamiento de color verde con franja continua de color amarillo para que este conductor no tenga contacto con ninguna parte metálica para prevenir las corrientes eléctricas circulantes o la inyección de tensiones.

Un circuito eléctrico monofásico para alimentar una computadora a 127 V o 120 V, se compone de los siguientes conductores:

- Un conductor de fase.
- Un conductor neutro.
- Un conductor de puesta a tierra (nunca se debe omitir verde o desnudo).
- Un conductor de puesta a tierra aislado (verde con una franja de color amarillo).

Unión con otros sistemas de puesta a tierra

Si en la propiedad del usuario existen varios sistemas de puesta a tierra como:

- Puesta a tierra de la acometida.
- Puesta a tierra de comunicaciones.
- Puesta a tierra del sistema de protección contra descargas atmosféricas (tormentas eléctricas).
- Puesta a tierra de referencia de señal.
- Puesta a tierra de telefonía.
- Sistema de puesta a tierra de subestaciones.
- Apartarrayos, etc.

Todos estos sistemas de puesta a tierra se deben de interconectar para limitar las diferencias de potencial entre ellos.

Electrodos de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra permitidos por la norma vigente, se dividen en dos:

- Sistema de electrodos de puesta a tierra.
- Electrodos de puesta a tierra especialmente contruidos.

El sistema de electrodos de puesta a tierra está compuesto por:

- Tubería metálica subterránea para agua. Debe estar en contacto con el terreno mínimo 3 m y se le debe adicionar un electrodo de puesta a tierra especialmente construido.
- Estructura metálica del edificio, si está eficazmente puesta a tierra.
- Electrodo empotrado en concreto
- Anillo de tierra.

Electrodos de puesta a tierra especialmente contruidos

- Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos.
- Electrodos de varilla o tubería.
- Electrodos de placa, deben estar en contacto con el suelo mínimo 0,2 m²

Electrodos no permitidos

Los electrodos no permitidos son:

- Electrodos de aluminio.
- Sistema de tubería metálica subterránea para gas.

La resistencia a tierra del sistema de electrodos de puesta a tierra y de los electrodos de puesta a tierra especialmente fabricados, deben tener un valor no mayor a 25 Ω .

Para especificaciones del sistema de electrodos de puesta a tierra, de los electrodos de puesta a tierra especialmente contruidos y de la interpretación de la norma, consultar el libro de oro de puesta a tierra universal.

Cálculo del sistema de tierra de una subestación eléctrica

El cálculo del sistema de tierra para una subestación eléctrica se basa en la guía de la IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding IEEE Std 80-2000.

Este método también se estudia con más detenimiento en el libro de oro de puesta a tierra universal.

El diseño de un sistema de tierra tiene los siguientes objetivos:

- Proveer los medios para trasladar corrientes eléctricas dentro de la tierra bajo condiciones normales y de falla sin exceder los límites de operación y del equipo.
- Asegurar que las personas en la vecindad de una industria con un sistema eléctrico puesto a tierra no esté expuesta a una descarga eléctrica crítica.

Durante condiciones de falla, la corriente eléctrica circula por la tierra con lo que se producirán gradientes de potencial dentro y alrededor de la subestación.

Los ingenieros deben realizar un análisis completo del cálculo de cortocircuito a tierra, involucrando fallas como dos fases a tierra o de una fase a tierra, teniendo mucho cuidado que corriente eléctrica circulará por la malla de tierra cuando sucede un cortocircuito a tierra tanto en baja tensión, media tensión y alta tensión.

Disposiciones normativas

El sistema de tierra debe consistir de uno más electrodos conectados entre sí.

Debe tener una resistencia a tierra baja para minimizar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto (se considera un valor aceptable de 10Ω ; en terrenos de alta resistividad puede llegar a ser hasta de 25Ω).

Los sistemas de un solo electrodo deben utilizarse cuando el valor de la resistencia a tierra no exceda de 25Ω .

Para instalaciones subterráneas el valor recomendado de resistencia a tierra es de 5Ω .

Algo muy importante, es que cuando una línea aérea cruce con una cerca metálica, la cerca metálica debe ponerse a tierra en ambos extremos a una distancia sobre el eje de la cerca y no mayor a 45 m.

Para subestaciones, se indica que los sistemas de tierra deben de cumplir con lo indicado en el artículo 250 de la NOM-001-SEDE-2005 y se aclara (recomienda pero no se exige) que un método adecuado para calcular el sistema de puesta a tierra de plantas y subestaciones se puede consultar a través de la norma de referencia de C.F.E. NRF-011-CFE-2002, que se basa en la norma de IEEE-80-2000.

El cable que forme el perímetro exterior del sistema, debe ser continuo, de forma que encierre el área que proyecte el equipo de la subestación.

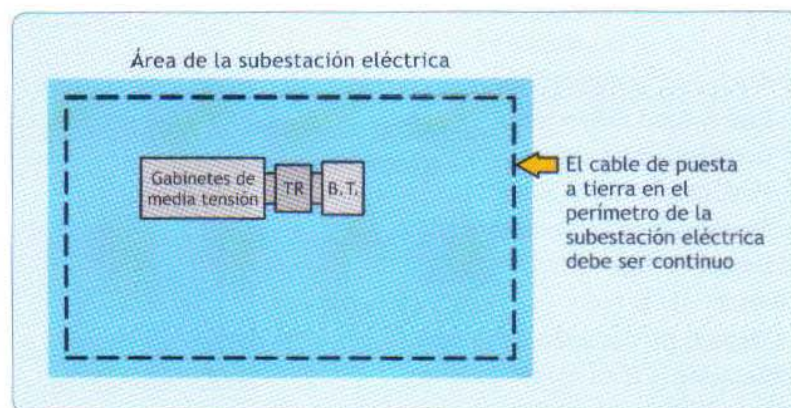


Fig. 5/7: Cable perimetral del sistema de tierra

Si se tiene una subestación tipo pedestal, con conexión estrella-estrella, se requiere que el sistema de tierra quede confinado en el área que proyecta el equipo sobre el suelo.

La resistencia del sistema de tierra debe tener un valor máximo de:

Resistencia (Ω)	Tensión eléctrica máxima (kV)	Capacidad máxima del transformador (kVA)
5	Mayor que 34.5	Mayor que 250
10	34.5	Mayor que 250
25	34.5	250

También se exige realizar pruebas periódicamente para la comprobación de los valores de la resistencia a tierra, de preferencia en época de estiaje (secas).

Cercas metálicas

Si la cerca metálica se encuentra dentro del área de la malla de tierra debe ser puesta a tierra.

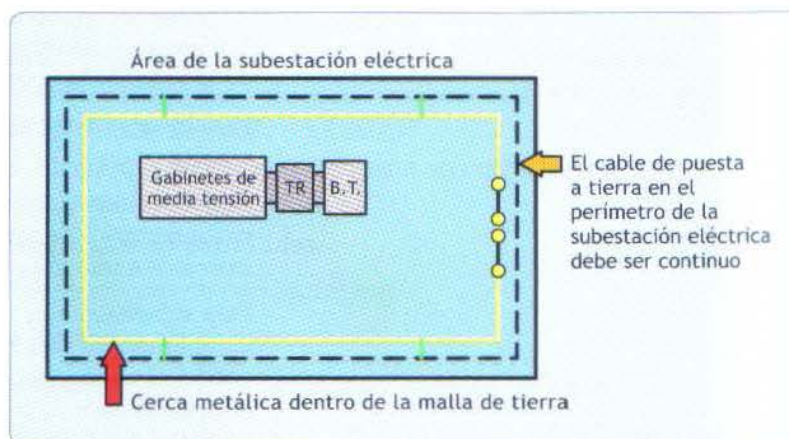


Fig. 6/7: Cerca metálica dentro del área de la malla de tierra.

Si la cerca metálica se encuentra fuera del área de la malla de tierra, debe colocarse por lo menos a 2 m del límite de la malla.

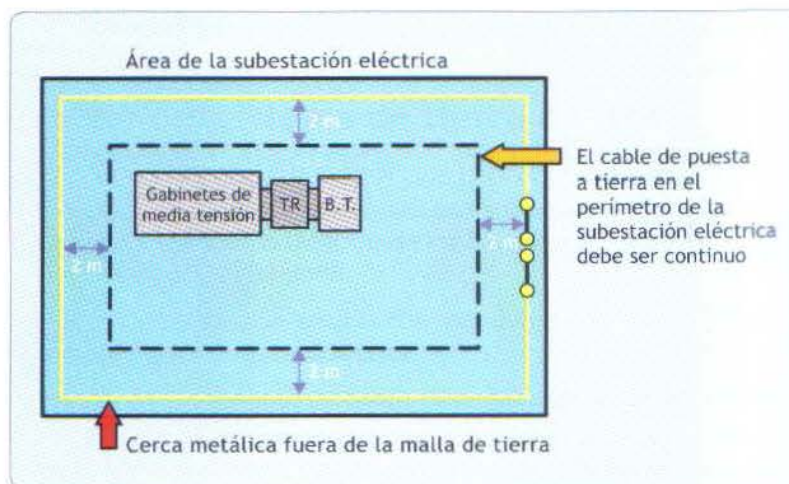


Fig. 7/7: Cerca metálica fuera del área de la malla de tierra.

Procedimiento de diseño de una malla de tierra

Los siguientes parámetros deben conocerse para iniciar el cálculo.

- 1 Corriente de falla monofásica.
- 2 Corriente de falla de diseño.
- 3 Longitud de la subestación.
- 4 Ancho de la subestación.
- 5 Resistividad del terreno.
- 6 Resistividad superficial.
- 7 Profundidad de la malla.
- 8 Espesor de la capa superficial.
- 9 Longitud de la red.
- 10 Ancho de la red.
- 11 Tiempo de duración de la falla.
- 12 Relación X/R en el bus de falla.
- 13 Longitud de las varillas de tierra.
- 14 Diámetro de las varillas de tierra.

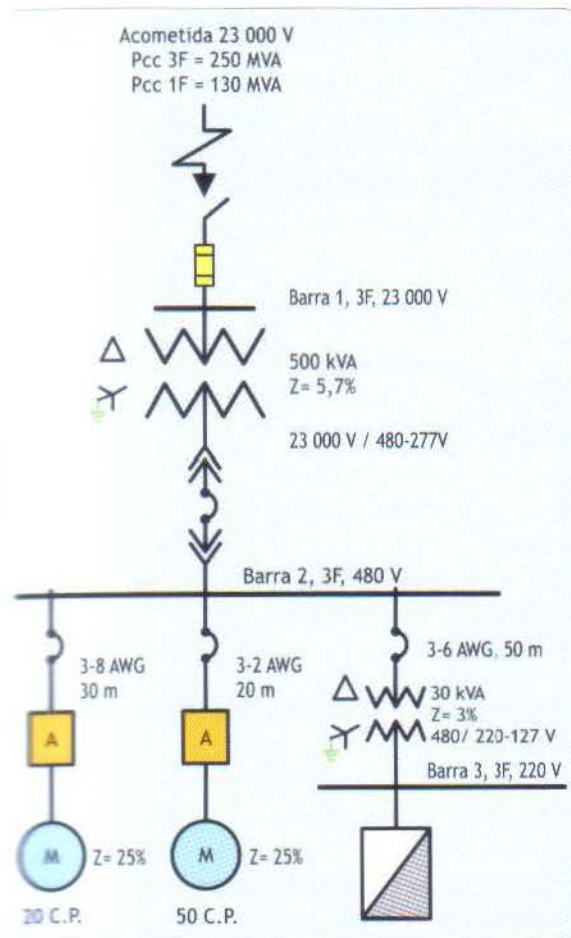


Fig. 8/7: Diagrama unifilar.

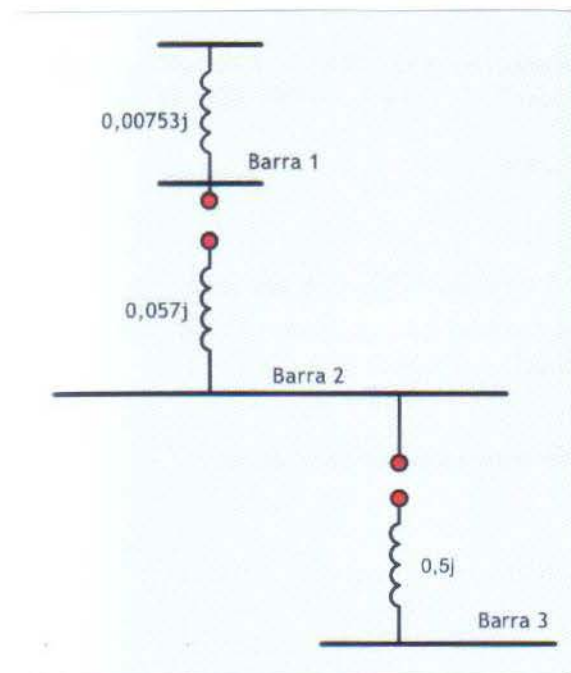


Fig. 9/7: Diagrama de reactancias de secuencia cero.

Ejemplo de cálculo de la malla de tierra de la subestación eléctrica

Primeramente se debe calcular la corriente de cortocircuito monofásico a tierra

Paso 1

Las reactancias de secuencia cero son:

$$1 \text{ Suministrador} \quad I_a = I_{cc} = 130\,000 / 1,73 \times 23 = 3\,267,15 \text{ A}$$

$$I_{base} = 500 / 1,73 \times 23 = 12,56 \text{ A}$$

$$I_{pu} = 3\,267,15 / 12,56 = 260,12 \text{ p.u.}$$

$$I_{ao} = 260,12 / 3 = 86,70$$

$$\text{De la ecuación} \quad I_{ao} = E / (X_1 + X_2 + X_3)$$

$$X_0 = E / I_{ao} - 2 X_1$$

Sustituyendo valores

$$X_0 = 1 / 86,70 - 2 \times 0,002$$

$$X_0 = 0,00753 \text{ p.u.}$$

$$2 \text{ Para el transformador de } 500 \text{ kVA} \quad X_0 = X_1 = X_2 = 0,057 \text{ p.u.}$$

$$3 \text{ Para el transformador de } 30 \text{ kVA} \quad X_0 = X_1 = X_2 = 0,50 \text{ p.u.}$$

Paso 2

Cálculo de la corriente de falla a tierra

Se elabora el diagrama de reactancias de secuencia cero.

Paso 3

Del diagrama de reactancias de secuencia cero se obtiene:

$$X_{eq} \text{ en bus } 1 \quad X_0 = 0,00753 \text{ p.u.}$$

$$I_{ao} = 1 / (2 \times 0,001995 + 0,00753) = 1 / 0,1152$$

$$I_{ao} = 86,80 \text{ p.u.}$$

$$I_a = 3 I_{ao} = 3 \times 86,80 = 260,41 \text{ p.u.}$$

$$I_{base} = 500 / 1,73 \times 23$$

$$I_a = 12,56 \times 260,41$$

$$I_a = 3\,270,83 \text{ A}$$

Una vez obtenida la corriente de falla a tierra que puede ocurrir en la subestación eléctrica, se procede a calcular la malla de tierra.

Procedimiento de cálculo de acuerdo a la norma de IEEE STD 80-2000

Datos

σ = Resistividad del terreno = 75 $\Omega \cdot m$.

I = Corriente de falla a tierra = 3 270,83 A

$$\frac{X}{R} = 10$$

t = 0,5 Seg.

Longitud de la red = 10 m

Ancho de la red = 10 m

Resistividad superficial (concreto) = 5000 $\Omega \cdot m$

Profundidad de la red = h = 0,6 m

Espesor del concreto = h_s = 0,15 m

Longitud de varillas de tierra = 3 m

Diámetro de las varillas = 0,0159 m

Diámetro conductor 4/0 AWG = 0,0134 m

Paso 1

Cálculo de la sección transversal del conductor (cobre desnudo).

1 El factor de decremento es:

$$\text{Para } \frac{X}{R} = 10 \quad t = 0,5 \text{ Seg.} \quad Df = 1,026.$$

2 El factor de proyección CP = 1,0 debido a que no existe incremento en la corriente de falla.

3 Corriente máxima de falla a tierra en la malla.

$$I_G = 3\,270,83 \times 1,026 \times 1,0$$

$$I_G = 3\,355,87 \text{ A}$$

4 La sección del conductor, si se utilizan conectores soldables de bronce $T_m = 450^\circ\text{C}$ de la tabla 2-IEEE STD-80-2000.

$$A_{CM} = I K_f / t^{1/2}$$

$$A_{CM} = 3\,355,87 \times 7,06 / 0,5$$

$$A_{CM} = 17\,751,52 \text{ cmil}$$

$$A_{KCM} = 17,751 \text{ kcmil}$$

Resulta tamaño 13,3 mm² (6 AWG) = 26 240 cmil.

Por la resistencia mecánica se utilizará el tamaño 107 mm² (4/0 AWG) (211,6 kcmil) con diámetro.

$$d = 0,0134 \text{ m.}$$

Cálculo del factor de reducción del valor de σ

Factor de reflexión

$$K = \frac{75 - 5000}{75 + 5000} = -0,9704$$

Factor de reducción:

$$C_s = 1 - \frac{0,09 (1 - \sigma / \sigma_s)}{2hs + 0,09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0,09 (1 - 75 / 5000)}{2 \times 0,15 + 0,09} = 1 - \frac{0,08951}{0,39}$$

$$C_s = 0,7726$$

Paso 2

Cálculo de los potenciales tolerables de paso y contacto.

$$E_{PASO} = (1000 + 6 C_s C_s) 0,157 / \sqrt{ts}$$

$$E_{PASO} = (1000 + 6 \times 0,7726 \times 5000) \times 0,157 / \sqrt{0,5}$$

$$E_{PASO} = (1000 + 23\,178) 0,222$$

$$E_{PASO} = 5\,368,32 \text{ V.}$$

$$E_{CONTACTO} = (1000 + 1,5 C_s C_s) 0,157 / \sqrt{ts}$$

$$E_{CONTACTO} = (1000 + 1,5 \times 0,7726 \times 5000) 0,222$$

$$E_{CONTACTO} = (1000 + 5\,794,5) 0,222$$

$$E_{CONTACTO} = 1\,508,60 \text{ V.}$$

Paso 3

Diseño inicial de la malla de tierra

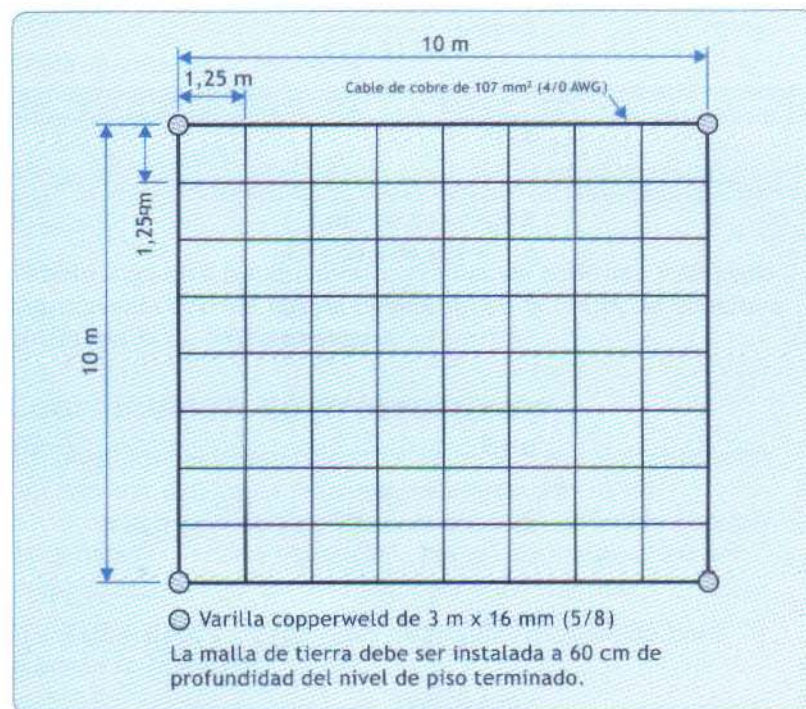


Fig. 10/7: Malla de tierra.

Paso 4

Determinación de la resistencia de la malla.

$$L_T = 18 \times 10 + 4 \times 3$$

$$A = 10 \times 10 = 100 \text{ m}^2.$$

$$L_T = 192 \text{ m.}$$

$$R_g = \sigma \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20} A} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{20} / A} \right) \right]$$

$$R_g = 75 \left[\frac{1}{192} + \frac{1}{\sqrt{20} \times 100} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,6 \sqrt{20} / 100} \right) \right]$$

$$R_g = 75 [0,0052 + 0,03999]$$

$$R_g = 3,38 \Omega.$$

Paso 5

Se revisa el GPR.

$$GPR = I_G \times R_g.$$

$$GPR = 3\,355,87 \times 3,38$$

$$GPR = 11\,342,84 \text{ V.}$$

El GPR = 11 342,84 V es mayor que $E_{\text{CONTACTO}} = 1\,508,60 \text{ V}$, por lo tanto se debe evaluar el diseño.

Paso 6

Cálculo de potencial de toque

$$E_{\text{TOQUE}} = \frac{\sigma I_G K_m K_i}{LC + LR}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{D^2}{16 h d} + \frac{(D+2h)^2}{8 d h} - \frac{h}{4d} \right) + (K_{ii} / kh) \ln \left(\frac{8}{3,14 \times (2n - 1)} \right) \right)$$

$K_{ii} = 1$ Con varillas.

$n = n_a \times n_b \times n_c \times n_d$.

$$n_a = \frac{2 L_c}{L_p} = \frac{2 \times 180}{40} = 9$$

$$n = 9 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$n = 9$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}} = \sqrt{1 + \frac{0,6}{1}} = 1,2649$$

$$K_m = \frac{1}{6,2832} \left(\ln \frac{1,25^2}{16 \times 0,6 \times 0,0134} + \frac{(1,25 + 2 \times 0,6)^2}{8 \times 1 \times 0,0134} - \frac{0,6}{4 \times 0,0134} \right) + \frac{1}{1,2649} \ln \left(\frac{8}{\pi(2 \times 9 - 1)} \right)$$

$$K_m = 0,3693$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 n$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \times 9$$

$$K_i = 1,976$$

$$E_{\text{TOQUE}} = \frac{75 \times 3355,87 \times 0,3693 \times 1,976}{192} = \frac{183\,667,63}{192}$$

$$E_{TOQUE} = 956,60 \text{ V}$$

Cálculo del potencial de paso

$$ES = \frac{\sigma I_G K_S K_i}{0,75 LC + 0,85 LR}$$

$$K_S = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{h^2}) \right)$$

$$K_S = \frac{1}{3,1416} \left(\frac{1}{2 \times 0,6} + \frac{1}{1,25 + 0,6} + \frac{1}{1,25} (1 - 0,5^{9/2}) \right)$$

$$K_S = 0,3183 (0,8333 + 1,3333 + 1 / 1,25 (1 - 0,5^7))$$

$$K_S = 0,9422$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 n$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \times 9$$

$$K_i = 1,976$$

$$E_{PASO} = \frac{75 \times 3355,87 \times 0,9422 \times 1,976}{0,75 \times 180 + 0,85 \times 12}$$

$$E_{PASO} = 468\,593,68 / 145,2$$

$$E_{PASO} = 3\,227,22 \text{ V}$$

Paso 7

Comparación de potenciales

Potenciales tolerables		Comparación	Potenciales en malla	
Contacto	1508,60	>	956,60	Contacto
Paso	5368,32	>	3 277,22	Paso

Paso 8

Debido a que los potenciales tolerables de contacto y de paso son mayores que los que se presentan en la malla, se concluye que la malla de tierra es segura.

Coordinación de protecciones

Los objetivos del sistema eléctrico de protección y coordinación son prevenir daño a las personas, minimizar daño a los componentes del sistema y limitar la duración de la interrupción del servicio cuando el equipo falla por un error humano o por eventos de la naturaleza sobre una parte del sistema.

El sistema eléctrico deberá ser diseñado y mantenido para protegerse asimismo.

La prevención al daño humano es el objetivo más importante del sistema de protección.

Los dispositivos de protección deben tener una capacidad de interrupción adecuada y las partes energizadas deben estar encerradas o aisladas para que no estén expuestas a las personas en caso de explosión, fuego, arqueo o descarga eléctrica.

Hay que recordar que la seguridad es prioritaria sobre la continuidad del servicio, daños de equipos o daños económicos.

En la norma vigente están adheridos estos principios de seguridad.

La coordinación es la selección o ajuste, o ambos, de los dispositivos de protección para aislar la parte del sistema eléctrico cuando ocurren anomalías.

Las principales anomalías contra las que hay que proteger al sistema eléctrico son:

- Cortocircuitos, ocasionados por una falla de aislamiento debido a exceso de humedad, daño mecánico al equipo eléctrico y por una falla del equipo debido a abusos o sobrecargas.

Los cortocircuitos pueden ser entre dos conductores de fase, entre todas las fases o entre una fase o fases y tierra

El cortocircuito:

- Puede ser sólido o a través de una impedancia.
- Puede involucrar un arco con una alta impedancia.
- Puede o no puede extinguirse por sí mismo.
- Sobrecargas, por conectar equipos más grandes o adicionar más equipo. Pueden también ser ocasionadas por una instalación o mantenimiento inadecuado o no seguir los procedimientos de operación, éstas se pueden presentar en el arranque, períodos de aceleración y ventilación obstruida.

Otras fuentes de anomalías, pueden ser las descargas atmosféricas.

Para aislar los cortocircuitos y las sobrecargas se requiere de la aplicación de los dispositivos de protección que sensen cuando una corriente anormal circule. Estos dispositivos deben remover la zona afectada del sistema.

Hay tres tipos de dispositivos fundamentales diseñados para detectar sobrecorrientes:

- Relevadores.
- Interruptores automáticos.
- Fusibles.

Los relevadores son dispositivos instalados en el sistema para detectar problemas y complementar el circuito eléctrico, se asocian con interruptores automáticos o con contactores.

Los fusibles sensan y son dispositivos de interrupción, son conectados en serie con el circuito y actúan a efectos térmicos producidos cuando la corriente circula a través de él. El fusible es diseñado para abrir en un tiempo predeterminado dependiendo de la cantidad de corriente que circule.

Los fusibles pueden ser: limitadores de corriente o no limitadores de corriente.

Los fusibles no son recuperables, su elemento es consumido cuando interrumpe una corriente anormal.

Los interruptores automáticos son dispositivos de interrupción solamente y se utilizan en conjunto con dispositivos sensibles para una función de detección completa.

Los sensores conectados en serie pueden ser térmicos o magnéticos.

Curvas características tiempo-corriente

La intención de las curvas es mostrar la relación entre varios valores de sobrecorriente y algunas funciones de apertura del fusible, las corrientes se representan en la parte baja de la curva. Los valores de tiempo son normalmente indicados en la parte vertical.

Diseño preliminar

El ingeniero de un sistema eléctrico deberá determinar:

- Los requerimientos de la carga.
- La corriente de cortocircuito que se presentará en caso de que pudiera ocurrir una falla.
- Los ajustes y las curvas tiempo-corriente.

La coordinación de protecciones es una aplicación sistemática de la corriente con la que actúan los dispositivos de protección en un sistema eléctrico, los cuales responden a una falla o a una sobrecarga, removiendo solamente una cantidad mínima de equipo del servicio.

El estudio de coordinación de protecciones de un sistema eléctrico consiste en organizar el estudio de las curvas tiempo-corriente de todos los dispositivos en serie desde los equipos a la fuente.

El objetivo de la coordinación de protecciones es determinar las características, rangos, y ajustes de los dispositivos de protección contra sobrecorriente que aseguren que cuando exista una falla mínima en la carga se interrumpa cuando los dispositivos de protección aislen la falla o la sobrecarga.

Consideraciones primarias

Corrientes de cortocircuito. Se debe tener la siguiente información:

- Corriente de cortocircuito máxima y mínima momentánea (primer ciclo).
- Corriente de cortocircuito máxima y mínima (5 ciclos a 2 seg).
- Corriente de falla a tierra máxima y mínima.

Las corrientes momentáneas máximas y mínimas se utilizan para determinar las corrientes máximas y mínimas a las cuales los dispositivos responden para disparar en forma directa.

Coordinación de los intervalos de tiempo. Cuando se grafican las curvas para la coordinación se debe mantener ciertos intervalos de tiempo entre las curvas de varios dispositivos de protección en orden para asegurar la operación secuencial correcta de los dispositivos.

Cómo construir las curvas.

Una curva ordinaria de coordinación considera un tiempo de 0 seg, el cual es considerado como el tiempo en que ocurre la falla.

Una curva de coordinación es el arreglo de la región debajo y la zona en el lado izquierdo de la curva, es la zona de no operación.

Las curvas del relevador de protección son usualmente representadas por una sola línea.

Las curvas de disparo del interruptor automático incluyen el tiempo de operación, y tiempo de disparo, y son representadas por bandas.

Las bandas representan los límites del tiempo máximo y mínimo a las corrientes seleccionadas durante las cuales la interrupción del circuito es esperada.

Ejemplo de coordinación de protecciones

El interruptor automático No. 1, tiene la capacidad interruptiva adecuada para interrumpir un cortocircuito cuando se presente en el punto B.

El interruptor automático No. 2 debe tener la característica de no abrir cuando ocurra un cortocircuito en el punto B, pero si ocurre un cortocircuito en el punto A, el interruptor No. 2 debe abrir.

De acuerdo a la explicación anterior, se dice que existe una coordinación entre el interruptor automático No. 1 y el interruptor automático No. 2.

Para mayor comprensión de la coordinación de protecciones es recomendable utilizar las curvas características tiempo-corriente, las cuales se obtienen de los fabricantes; estas curvas se comparan gráficamente.

En la figura 12/7 se muestra la curva característica de disparo del interruptor automático No. 1, que tiene una característica de tiempo largo e instantáneo. La curva tiene una banda considerablemente ancha, la cual se conoce como zona de operación.

El interruptor No. 2 debe tener la capacidad de conducir una corriente mayor que la que conducen los interruptores derivados.

Para el ejemplo se considera que puede manejar 3 veces más que la del interruptor No. 1.

Caso 1

Si los interruptores automáticos 1 y 2 tienen características similares, se trazan las curvas en la misma gráfica.

En la figura 13/7 se observa que la curva del interruptor automático No. 2, se sobrepone en dos puntos con la curva del interruptor automático No. 1.

- A** Se sobrepone primero la región de disparo retardado entre los puntos de 4 a 10 veces la corriente.
- B** Se sobrepone en la zona de disparo instantáneo mayor a 40 veces la corriente del interruptor automático No. 1

Estos traslapes pueden ocasionar que el interruptor automático No. 2 dispare en falso cuando ocurren fallas en el punto "B". Para evitar que esto suceda, los interruptores automáticos No. 1 y No. 2 se deben de coordinar, para ello, la curva del interruptor automático No. 2 debe quedar arriba y a la derecha de la curva del interruptor automático No. 1.

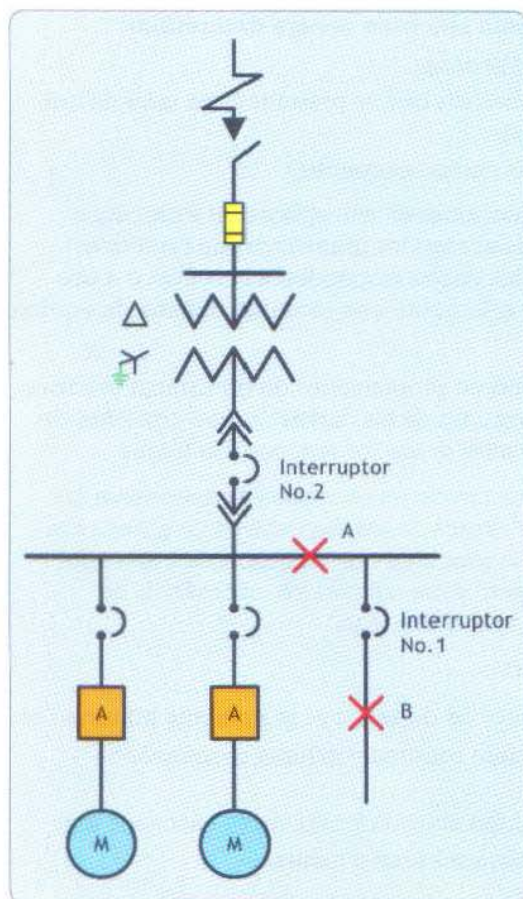


Fig. 11/7: Ejemplo de coordinación de protecciones.

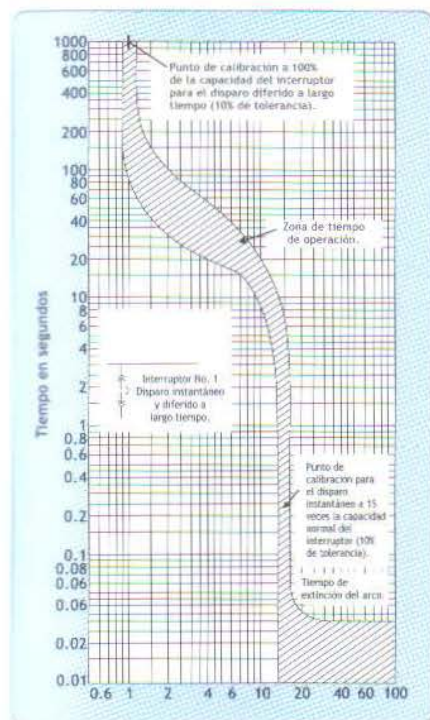


Fig. 12/7: Figura del interruptor automático No. 1.

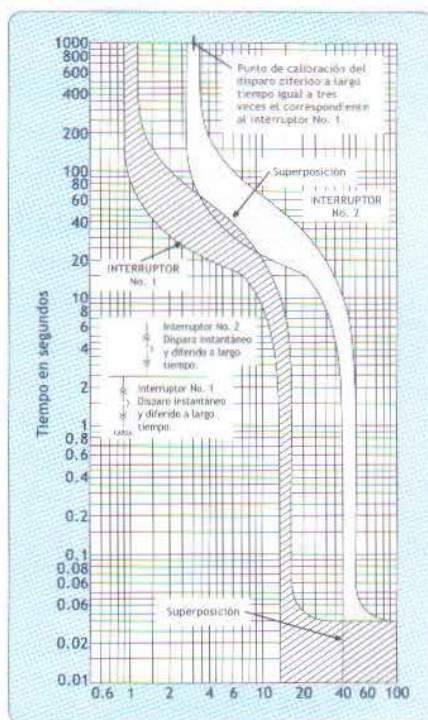


Fig. 13/7: Figura de traslape de los interruptores automáticos No. 1 y No. 2.

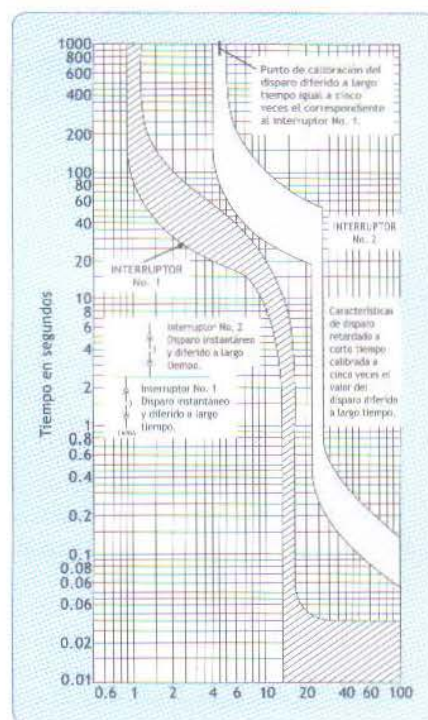


Fig. 14/7: Desplazamiento del interruptor No. 2 con respecto al interruptor No. 1.

Para obtener la coordinación de las protecciones, se altera la característica de disparo del interruptor automático No. 2, seleccionando un interruptor automático con capacidad de corriente mayor que la del interruptor automático No. 1.

En la figura 14/7 se muestra que la curva del interruptor No.2 es 5 veces mayor que la del interruptor automático No. 1, y esta curva del interruptor automático No. 2 es desplazada a la derecha.

El interruptor automático No. 2 se debe seleccionar en base a la corriente del lado secundario del transformador, lo que significa que el interruptor automático No. 1 es más pequeño.

La sobreposición de las curvas en la zona de disparo instantáneo, no puede ser eliminada al desplazar el disparo instantáneo hacia la derecha, pero sí se puede eliminar seleccionando una característica de disparo con retardo a corto tiempo en lugar del disparo instantáneo bajo corrientes de fallas altas.

El resultado se muestra en la figura, donde se observa que al ocurrir una falla en el punto "B" el interruptor automático No. 2 va a permitir que el interruptor No. 1 dispare antes que él.

En caso de que el interruptor automático No. 1 no dispare, el interruptor automático No. 2 disparará por respaldo.

Instalaciones eléctricas de más de 600 V

Acometidas de más de 600 V

Los conductores de entrada de acometida no deben ser menores al tamaño 13,3 mm² (6 AWG), excepto en cables multiconductores.

Métodos de alambrado

• En instalaciones eléctricas sobre el nivel de piso

Se debe utilizar cualquiera de los siguientes métodos:

- Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Tubo (conduit) no metálico rígido.
- Soporte para cables tipo charola.
- Ducto con barras (electroducto).
- Ducto con cables.
- Canalizaciones adecuadas.
- Trayectorias abiertas de cable con cubierta metálica.

Cuando existan lugares accesibles solamente a personal calificado, se pueden instalar cables tipo media tensión en trayectorias abiertas, conductores desnudos o barras desnudas.

• En instalaciones eléctricas subterráneas

- Se permite que se instalen directamente enterrados, si están aprobados e identificados para su uso.
- Los cables de más de 2000 V deben tener pantalla.
- La pantalla, cubierta o armadura metálica debe ser puesta a tierra.
- No se permite que se instalen directamente enterrados en la vía pública.
- Se pueden instalar en canalizaciones.

Los cables sin pantalla pueden instalarse en:

- Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Tubo (conduit) no metálico rígido embebido en concreto con un espesor mínimo de 76 mm.

La profundidad mínima de instalación se indica en la tabla 710-4 (b) de acuerdo a la tensión eléctrica del circuito.

Tabla 710-4(b). Profundidad mínima de enterrado (mm)*

Tensión eléctrica Del Circuito	Cables Directamente Enterrados**	Tubo (conduit) no metálico	Tubo (conduit) metálico
Más de 600 V a 22 kV	750	450	150
Más de 22 kV a 40 kV	900	600	150
Más de 40 kV	1100	750	150

* La profundidad mínima es la distancia en mm más corta, medida desde un punto en la superficie superior de cualquier conductor directamente enterrado, cable, tubo (conduit), u otra canalización hasta la superficie exterior del piso terminado, concreto o recubrimiento similar.

** Aprobados como adecuados para enterrarse directamente sin estar embebidos. Todos los demás sistemas no-metálicos requieren una protección de 50 mm de espesor de concreto o un material equivalente sobre el tubo (conduit), además de la profundidad indicada en la tabla.

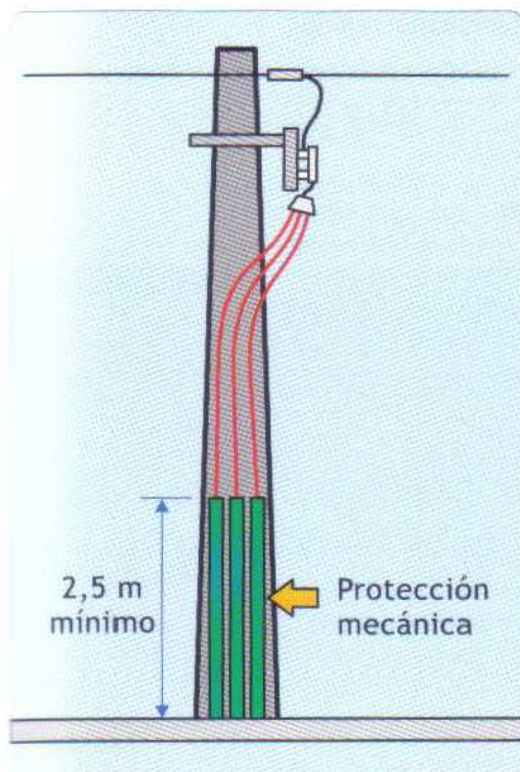


Fig. 15/7: Protección mecánica de conductores que salen del suelo.

Protección contra daños

Los conductores que salen del suelo deben tener una protección. Las canalizaciones instaladas en postes deben ser:

- Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Tubo (conduit) de PVC cédula 80 y deben tener una altura mínima de 2,5 m por encima del nivel de piso.

Empalmes

Se permite realizar empalmes en cables directamente enterrados siempre y cuando se utilicen materiales aprobados, deben ser herméticos al agua y estar protegidos contra daño mecánico.

Relleno

Cuando se rellene la excavación después de la instalación no se deben utilizar materiales con residuos de pavimento, escorias, materiales grandes o con bordes cortantes o sustancias corrosivas.

Sello de canalizaciones

Cuando una canalización entre a un edificio desde un sistema subterráneo, se debe sellar en extremo de la entrada del edificio con un compuesto adecuado que evite que entre la humedad o gases.

Pantalla sobre el aislamiento

Se deben poner a tierra los componentes metálicos de las pantallas como cintas, alambres o mallas o combinación de ellas.

Cruce de calles y acceso a edificios

Cuando las canalizaciones atraviesen muros de edificaciones, cimentaciones o calles, se debe instalar un conducto de reserva por cada circuito.

Acometidas de más de 15 000 V

Cuando la acometida tenga una tensión entre conductores mayor a 15 000 V, se debe realizar a través de cubiertas metálicas o en una bóveda de transformadores.

Radios de curvatura

Los conductores no deben doblarse con radios menores a:

- Conductores sin pantalla: 8 veces el diámetro exterior del conductor.
- Conductores con pantalla o cubierta de plomo: 12 veces el diámetro exterior del conductor.

Calentamiento por inducción

Cuando se utilicen canalizaciones metálicas los conductores asociados se deben de colocar de manera que se evite el calentamiento de la canalización.

Puesta a tierra

El alambrado y la instalación de los equipos deben ponerse a tierra.

Líneas aéreas en baja, media y alta tensión

Altura de conductores y partes vivas de equipo, sobre el suelo, agua y vías férreas

Es la altura mínima en que deben de instalarse los conductores desnudos y cables aislados de líneas aéreas con respecto al suelo, agua y vías férreas.

En la tabla 922-41 se establecen estas distancias.

Tabla 922-41.- Altura mínima de conductores sobre el suelo, agua o vías férreas (m)(1)

Superficie bajo los conductores	Cables para retenidas, mensajeros, guarda o neutros(2)	Conductores para comunicación		Conductores suministradores					
				Aislados		Línea abierta		Trolebuses, trenes eléctricos y sus mensajeros	
		Aislados	Desnudo	Hasta 750 V	Mayor que 750 V	Hasta 750 V	Mayor que 750 V a 22 kV	Hasta 750 V (4)	Mayor que 750 V a 22 kV
Vías férreas (excepto trenes eléctricos)	7,2	7,2	7,3	7,3	7,5	7,5	8,1	6,7	6,7
Con tránsito de vehículos(7) (8) o maquinaria agrícola	4,7	4,7	4,9	4,9	5,0	5,0	5,6	5,5	6,1
Sin tránsito de vehículos	2,9	2,9	3,6	3,6 (6)	3,8	3,8	4,4	4,9	5,5
Aguas sin navegación	4,0	4,0	4,4	4,4	4,6	4,6	5,2	--	--
Aguas navegables(9)	Incluyendo(10) ríos, lagos, presas y canales con un área sin obstrucción. Donde exista navegación con botes de vela aumentar 1,5 m								
a. Hasta 8 ha	5,3	5,3	5,5	5,5	5,6	5,6	6,2	--	--
b. Mayor a 8 hasta 80 ha	7,8	7,8	7,9	7,9	8,1	8,1	8,7	--	--
c. Mayor a 80 hasta 800 ha	9,6	9,6	32,0	32,0	9,9	9,9	10,5	--	--
d. Más de 800 ha	11,4	11,4	11,6	11,6	11,7	11,7	12,3	--	--

Notas:

- (1) Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no conectados efectivamente a tierra y de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra y para otros circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas con interruptor automático.
- (2) Los conductores neutros a que se refiere esta columna son los descritos en 922-4(d).
- (4) En pasajes subterráneos, túneles o puentes, puede reducirse la altura sobre el piso o vías, indicada en esta columna.
- (6) Esta altura puede reducirse a 3,0 m para los cables aislados con tensión eléctrica hasta de 150 V a tierra, localizados a la entrada de edificios.
- (7) Para conductores de comunicación, aislados o los descritos en la nota 2, cuando crucen o su trayectoria sea a lo largo de callejones, entradas a cocheras o estacionamientos, esta altura puede reducirse a 4,5 m.
- (8) Estas alturas no consideran los posibles cambios de nivel de la superficie de carreteras, calles, callejones, entre otros, debidos a mantenimiento.
- (9) La altura de los conductores sobre el nivel del agua debe basarse en el más alto nivel histórico que haya alcanzado el agua. La altura sobre ríos y canales debe basarse en el área más grande que resulte de considerar una longitud de 1 600 m de río o canal, que incluya al cruce.
- (10) En cruzamientos sobre aguas navegables, se debe tener en cuenta, además, lo establecido en la reglamentación en materia de navegación.

Cuando se tengan tensiones mayores de 50 kV la altura básica se debe incrementar 1,0 cm por cada kV en exceso de 50 kV.

Altura mínima de partes vivas de equipo instalado sobre estructuras

La altura mínima de partes vivas no protegidas de equipo sobre el suelo es la que se indica en la tabla 922-43

Tabla 922-43.- Altura sobre el suelo de partes vivas de equipo instalado en estructuras (m)(1)

Superficie bajo las partes energizadas	Equipo efectivamente conectado a tierra	Equipos no puestos a tierra conectados a circuitos		Partes vivas rígidas no protegidas	
		Hasta 750 V	Mayor que 750 V a 22 kV	Hasta 750 V	Mayor que 750 V a 22 kV
1. Carreteras, calles, callejones y caminos vecinales, así como terrenos sujetos al paso de vehículos de cualquier tipo	4,6	4,9	5,5	4,9	5,5
2. Espacios no transitados por vehículos	4,45(2)	4,45	4,45	4,45	4,45

Notas:

- (1) Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no conectados efectivamente a tierra y de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra y para otros circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas con interruptor automático.
- (2) Esta altura puede reducirse a 3,0 m para las partes vivas y puntas de cables aislados como los descritos en la Sección 922-4(b)(2) y 922-4(b)(3), de hasta 150 V a tierra, localizadas a la entrada de edificios.

Para tensiones eléctricas mayores a 22 kV, la altura mínima debe incrementarse 1,0 cm por cada kV en exceso de 22 kV.

Separación de conductores a edificios y otras construcciones excepto puentes

Cuando los edificios sean de más de 3 pisos o de 15 m de altura, se recomienda que se deje un espacio de 1,80 m entre el conductor más cercano y el edificio, con la finalidad de facilitar la colocación de escaleras en caso de incendio.

La separación de los conductores a la superficie de los edificios y otras construcciones como anuncios, chimeneas, antenas y tanques de almacenamiento de agua, se indica en la tabla 922-54.

Tabla 922-54.- Separación de conductores a edificios y otras construcciones excepto puentes (m)(1).

Separaciones	Retenidas, mensajeros, cables de guarda y neutros(2)	Conductores de comunicación		Conductores suministradores				Partes vivas rígidas sin protección	
		Aislados	Sin aislar	Aislados		Línea abierta			
De 0 a 750 V	Más de 750 V			De 0 a 750 V	Más de 750 V a 22 kV	De 0 a 750 V	Más de 750 V a 22 kV		
En edificios									
Horizontal									
A paredes	1,40	1,40	1,50	1,40	1,70(3)	1,70(3)	2,30(4)	1,50	2,00 (4)
A ventanas	1,40	1,40	1,50	1,40	1,70(3)	1,70(3)	2,30(4)	1,50	2,00
A balcones y áreas accesibles a personas (5)	1,40	1,40	1,50	1,40	1,70	1,70	2,30	1,50	2,00
Vertical									
Arriba o abajo de techos y salientes no accesibles a personas (5)	0,90	0,90	3,0	0,90	3,2	3,2	3,8	3,0	3,6
Balcones, arriba o abajo de techos y salientes accesibles a personas (5)	3,2	3,2	3,4	3,2	3,5	3,5	4,1	3,4	4,0
Sobre techos accesibles a automóviles	3,2	3,2	3,4	3,2	3,5	3,5	4,1	3,4	4,0
Sobre techos accesibles a vehículos para carga	4,7	4,7	4,9	4,7	5,0	5,0	5,6	4,9	5,5
Anuncios, chimeneas, antenas y tanques con agua									
Horizontal	0,90	0,90	1,50	0,90	1,70(3)	1,70(3)	2,30(4)	1,50	2,00(4)
Vertical (arriba o abajo)	0,90	0,90	1,70	0,90	1,80	1,80	2,45	1,70	2,30

Notas:

- (1) Las tensiones son de fase a tierra para circuitos puestos a tierra y entre fases para circuitos no conectados a tierra.
- (2) Los conductores neutros a que se refiere esta columna son los descritos en 922-4(d). Los cables eléctricos aislados son los descritos en la Sección 922-4(b)(1) de cualquier tensión, así como los descritos en la Sección 922-4(b)(2) y 922-4(b)(3), en tensiones de 0 a 750 V.
- (3) Cuando el espacio disponible no permita este valor, la separación puede reducirse a un mínimo de 1,0 m.
- (4) Cuando el espacio disponible no permita este valor, la separación puede reducirse a un mínimo de 1,50 m. En esta condición el claro interpostal máximo debe ser de 50 m.
- (5) Un techo, balcón o área es considerada accesible a personas, si el medio de acceso es a través de una puerta, rampa o escalera permanente.
- (6) Ver figura 922-54.

Cuando la separación indicada en la tabla 922-54 no pudiera obtenerse, los conductores eléctricos deben de aislarse para la tensión eléctrica de operación.

Separación de conductores a puentes.

Los conductores que pasen abajo, arriba o cerca de un puente, deben tener una separación vertical y horizontal no menor a lo indicado en la tabla 922-55

Tabla 922-55.- Separación de conductores suministradores a puentes (m)(1)

Separaciones	Conductores de comunicación no aislados	Conductores suministradores				Partes vivas rígidas no protegidas	
		Aislados		Línea abierta			
		0 a 750 V(2)	Más de 750 V	Hasta 750 V(2)	Más de 750 V a 22 kV	Hasta 750 V	Más de 750 a 22 kV
Separación sobre puentes(3)							
Fijos al puente	0,90	0,90	1,07	1,07	1,70	0,90	1,50
No fijos al puente	3,0	3,0	3,2	3,2	3,80	3,0	3,6
Separación lateral, abajo o dentro de la estructura del puente							
a. Partes del puente accesibles, incluyendo salientes y paredes.(3)							
Fijos al puente	0,90	0,90	1,07	1,07	1,70	0,90	1,50
No fijos al puente	1,50	1,50	1,70	1,70	2,30	1,50	2,00
b. Partes del puente(4) no accesibles							
Fijos al puente	0,90	0,90	1,07	1,07	1,70	0,90	1,50
No fijos al puente	1,20	1,20	1,40	1,40	2,00	1,20	1,80

Notas:

(1) Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no conectados efectivamente a tierra y de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra y para otros circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas con interruptor automático.

(2) Los cables aislados a que se refiere este renglón son los descritos en 922-4(b)(2) y (b)(3), y los conductores neutros son los descritos en (d) de la misma Sección.

(3) Cuando la línea esté sobre lugares transitados, ya sea encima o cerca del puente, se aplican también los requisitos indicados en 922-40.

(4) Los apoyos de puentes de acero, hechos sobre pilares de ladrillo, concreto o mampostería, que requieran acceso frecuente para inspección, deben considerarse como partes fácilmente accesibles.

Sistema de protección contra descargas atmosféricas**Cómo asegurar casas de los relámpagos**

"He complacido a Dios en su calidad de preservar a la humanidad, al punto de descubrir los medios para asegurar sus habitaciones y otros edificios de los daños de la tormenta y el relámpago. El método es este: Proporcionar una varilla pequeña de acero (puede ser hecha de barra-acero usado por los fabricantes de clavos) pero con una longitud, que un extremo esté 0,90 m o 1,20 m, dentro de la tierra húmeda, el otro puede estar 1,80 m u 2,40 m, sobre la parte más alta del edificio.

El extremo superior de la varilla sujetar alrededor de un pie de alambre de cobre, el tamaño de una punta-aguja común, afilado a un punto fino; la varilla se puede asegurar a la casa por algunas grapas pequeñas.

Si la casa o el granero son largos, puede colocarse una varilla en un punto en cada extremo, y un alambre a lo largo del techo de una a otra. Así, una casa equipada no será dañada por los relámpagos, siendo atraídos por los puntos, y pasando a través del metal adentro de la tierra sin hacer daño a nada. Los recipientes también, teniendo una varilla puntiaguda sujeta en la parte superior de sus torres, con un alambre al pie de la barra que se localiza abajo, alrededor de una de las cubiertas, al agua, no serán dañados por el relámpago".

B. Franklin (1753)



Fig. 16/7: Tipos de rayos

En el estudio de los tipos de descarga atmosférica es importante resaltar que existen 4 tipos:

- Rayo que baja con carga negativa
- Rayo que sube con carga positiva
- Rayo que baja con carga positiva
- Rayo que sube con carga negativa

Mecanismo del Rayo

En la fig. 17/7 se observa que en la nube comienza a cargarse y tiene una carga de miles de Coulombs, el total del rayo termina en un relámpago con una duración típica de la mitad de un segundo.

El rayo líder comienza y es el primero en regresar después de propagarse hacia la tierra.

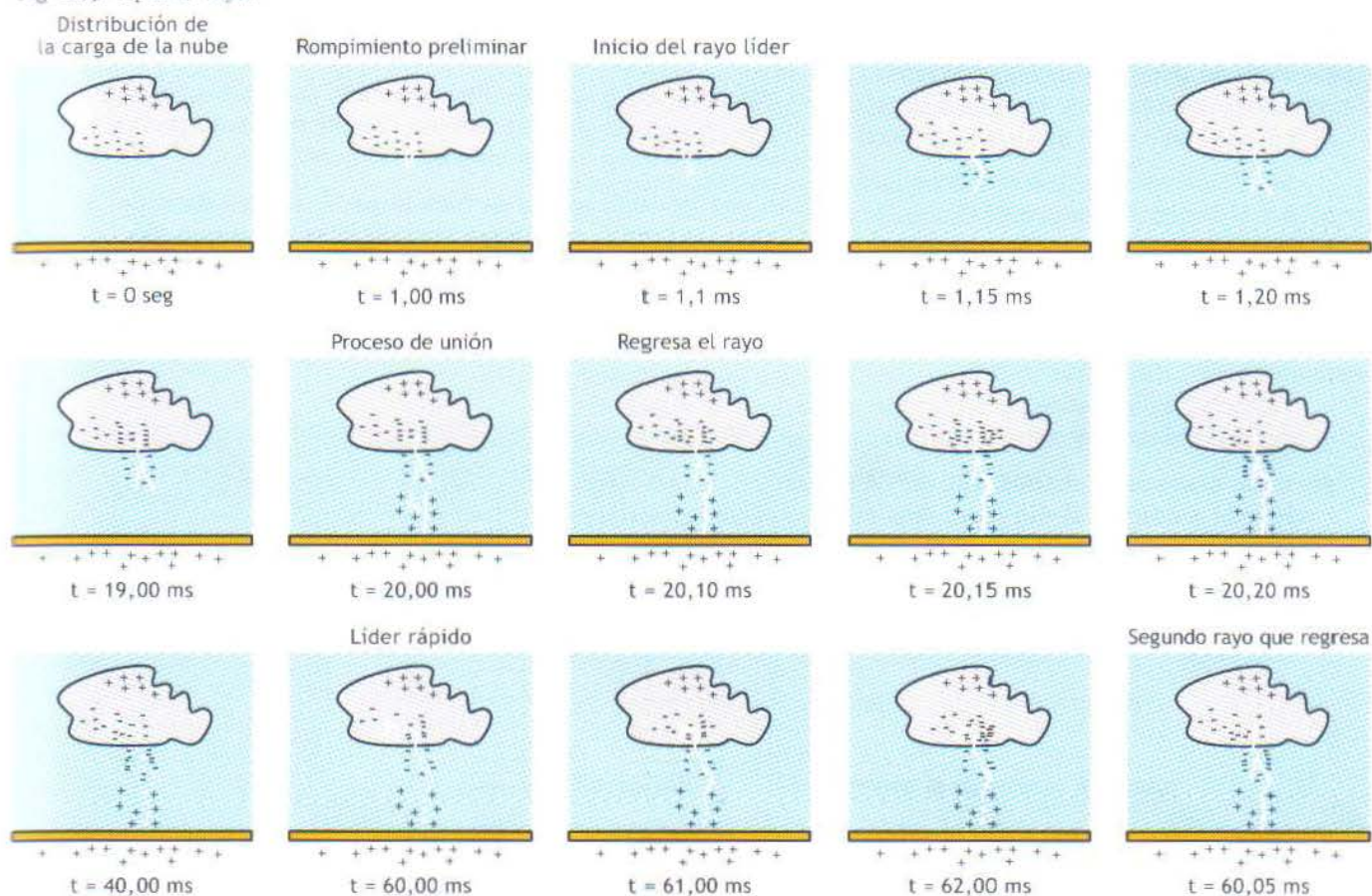


Fig. 17/7: Mecanismo del rayo

Los principios fundamentales de la protección contra descargas atmosféricas son: protección de la vida, las propiedades y proveer un medio para que la descarga atmosférica entre o salga de la tierra sin causar daños o pérdidas.

La descarga atmosférica se conoce como rayo, relámpago.

Existen dos caminos para que la descarga atmosférica fluya, una trayectoria de baja impedancia y otra de alta impedancia.

Cuando la descarga atmosférica circula por la trayectoria de alta impedancia provocará calentamientos y fuerzas mecánicas.

La mayoría de los metales tienen el principio de ser buenos conductores, que virtualmente no son afectados por el calentamiento y las fuerzas mecánicas, cuando tienen el suficiente tamaño para que circule la corriente de la descarga atmosférica.

En esta época, la industria, los negocios, instituciones públicas y privadas dependen de la ingeniería electrónica o sea de los sistemas de procesamiento de datos, sistema de medición y control, control e instrumentación.

La dependencia de los sistemas de procesamiento de datos puede llegar a crear una catástrofe si los sistemas fallan.

La razón más frecuente del porque se afecta el envío de datos y la destrucción del equipo electrónico, es un disturbio por interferencia por un transitorio electromagnético.

Es por eso que los sistemas de protección contra descargas atmosféricas no solamente deben proteger edificios sino también poner atención en los sistemas electrónicos.

Para proveer un camino de baja impedancia los sistemas de protección contra descargas atmosféricas requieren de:

- Terminales áreas sobre las azoteas y otros lugares elevados.
- Electrodo de puesta a tierra.
- Conductores que conecten las terminales áreas a los electrodos de puesta a tierra.

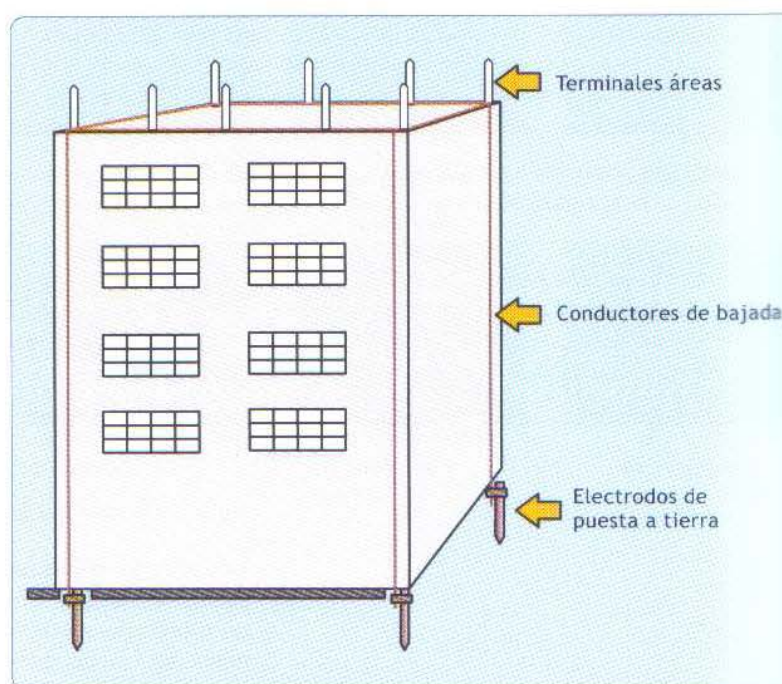


Fig. 18/7: componentes del sistema de protección contra descargas atmosféricas

Los tres componentes interceptarán, conducirán y disiparán la descarga atmosférica a tierra y no asegurarán los posibles efectos secundarios, es por eso que se debe asegurar y mantener un mismo potencial, realizando puentes de unión con los cuerpos metálicos existentes en la propiedad, para evitar que se produzcan arcos eléctricos.

El diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas se debe realizar en el período del diseño de la estructura y se debe instalar durante el período de construcción.

Los conductores deben de instalarse de manera que ofrezcan la menor impedancia para que circule la corriente de la descarga atmosférica.

La impedancia de los conductores es prácticamente inversamente proporcional al número de trayectorias separadas. De acuerdo a esto deberá de existir mínimo dos trayectorias a tierra.

Si se incrementa el número de trayectorias la impedancia decrecerá por la forma de conexión formando una jaula que encierra al edificio.

En México no existe una norma que obligue a diseñar un sistema de protección contra descargas atmosféricas, generalmente se diseñan con la norma NFPA 780-2004, la cual ya cumplió más de 100 años.

En el año 2006 en México, se publicó la norma mexicana con el título "Sistema de protección contra tormentas eléctricas" la cual es una norma voluntaria, no obligatoria, que considera la aplicación de un sistema de protección integral, compuesto por un sistema externo de protección contra tormentas eléctricas (SEPTE) mismo que está formado por elementos para interceptar, conducir y disipar la corriente de rayo; y un sistema interno de protección contra tormentas eléctricas (SIPTTE) basado en uniones equipotenciales, blindaje electromagnético, puesta a tierra y protección contra transitorios.

De acuerdo a la norma NFPA 780-2004 la frecuencia de rayos por año a una estructura está dada por la siguiente fórmula:

$$N_d = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6}$$

N_d = Frecuencia anual de rayos a la estructura

N_g = Porcentaje de la densidad anual de relámpagos donde la estructura está ubicada

A_e = Área equivalente de captura de la estructura m^2

C_1 = Coeficiente

La norma Mexicana emplea la siguiente fórmula:

La frecuencia anual promedio de rayos directos a una estructura (N_0), puede calcularse mediante la ecuación siguiente:

$$N_0 = N_g \times A_e \times 10^{-6}$$

En donde:

N_0 = La frecuencia anual promedio de rayos directos a una estructura;

N_g = La densidad promedio anual de rayos a tierra por km^2 ;

A_e = El área equivalente de captura de la estructura, en m^2 .

El método que utilizan las 2 normas es el Método de la esfera rodante, que consiste en hacer rodar una esfera sobre la construcción.

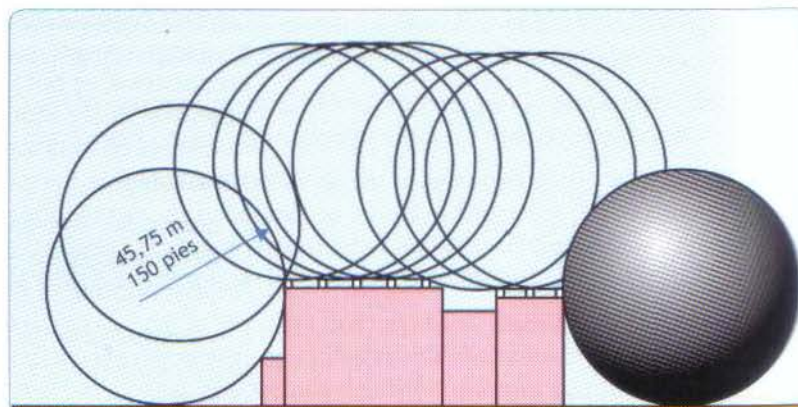


Fig. 19/7: Método de la esfera rodante

La norma NFPA 780-2004, indica que la zona de protección deberá de incluir el espacio que no invade la esfera rodante con un radio de 45,75 m.

Cuando la esfera es tangente a la tierra y el resto está contra la terminal aérea, todo el espacio vertical entre los dos puntos de contacto y bajo la esfera es la zona de protección.

La zona de protección se formará donde la esfera descansa sobre las terminales aéreas, que incluye la distancia vertical bajo la esfera y estos dispositivos.

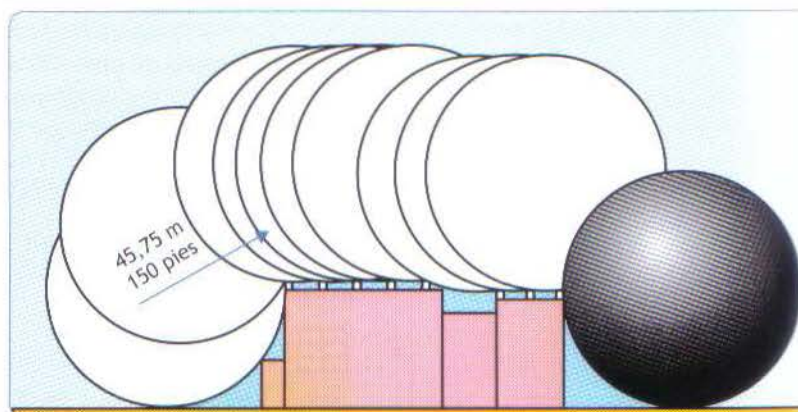


Fig. 20/7: Zona de protección debajo de las esferas

Todo los espacios como sea posible se deben de considerar cuando se determine la zona de protección con el modelo de la esfera rodante.

Protección de estructuras ordinarias de acuerdo a la norma de NFPA 780 - 2004.

Las estructuras se clasifican en:

- Estructuras con una altura hasta 23 m, se utilizan materiales Clase I.
- Estructuras con una altura de más de 23 m, se utilizan materiales Clase II.

Materiales

Los materiales que se deben de utilizar deben ser resistentes a la corrosión o protegidos contra la corrosión.

Los conductores de cobre no se deben de instalar en superficies de aluminio.

Los conductores de aluminio no deben estar en contacto con la tierra y no deben instalarse en superficies de cobre.

Terminales aéreas

La altura de las terminales aéreas debe ser mínimo de 25,4 cm.

Las terminales aéreas se deben instalar sobre las azoteas a intervalos no mayores de 6 m.

Las terminales aéreas de 60 cm o de mayor altura se deben de instalar a intervalos no mayores de 7,6 m.

Si la estructura excede de 15 m de ancho o de largo, se deben adicionar terminales aéreas a intervalos que no excedan de 15 m y conductores transversales a no más de 45 m.

Conductores de bajada

Se deben instalar cuando menos 2 conductores de bajada con su propio desconectador.

Si la estructura tiene más de 76 m de perímetro, se instalarán los conductores de bajada a una distancia que no exceda de 30 m.

Los conductores de bajada se deben proteger si están sujetos a daño físico por:

- Guardas metálicas, y deben ser unidas al conductor de bajada.
- La altura de protección debe ser mínimo de 1,8 m.

Cuando los conductores de bajada se instalen sobre o dentro de columnas de concreto reforzado o por las columnas de acero estructural, se deben de conectar en los extremos en lo alto y en lo bajo del concreto reforzado o por un miembro del acero estructural.

Electrodos de puesta a tierra

Cada conductor de bajada debe terminar en un electrodo de puesta a tierra del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

Los electrodos de puesta a tierra del sistema eléctrico y de telecomunicaciones no se deben utilizar como electrodos de puesta a tierra del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

Los conductores de bajada se deben de unir al electrodo de puesta a tierra por medio de tornillo, soldadura exotérmica o conectores de alta compresión.

Los electrodos de puesta a tierra deben ser de:

- **De los siguientes materiales**
 - Cobre sólido.
 - Acero inoxidable.
 - Acero galvanizado.
 - Acero revestido de cobre (copperweld).

Diámetro: mínimo de 12,7 mm.

Longitud: mínimo 2,4 m.

Si se utilizan múltiples electrodos de puesta a tierra se deben separar cuando menos la longitud de ellos.

- **Electrodos empotrados en concreto**

Se deben utilizar solamente cuando la construcción es nueva. Se debe de colocar debajo de la construcción en contacto directo con la tierra, debe tener cuando menos 50 mm de concreto.

Consiste en:

- No menos de 6 m de una barra de un conductor de cobre de tamaño igual que el conductor principal.
- Al menos 6 m de una o más varillas de acero reforzadas de 12.7 mm mínimo de diámetro y que estén efectivamente unidas.

- **Anillo de tierra**

Se debe de instalar un anillo alrededor de la estructura en contacto directo con la tierra con una profundidad de 46 cm o empotrado en concreto de 50 mm.

Debe tener una longitud mínima de 6 m continuos de conductor del tamaño igual que el conductor principal.

- **Electrodo de puesta a tierra radial**

- **Electrodo de placa**

Consiste en una placa con un ancho de 0,8 mm mínimo y un área de 0,18 m².

Debe estar a una profundidad de 46 cm del nivel de piso.

Puesta a tierra común

Toda la puesta a tierra dentro o sobre la estructura debe ser interconectada para proveer un potencial a tierra común.

La interconexión incluye el sistema de protección contra descargas atmosféricas, acometida eléctrica, telefonía, así como todos los sistemas de tuberías subterráneos.

Valores de resistencia a tierra

El sistema de protección contra descargas atmosféricas de acuerdo a la NOM-029-STPS- 1999, debe tener una resistencia máxima a tierra de 10 Ω .

Nombre de archivo: CAPITULO 6 Y 7
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis documentos
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 15/09/2008 23:34:00
Cambio número: 2
Guardado el: 16/09/2008 13:00:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 68 minutos
Impreso el: 16/09/2008 14:28:00
Última impresión completa
Número de páginas: 58
Número de palabras: 9 (aprox.)
Número de caracteres: 52 (aprox.)



CCM Inteligente



- Interconectividad.
- Robusto.
- Escalable.
- Versátil.

Áreas peligrosas (clasificadas)

Contenido

Áreas peligrosas (clasificadas)	166
Clasificación de áreas	166
Utilización de tubo (conduit) roscado en instalaciones de áreas clasificadas (peligrosas)	166
Áreas Clase I	167
Áreas Clase II	167
Definiciones de áreas peligrosas (clasificadas)	168
Áreas Clase III	170
Métodos de alambrado en áreas peligrosas (clasificadas)	171
Áreas peligrosas (clasificadas) por zonas	178

Áreas peligrosas (clasificadas)

Las áreas peligrosas (clasificadas) son aquellas en donde puede existir peligro de incendio o explosión debido a la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o partículas combustibles o de fácil ignición dispersas en el aire.

Clasificación de áreas

La clasificación de las áreas depende de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables, de polvos o fibras combustibles o de fácil ignición que puedan estar presentes, así como la posibilidad de que se encuentren en cantidades o concentraciones inflamables o combustibles.

Si se utilizan materiales pirofóricos, estas áreas no deben clasificarse.

Las áreas peligrosas (clasificadas) deben ser designadas y documentadas por el usuario y deben estar disponibles en el lugar, ya que el mismo es el responsable de la clasificación.

Cada área, cuarto o sección se debe clasificar individualmente; el análisis debe realizarse bajo supervisión de Ingeniería y de expertos calificados en la materia, es decir, que se necesita de un ingeniero electricista y de un ingeniero químico.

Utilización de tubo (conduit) roscado en instalaciones de áreas clasificadas (peligrosas)

El tubo (conduit) roscado debe llevar una rosca cónica NPT, que se debe de realizar con una tarraja (máquina de roscar) que haga una rosca de 1 a 16 (0,625 mm por cada centímetro).

El tubo (conduit) debe apretarse con llaves (en México se llaman llaves Steelson) para asegurar la integridad del sistema de canalización en caso de explosión o de ignición de polvo combustible.

Las técnicas de protección para equipo eléctrico y electrónico son:

- **Aparatos a prueba de explosión:** para áreas Clase I, División 1 y 2.
- **Equipo a prueba de ignición de polvo:** para áreas Clase II, División 1 y 2.
- **Hermético al polvo:** para áreas Clase II, División 2 y Clase III.
- **Purgado y presurizado:** para equipo en cualquier área clasificada (peligrosa).
- **Sistemas intrínsecamente seguros:** para cualquier área clasificada (peligrosa).
- **No incendiario:** ningún arco o efecto térmico es capaz de encender la mezcla inflamable, se permite en áreas Clase I, División 2; Clase II, División 2 y Clase III.
 - Circuito no incendiario.
 - Equipo no incendiario.
- **Inmersión en aceite:** para áreas Clase I, División 2.
- **Sellado herméticamente:** para áreas Clase I, División 2.

Áreas Clase I

Las áreas peligrosas (clasificadas) Clase I se clasifican por grupos:

- **Grupo A:** Acetileno.
- **Grupo B:** Gas inflamable, líquido que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incrementarse o explotar, que tiene un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas menor o igual que 0,45 mm, o una relación de corriente mínima de ignición menor o igual que 0,40.

Nota: Un material típico de áreas Clase I, Grupo B, es el hidrógeno.

- **Grupo C:** Gas inflamable, líquido inflamable que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incendiarse o explotar, que tiene un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas mayor que 0,45 mm y menor o igual que 0,75 mm o una relación de corriente mínima de ignición mayor que 0,40 y menor o igual que 0,80.

Nota: Un material típico de áreas Clase I, Grupo C, es el etileno.

- **Grupo D:** Gas inflamable, líquido inflamable que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incendiarse o explotar que tiene un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas mayor que 0,75 mm o una relación de corriente mínima de ignición mayor que 0,80.

Nota: Un material típico de áreas Clase I, Grupo D es el propano.

Es importante conocer las siguientes definiciones.

Líquido inflamable: Es aquel que tiene un punto de inflamación menor a 37,8 °C (100 °F) y tiene una presión de vapor que no excede de 40 psi 275,710 kpa (2068 mm Hg) a 37,8 °C (100 °F).

Líquido combustible: Es aquel que tiene un punto de inflamación de 37,8 °C (100 °F) o mayor.

El punto de inflamación de un líquido es la temperatura mínima a la cual éste libera vapor en concentración suficiente para formar una mezcla inflamable con el aire cerca de la superficie.

Espacio máximo experimental: Es la máxima separación que se requiere para impedir que una explosión dentro de un envoltente se propague fuera de él.

La temperatura de ignición de una sustancia, sólida, líquida o gaseosa, es la temperatura mínima requerida para iniciar o causar una combustión sostenida independientemente del calentamiento o elemento calentado

Relación de la corriente mínima de ignición (MIC): Es la relación de la mínima corriente requerida para encender la mezcla y la mínima corriente necesaria para encender el metano.

Áreas Clase II

Las áreas peligrosas (clasificadas) Clase II se dividen por grupos:

- **Grupo E:** Atmosferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros polvos combustibles, donde el número de

partículas, su abrasividad y conductividad, presenten peligro similar en la utilización del equipo eléctrico.

- **Grupo F:** Atmosferas que contengan polvos carbonosos, combustibles con más del 8% del total de partículas volátiles atrapadas o que han sido sensibilizados por otros materiales, de tal manera que presenten peligro de explosión.

Ejemplos de polvos carbonosos, son los polvos de carbón negro de humo, carbón vegetal y coque.

- **Grupo G:** Atmosferas que contengan polvos combustibles tales como harina, granos, madera, plástico y químicos, no incluidos en los grupos E o F.

Definiciones de áreas peligrosas (clasificadas)

Áreas Clase I

Las áreas Clase I son aquellas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Las áreas Clase I se dividen en divisiones:

Un área Clase I, División 1 es:

- En donde, bajo condiciones normales de operación, puede haber concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables.
- En donde frecuentemente, debido a labores de reparación, mantenimiento o, a fugas, puede haber concentraciones inflamables de tales gases o vapores.
- En donde debido a fallas o mal funcionamiento de equipos o procesos, pueden liberarse concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, y pueden también causar simultáneamente una falla en el equipo eléctrico, que provoque que éste se comporte como una fuente de ignición.

Nota 1: Esta clasificación generalmente incluye las áreas siguientes:

- Las áreas donde se transfieren, de un recipiente a otros, líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables.
- Los interiores de las cabinas pulverizadoras de pintura y áreas cercanas a donde se realizan operaciones de pintura y rociado con uso de disolventes volátiles inflamables.
- Las áreas que contienen tanques abiertos o tanques de líquidos volátiles inflamables.
- Los locales para el secado o los compartimentos para la evaporación de disolventes inflamables.
- Los locales que contienen equipo para la extracción de grasas y aceites que usan disolventes volátiles inflamables.
- Las secciones de las plantas de limpieza y teñido donde se utilizan líquidos inflamables.
- Los cuartos de los generadores a gas y otras secciones de las plantas manufactureras de gas donde puede haber fugas de gases inflamables.
- Los cuartos de bombas de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables que estén inadecuadamente ventilados.

- El interior de los refrigeradores y congeladores que almacenen materiales volátiles inflamables en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper fácilmente.
- Todas las demás áreas donde puedan ocurrir concentraciones combustibles de vapores o de gases inflamables, durante el transcurso de su operación normal.

Nota 2: En algunas áreas de División 1 se pueden presentar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, continuamente o por largos periodos de tiempo. Algunos ejemplos incluyen:

- El interior de envoltorios con respiraderos inadecuados que contienen instrumentos, que normalmente descargan gases inflamables o vapores al interior del envoltorio.
- El interior de tanques con respiraderos (venteos) que contengan líquidos volátiles inflamables.
- El área entre el interior y el exterior de secciones del techo de un tanque de techo flotante que contenga fluidos volátiles inflamables.
- Áreas inadecuadamente ventiladas dentro de procesos de rociado y recubrimiento que utilizan fluidos volátiles inflamables.
- Interiores de ductos de extracción utilizados para ventilar concentraciones de gases o vapores inflamables.

Un área Clase I, División 2 es:

- En donde se manejan, procesan o se usan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables, pero en donde normalmente los líquidos, vapores, o gases, están confinados dentro de recipientes cerrados o sistemas cerrados de donde ellos pueden escapar sólo en el caso de una ruptura accidental o avería de los recipientes o sistemas, o en el caso de una operación anormal del equipo.
- En donde concentraciones combustibles de gases o vapores son normalmente evitados por medio de una ventilación mecánica forzada (positiva). Estos pueden convertirse en peligrosa por la falla o por la operación anormal del equipo de ventilación; o
- Que el área se encuentre adyacente a un área Clase I División 1, hacia donde pueden llegar ocasionalmente concentraciones combustibles de gases o vapores, a menos que la vía de comunicación se evite por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio y se disponga de dispositivos adecuados para evitar las fallas del sistema de ventilación.

Áreas Clase II

Las áreas Clase II son aquellas peligrosas debido a la presencia de polvos combustibles.

Las áreas Clase II se dividen en divisiones:

Un área Clase II, División 1 es:

- **Un área Clase II, División I es un lugar:**
 - En el cual bajo condiciones normales de operación hay polvo combustible en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o fácil ignición.

- En el cual una falla mecánica o un funcionamiento anormal de una maquinaria o equipo puede causar explosión o producir mezclas explosivas o fácil ignición, y puede haber una fuente de ignición debido a una falla simultánea del equipo eléctrico, la operación de dispositivos de protección, o por otras causas.
- En donde pueden estar presentes polvos combustibles eléctricamente conductores en cantidades peligrosas.

Nota: Los polvos combustibles eléctricamente no conductores incluyendo los polvos producidos en el manejo de granos y productos de los granos, azúcar pulverizada y cacao, huevo seco y leche en polvo, pastas, especias pulverizadas, almidones y pastas, papas y harinas, harinas producidas de frijoles y semillas, heno seco, aserrín u otros materiales orgánicos que pueden producir polvos combustibles durante su procesamiento o manejo. Solamente los polvos del grupo E son considerados eléctricamente conductores para el propósito de la clasificación. Los polvos que contienen magnesio o aluminio son particularmente peligrosos, y deben manejarse con extrema precaución para evitar su ignición y explosión.

- **Un área Clase II, División 2, es aquella donde:**

- Normalmente no hay polvo combustible en el aire en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o fácil ignición y en el que la acumulación de polvo normalmente es insuficiente para interferir con la operación normal del equipo eléctrico u otros aparatos, pero puede haber polvo combustible en suspensión en el aire como resultado de un inusual mal funcionamiento de los equipos de manejo o de proceso y
- Las acumulaciones de polvo combustible sobre, dentro o en la proximidad del equipo eléctrico, pueden ser suficientes para interferir con la disipación segura de calor del equipo eléctrico, o pueden ser combustibles por la operación anormal o falla del equipo eléctrico.

Nota 1: Los factores que deben considerarse para establecer la clasificación de un área y que puedan dar como resultado un área no clasificada, son entre otros, la cantidad de polvo combustible que puede estar presente y los sistemas adecuados para remover el polvo.

Nota 2: Cuando productos tales como semillas se manejan de modo que produzcan bajas cantidades de polvo, pero la cantidad depositada de éste, puede justificar su clasificación.

Áreas Clase III

Las Áreas Clase III son aquellas peligrosas debido a la presencia de fibras o partículas volátiles de fácil ignición, pero en las cuales es poco probable que dichas partículas permanezcan en suspensión en suficientes cantidades para producir mezclas de fácil ignición.

- **Las áreas Clase III se dividen en divisiones:**

Un área Clase III, División 1, es aquella donde se manejan, manufacturan o utilizan fibras de fácil ignición o materiales que producen partículas volátiles combustibles.

Nota 1: Estas áreas generalmente incluyen algunos sitios que utilizan rayón, algodón y otros textiles; en las plantas manufactureras y procesadoras de fibras que son combustibles;

desmontadoras de algodón y plantas trituradoras de semillas de algodón, plantas procesadoras de lino; plantas manufactureras de ropa, plantas de madera y establecimientos e industrias involucradas en procesos o condiciones peligrosas similares.

Nota 2: Entre las fibras de fácil ignición y partículas volátiles se encuentran las de rayón, algodón (incluyendo las fibras de residuo de algodón desmotado y desperdicios de algodón), henequén, ixtle, yute, cáñamo, fibra de coco, estopa, desperdicio de lana, de ceiba, musgo español, virutas de maderas y otros materiales de similar naturaleza.

- Un área Clase III, División 2, es aquella donde se almacenan o manejan fibras de fácil ignición, en procesos diferentes de los de manufactura.

Métodos de alambrado en áreas peligrosas (clasificadas)

A Áreas Clase I, División 1

- En estas áreas, se permite utilizar solamente:
 - Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
 - Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
 - Cables tipo MI.

Las uniones roscadas deben entrar en los accesorios mínimo 5 cuerdas.

También se permite utilizar tubo (conduit) no metálico, si está encofrado con un espesor de 50 mm e instalado a una profundidad de 60 cm, y el último tramo de tubería se debe instalar tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado; además se debe instalar el conductor de puesta a tierra.

- Conexiones flexibles. Se permite utilizar el cordón flexible que cumpla con:
 - Ser de un tipo aprobado para uso extra rudo.
 - Contener adicionalmente a los conductores del circuito, un conductor de puesta a tierra.
 - Estar conectado a las terminales o a los conductores de alimentación de manera apropiada.
 - Estar soportado por abrazaderas u otros medios adecuados, de manera que no se ejerza tensión mecánica sobre las terminales de conexión.
 - Estar provisto de sellos adecuados donde el cordón flexible entra a la caja, accesorio o envoltorio del tipo a prueba de explosión.

B Áreas Clase I, División 2

- En estas áreas, se permite utilizar solamente:
 - Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
 - Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
 - Tubo (conduit) intermedio de acero roscado.
 - Electroductos.
 - Ductos metálicos sellados.
 - Cables tipo PLT, ITC, MI, MC, MV o TC.

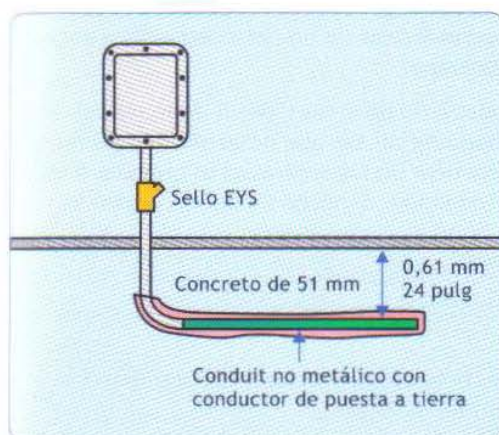


Fig. 1/8: Instalación de tubo (conduit) no metálico.

Conexiones flexibles en áreas Clase I, División 1 y División 2

Se permite el uso de cordones flexibles cuando se realicen conexiones entre el circuito de alimentación y los luminarios y otros equipos portátiles.

El cordón flexible debe estar protegido por su ubicación o por guardas, no debe contener empalmes y debe ser:

- Aprobado para uso extra rudo.
- Contener un conductor de puesta a tierra.
- Conectarse de forma apropiada a las terminales o conductores de alimentación.
- Estar soportado apropiadamente para evitar tensión mecánica.
- Deben colocarse sellos adecuados entre el cordón flexible y la caja, accesorio o envoltorio a prueba de explosión.

Los mezcladores eléctricos que entran y salen de un tanque de mezclado del tipo abierto o tinas, se considera equipo portátil de utilización.

C Áreas Clase II, División 1

Es esencial conocer la definición de "*a prueba de ignición de polvo*", que significa encerrado de tal manera que no permita la penetración de polvo y que cuando la instalación y su protección estén hechas de acuerdo con lo indicado en la norma vigente, no permitan tampoco que arcos, chispas o calor generado o liberado dentro de la envoltorio cause la ignición de las acumulaciones externas o suspensiones atmosféricas de un polvo específico sobre en las cercanías de la envoltorio.

Todo el equipo eléctrico instalado en áreas Clase II debe ser capaz de funcionar a su capacidad normal, sin que desarrolle temperaturas superficiales altas, para provocar una deshidratación excesiva o una carbonización gradual de cualquier depósito de polvos orgánicos.

- En estas áreas, se permite utilizar solamente:
 - ✦ Tubo (conduit) metálico tipo pesado
 - ✦ Tubo (conduit) metálico tipo semipesado
 - ✦ Cables tipo MI
 - ✦ Cables tipo MC cuando se asegure el mantenimiento y la supervisión por personal calificado.

Los accesorios y cajas deben estar contruidos con entradas roscadas, tener tapas ajustadas y sin aberturas.

En áreas Clase II donde haya polvo combustible eléctricamente conductor deben estar aprobadas para utilizarse en áreas Clase II.

Conexiones Flexibles

Las conexiones que se permiten en estas áreas son:

- Tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos.
- Conectores flexibles herméticos al polvo.
- Cordón flexible para uso extra-rudo con accesorios.

Cuando las conexiones flexibles estén expuestas a condiciones corrosivas o al aceite, los cables deben tener una cubierta apropiada para ello.

Sellos y drenado

Se deben de instalar sellos en las canalizaciones para minimizar el paso de vapores o gases e impedir el paso de la flama de una parte de la instalación a otra.

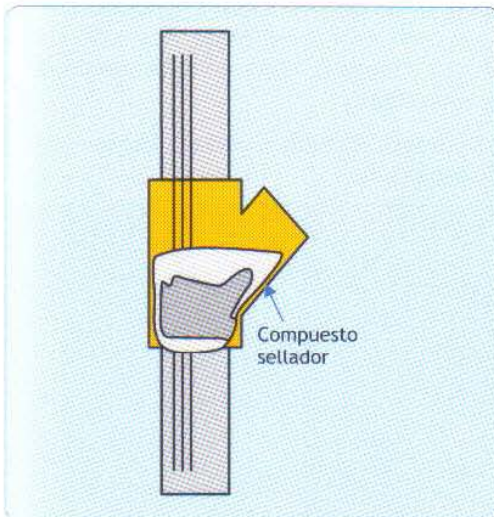
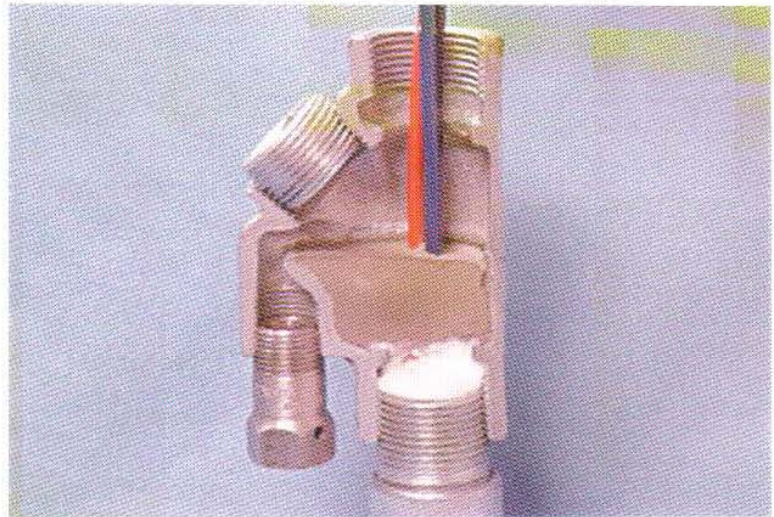


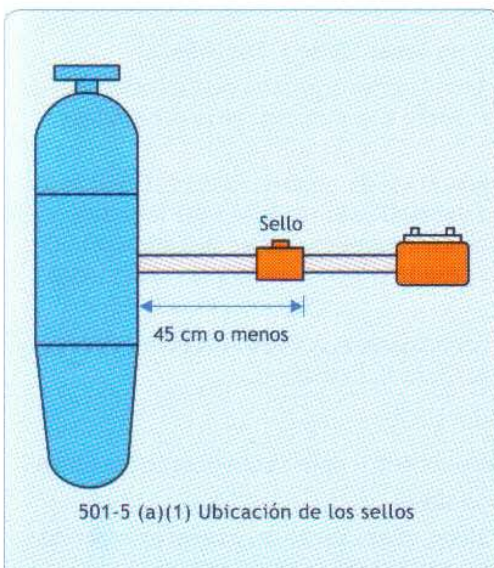
Fig. 2/8: Sello y compuesto sellador.



Sellos en los tubos (conduit) en áreas Clase I, División 1

Se debe instalar un sello a no más de 45 cm en el tubo (conduit) que entre a una envolvente que contenga:

- Desconectadores, interruptores automáticos, fusibles, relevadores o resistencias que puedan producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas.
- Cuando la envolvente contenga empalmes, terminales o derivaciones y que la entrada tenga un diámetro de 50 mm o mayor.



501-5 (a)(1) Ubicación de los sellos

Fig. 3/8: Instalación de sello a prueba de explosión.

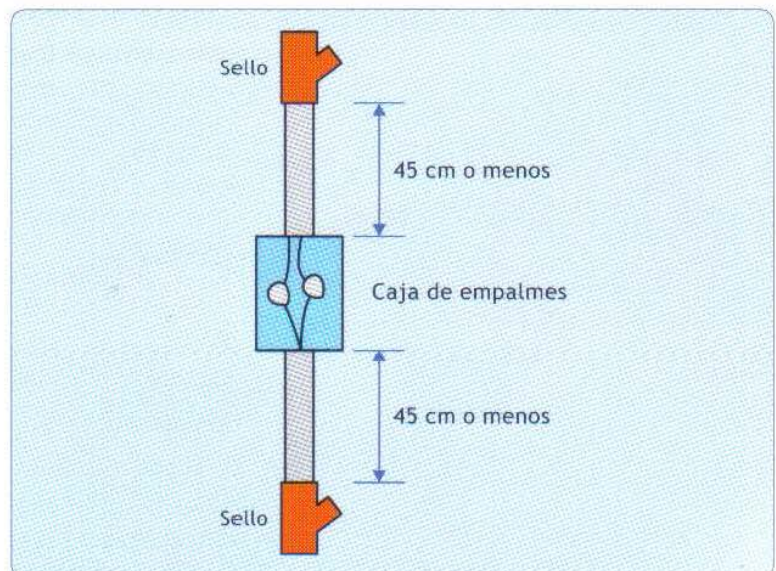


Fig. 4/8: Instalación de sellos en una envolvente que contiene empalmes.

Si el tubo (conduit) entra a un envolvente presurizado, se debe instalar un sello a no más de 45 cm del envolvente presurizado.

Sellado de un tubo (conduit) cuando salga de un área peligrosa Clase I, División 1

Cuando salga un tubo (conduit) de un área Clase I, División 1, se debe colocar un sello a no más de 3 m del límite, este sello se puede instalar dentro del área o fuera de ella y no debe instalarse ninguno de los siguientes accesorios:

Uniones, coples, cajas o accesorios de tubo (conduit), excepto las reducciones a prueba de explosión.

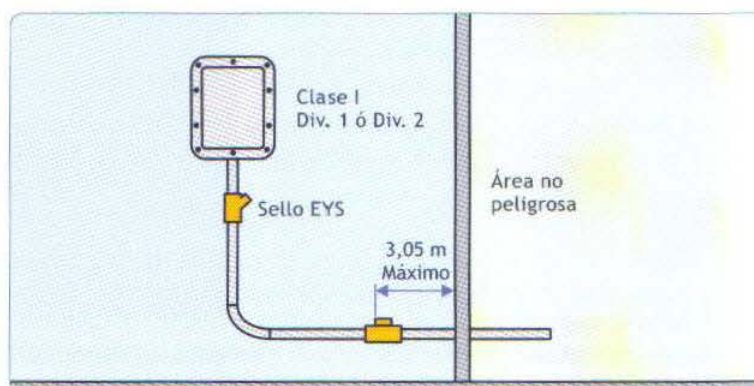


Fig. 5/8: Instalación de sellos en el límite del área peligrosa.

Accesorios entre la envolvente y el sello

Se permite instalar los siguientes accesorios entre el sello y la envolvente a prueba de explosión:

- Uniones a prueba de explosión, coples, reducciones, codos, codos con casquillo y condulets a prueba de explosión como los tipo GUAL, GUAT, GUAX.

Sellos en tubos (conduit) en áreas Clase I, División 2

- En las conexiones con envolventes a prueba de explosión debe colocarse un sello de acuerdo a lo indicado para áreas Clase I, División 1.
- Cuando un tubo (conduit) salga de un área Clase I, División 2 a un área no peligrosa se debe colocar un sello a no más de 3 m de límite y se puede instalar en cualquiera de las dos áreas, el tubo (conduit) debe ser tipo pesado o semipesado y las conexiones deben ser roscadas.

No se permite que se instalen accesorios entre el sello y el punto en que sale del área peligrosa Clase II, División 2.

Características del sellado

Se deben utilizar accesorios de sellos aprobados para áreas Clase I

- Los sellos deben ser accesibles.
- El compuesto sellador debe estar aprobado y debe proveer un sellado hermético contra el paso de vapores o gases.
- El terminado del sellado debe cubrir el diámetro del tubo (conduit) y no debe ser menor a 16 mm.

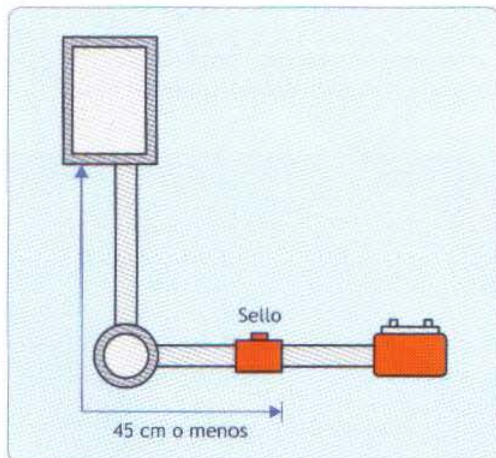


Fig. 6/8: Accesorios permitidos entre la envolvente y el sello.

- No se deben hacer empalmes o derivaciones.
- La sección transversal de los conductores no debe ser mayor del 25% de la sección transversal del tubo (conduit), al menos que el accesorio del sello esté aprobado para porcentajes mayores.

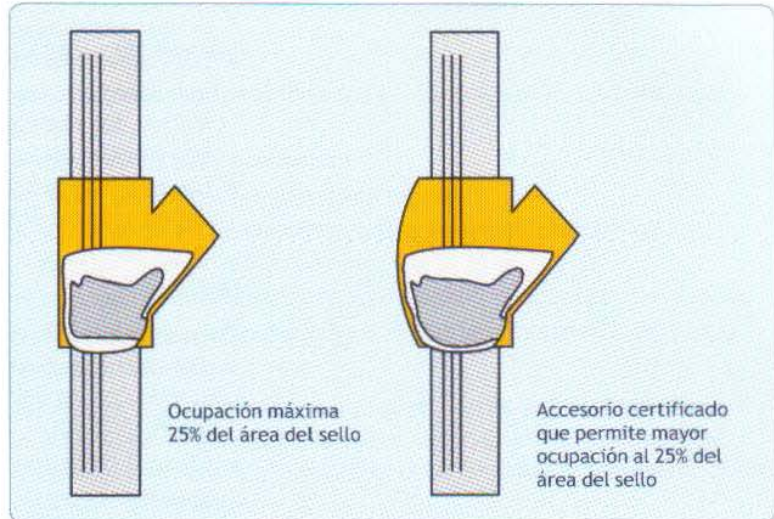


Fig. 7/8: Ocupación máxima de un sello a prueba de explosión.

Sellado de cables en áreas Clase I, División 1

Cuando se utilicen cables en áreas Clase I, División 1, se deben de sellar adecuadamente, cumpliendo con lo siguiente:

- El cable debe ser sellado en todas sus terminales.
- El sello debe de cumplir con las características de los sellos anteriormente explicado.
- Si se utilizan cables multiconductores tipo MC con cubierta continua de aluminio corrugado hermético al gas y al vapor con cubierta exterior de material polimérico, se deben sellar después que se remueva su cubierta.

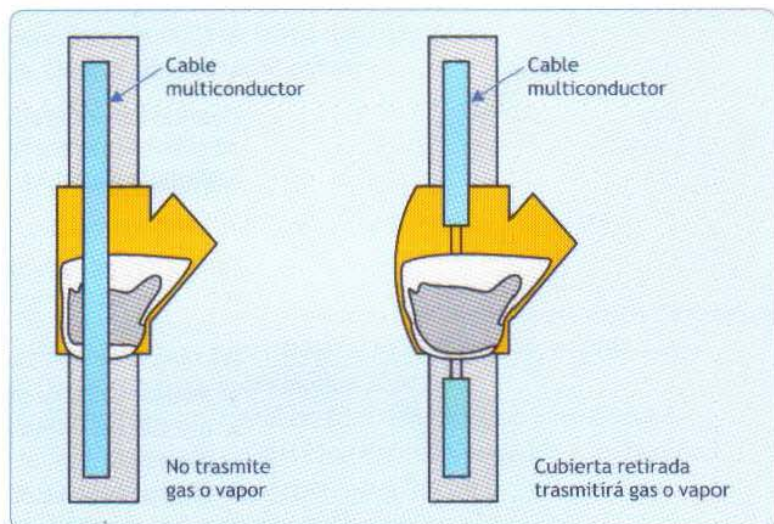


Fig. 8/8: Sellado de cables.

- El cable multiconductor es considerado como un solo cable si no transmite gas o vapor a través del núcleo, por lo que se sellará como si fuera un solo cable.
- Los cables con cubierta continua hermética a gas y vapor, que no transmitan gases o vapores a través de su núcleo, no se exige que sean sellados, si la presión es de 1,5 kPa.
- Los cables con cubierta continua hermética a gas y vapor, que sean capaces de transmitir gases o vapores a través de su núcleo, no se exige que sean sellados a menos que se produzca una presión mayor a 1,5 kPa.
- Los cables que no tengan una cubierta hermética al gas y vapor deben sellarse en los límites del área Clase 1, División 2 y un área no peligrosa.

Drenado

Cuando exista la posibilidad que dentro de las envolventes o en las canalizaciones se tenga la presencia de líquidos o vapores condensados, se debe instalar un medio para evitar la acumulación o que se permita el drenaje periódico.

- **Clase II, División 2**

En estas áreas, se permite utilizar solamente:

- Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Cables tipo MI.
- Cables tipo MC.
- Cables tipo PLTC, ITC, MC, MI o TC en soportes para cables tipo charola.

Las canalizaciones, accesorios y cajas se deben diseñar para reducir al mínimo la entrada del polvo. Deben estar provistos de tapas bien ajustadas y no tener aberturas.

Conexiones flexibles

Las conexiones que se permiten en estas áreas son:

- Tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos.
- Conectores flexibles herméticos al polvo.
- Cordón flexible para uso extra-rudo con accesorios.

Cuando las conexiones flexibles estén expuestas a condiciones corrosivas o al aceite, los cables deben tener una cubierta apropiada para ello.

Sellos

Otro punto importante en la instalación de canalizaciones son los sellos que van a impedir el paso de polvo al interior de una envolvente a prueba de ignición de polvo. Cuando se comunica con una envolvente de uso general se deben de realizar de la siguiente manera:

- Instalar un sello permanente y efectivo.
- Instalar un tramo horizontal de canalización sin sello de no menos de 3 m de longitud.
- Instalar una canalización vertical con una longitud mínima de 1,5 m que baje a una envolvente a prueba de ignición de polvo.

Si una canalización se instala en un lugar Clase II a una envolvente a prueba de ignición de polvo y se comunica a un área no peligrosa, no se requiere que se instalen sellos.

Los sellos que se instalen no requieren que sean a prueba de explosión, un método de sellado es la masilla.

Conexiones flexibles

Los cordones flexibles utilizados en áreas Clase II, División 1 y 2 deben ser:

- Aprobados para uso rudo.
- Tener un conductor de puesta a tierra.
- Conectarse en forma apropiada a las terminales o a los conductores de alimentación.
- Soportarse adecuadamente para eliminar esfuerzos mecánicos.
- Tener sellos adecuados para impedir la penetración del polvo.
- **Áreas Clase III**

En áreas Clase III, el equipo instalado no debe desarrollar en su superficie, funcionando a plena carga, una temperatura que produzca deshidratación excesiva o carbonización gradual de fibras o pelusas acumuladas.

Hay que hacer notar que los materiales orgánicos carbonizados o excesivamente deshidratados tienen una probabilidad de combustión espontánea.

La máxima temperatura en la superficie del equipo funcionando, no debe exceder de 165 °C si el equipo no está sujeto a sobrecargas y 120 °C para equipos que puedan sobrecargarse como motores y transformadores.

Métodos de alambrado

Áreas Clase III, División 1 y Clase III, División 2

En estas áreas se permite utilizar solamente:

- Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Tubo (conduit) metálico tipo ligero.
- Ductos herméticos al polvo.
- Cable tipo MC.
- Cable tipo MI.

Accesorios y cajas

Los accesorios y cajas deben ser herméticos al polvo.

Conexiones flexibles

Si se requiere utilizar conexiones flexibles para conexión de equipos eléctricos, se permite realizarlo de la siguiente manera:

- Conector flexible hermético al polvo.
- Tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos.
- Tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos.
- Cordones flexibles, deben cumplir con:
 - Aprobado para uso extra rudo.
 - Tener un conductor de puesta a tierra.

- Conectarse en forma apropiada a las terminales o a los conductores de alimentación.
- Soportarse adecuadamente para eliminar esfuerzos mecánicos.
- Tener un medio adecuado para impedir la entrada de fibras, pelusas o partículas volátiles.

Ejemplo de una instalación eléctrica en un área Clase I, División 1

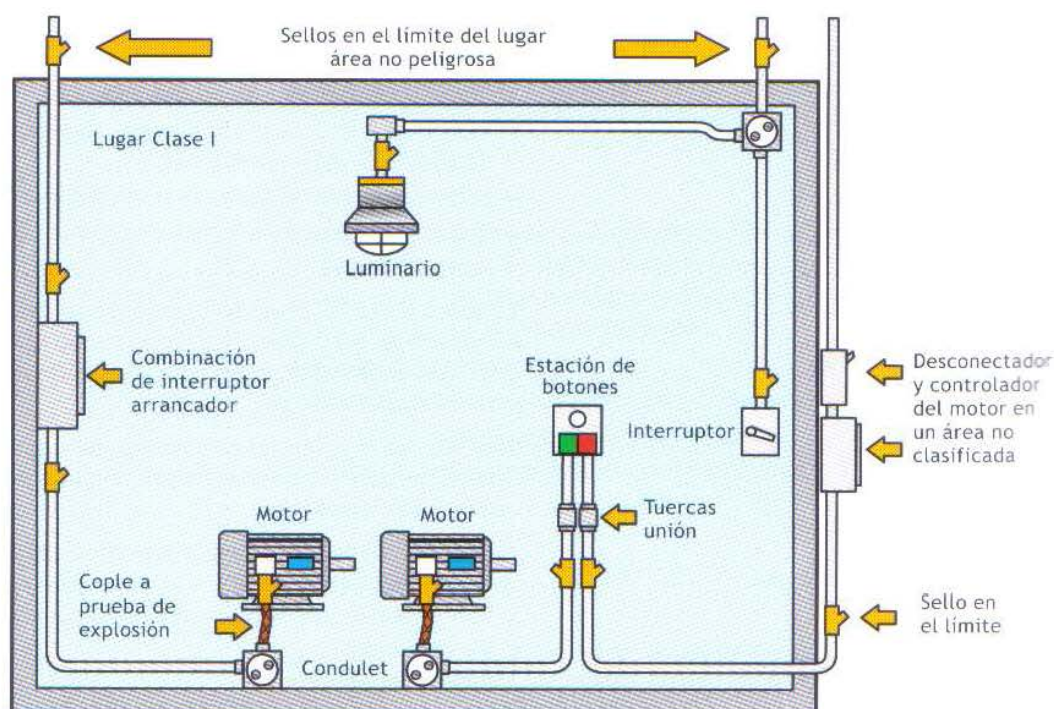


Fig. 9/8: Ejemplo de una instalación eléctrica a prueba de explosión

Áreas peligrosas (clasificadas) por zonas

La clasificación de áreas por Zonas, es una alternativa al sistema de clasificación por divisiones, la clasificación por zonas comprende las áreas Clase I, Zona 0; Clase I Zona 1 y Clase I Zona 2, de acuerdo a la norma vigente.

En los siguientes cuadros se hace una comparación de la clasificación por zonas y divisiones.

505-5 Clasificación por zonas

Divisiones		Zonas
División 1	Concentraciones de gases o vapores están presentes: En forma continua. Durante largos periodos de tiempo.	Zona 0
	Bajo condiciones normales de operación. Durante operaciones de reparación o mantenimiento. Donde la avería u operación defectuosa del equipo pueda producir la falla simultánea de los equipos eléctricos.	Zona 1
División 2	Los líquidos o gases inflamables están normalmente confinados dentro de recipientes de sistemas cerrados. Normalmente las concentraciones de gases o vapores inflamables se evitan mediante ventilación mecánica forzada. Áreas adyacentes a lugares donde ocasionalmente podrían fluir concentraciones de gases o vapores inflamables.	Zona 2



Lugares de atención para la salud

Tableros de hospital



- Monitoreo confiable.
- Fácil de instalar.
- Versátil.

Contenido

Lugares de atención para la salud (hospitales)	180
Alambrado y protección	182
Conexión de puesta a tierra de receptáculos y equipo eléctrico fijo	182
Conductor de puesta a tierra aislado de equipos eléctricos	183
Áreas de atención general	183
Áreas de atención crítica	183
Locales húmedos	184
Sistema eléctrico esencial	184
Sistema eléctrico aislado	187

Lugares de atención para la salud (hospitales)

En este capítulo se tratará los requerimientos para la construcción de las instalaciones eléctricas en lugares para la atención de la salud de los seres humanos.

Áreas de atención del paciente: Son las áreas de las instalaciones en lugares de atención de la salud en las cuales se examina o se trata al paciente; se clasifican como áreas de atención general y áreas de atención crítica, pudiendo ser cualquiera de ellas clasificada como local húmedo.

- **Áreas de atención general:** Son los cuartos para pacientes, cuartos para auscultación, cuartos para tratamiento y áreas similares de atención a los pacientes, en las cuales se pretende que el paciente deba estar en contacto con dispositivos ordinarios tales como un sistema de llamado a enfermeras, camas eléctricas, bombas de infusión, lámparas de auscultación, teléfonos y dispositivos de entretenimiento. En dichas áreas, puede ser necesario que los pacientes se conecten a dispositivos electromédicos (tales como termocobertores, electrocardiógrafos, bombas de succión, monitores, otoscopios, oftalmoscopios, catéteres intravenosos periféricos, etc.)
- **Áreas de atención crítica:** Son aquellas unidades de atención especial como: unidades de cuidados intensivos, unidades de cuidados coronarios, laboratorios de angiografía, laboratorios de cateterización cardíaca, salas de expulsión, salas de operación y áreas similares en las cuales los pacientes estén sujetos a procedimientos invasivos y conectados a equipos y aparatos electromédicos sofisticados, que estén energizados mediante receptáculos grado hospital.
- **Locales húmedos:** Son las áreas críticas y generales de atención a pacientes, normalmente están sujetas a condiciones de humedad mientras está presente el paciente. Estas áreas incluyen depósitos con fluidos a nivel del piso o áreas de trabajo que rutinariamente estén húmedas, siempre y cuando alguna de estas condiciones esté íntimamente relacionada con el paciente o con el personal y con el uso de aparatos eléctricos. Los procedimientos de limpieza rutinarios y derrames accidentales de líquidos no definen un local húmedo.

Circuitos derivados críticos: Son los circuitos alimentadores del sistema de emergencia que suministran energía para la iluminación de las áreas de trabajo; equipos especiales y receptáculos seleccionados que funcionan en lo relacionado con la atención a los pacientes. Estos circuitos están conectados a la fuente de suministro normal y se reconectan automáticamente a las fuentes alternas de energía, durante la interrupción de la fuente normal de suministro, por medio de uno o varios desconectores de transferencia o un retardador para la toma de carga.

Circuitos de seguridad de la vida: Son los circuitos alimentadores y derivados del sistema de emergencia, que cumplen con los requisitos del artículo 700, excepto por lo indicado en el artículo 517, y que se utilizan para proveer energía suficiente a las funciones de seguridad de la vida de todas las personas dentro del lugar de atención a la salud.

Estos circuitos son automáticamente conectados a las fuentes alternas de suministro de energía durante las interrupciones de la fuente normal.

Corriente peligrosa: Es la corriente eléctrica que puede fluir a través de una baja impedancia que se conecte entre cualquiera de los conductores aislados y el conductor de puesta a tierra del monitor de aislamiento en un sistema eléctrico aislado.

Corriente peligrosa de falla: La corriente peligrosa que puede fluir en un sistema eléctrico aislado con todos los dispositivos y equipos conectados, excepto el monitor de aislamiento.

Corriente peligrosa del monitor: La corriente eléctrica peligrosa que circula entre el monitor de aislamiento de línea y tierra.

Corriente peligrosa total: La corriente eléctrica peligrosa que circula en un sistema eléctrico aislado con todos los dispositivos y aparatos fijos conectados a él, incluyendo la corriente peligrosa del monitor.

Monitor de aislamiento de la línea: Un instrumento de medición diseñado para comprobar continuamente la impedancia balanceada y desbalanceada de cada línea de los circuitos aislados de tierra, equipada con circuito interconstruido para probar la alarma, sin incluir la corriente peligrosa de fuga del sistema aislado.

Punto de puesta a tierra de dispositivos, equipos y aparatos en la vecindad del paciente: Un conector o barra terminal, el cual está destinado como punto para puesta a tierra redundante de dispositivos, muebles, equipos y aparatos eléctricos, sirviendo en la vecindad del paciente. Además, para la puesta a tierra, con objeto de eliminar problemas de interferencia electromagnética en equipos eléctricos sensibles.

Punto de referencia de puesta a tierra: La barra para puesta a tierra del panel o tablero de alumbrado y control o del tablero del sistema eléctrico aislado, que suministra energía al área de atención del paciente.

Sistema de emergencia: Un sistema constituido por alimentadores y circuitos derivados, que cumplen con los requisitos del artículo 700, excepto las modificaciones de este artículo 517, destinados a suministrar de una fuente alterna de energía a un número limitado de funciones consideradas vitales para la protección de la vida y la seguridad del paciente, con restablecimiento automático de la energía en un lapso de 10 segundos después de la interrupción del suministro de energía.

Sistema para aparatos y equipos: Parte del sistema eléctrico esencial, compuesto de circuitos derivados y alimentadores, conformados para su conexión automática con retardo de tiempo o en forma manual a las fuentes alternas de energía del sistema eléctrico esencial y que suministran energía primordialmente a equipos trifásicos.

Sistema eléctrico esencial: Sistema compuesto por los subsistemas de emergencia y de equipos, constituido por fuentes alternas de energía con todos los circuitos de distribución, dispositivos y equipos conectados. Debe de diseñarse para garantizar la continuidad de la energía eléctrica en lugares de atención de la salud, durante la interrupción del suministro de la fuente normal y para minimizar

los problemas ocasionados por las fallas internas en los sistemas eléctricos esencial y no esencial.

Transformador de aislamiento: un transformador del tipo multidevanado, con los devanados primario y secundario acoplados sólo inductivamente, físicamente separados con una pantalla electrostática integrada entre ellos, y conectado a un sistema alimentador puesto a tierra que energiza su devanado primario.

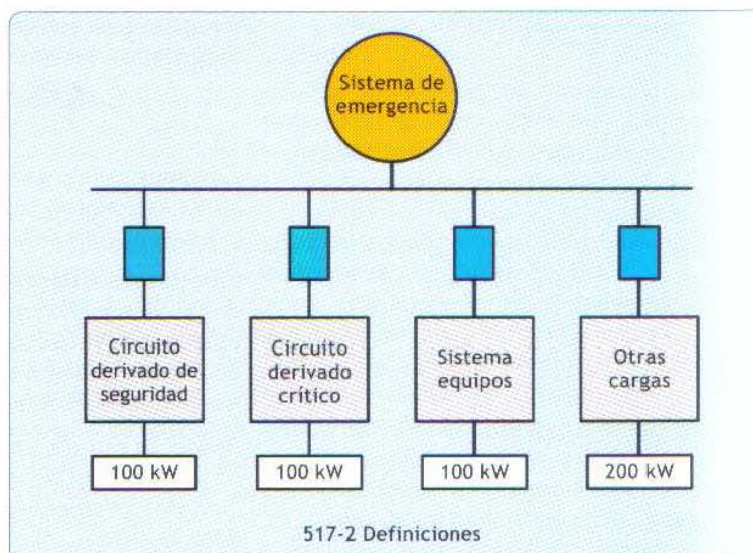


Fig. 1/9: Integración del sistema de emergencia.

Alambrado y protección

El objetivo de los requisitos de instalación y métodos de alambrado es minimizar las posibilidades de riesgos eléctricos, manteniendo adecuadas diferencias de potencial entre las superficies conductoras expuestas de equipos y aparatos utilizados en la vecindad del paciente y con los cuales el paciente puede tener contacto directo o a través de personas u otros medios.

Los métodos de alambrado deben cumplir con lo indicado en los capítulos del 1 al 4 de la norma vigente.

Conexión de puesta a tierra de receptáculos y equipo eléctrico fijo

Para todos los circuitos que se localicen en la vecindad del paciente y en áreas de atención de pacientes debe proveerse una trayectoria de puesta a tierra a través de la canalización metálica o cable armado.

El sistema de canalización o la cubierta del cable armado deben estar aprobados como conductores de puesta a tierra.



Fig. 2/9: Métodos de alambrado.

Conductor de puesta a tierra aislado de equipos eléctricos

Si el equipo eléctrico fijo funciona a más de 100 V y están sujetos a contactos con personas, las terminales de puesta a tierra de los receptáculos y todas las superficies no conductoras del equipo deben ser puestas a tierra por medio de un conductor de puesta a tierra aislado y seleccionarse de acuerdo a la tabla 250-95.

Áreas de atención general

- **Circuitos derivados para camas de pacientes.** Cada cama debe tener mínimo 2 circuitos derivados:
 - Un circuito derivado alimentado por el sistema de emergencia.
 - Un circuito derivado alimentado por la fuente de suministro normal.

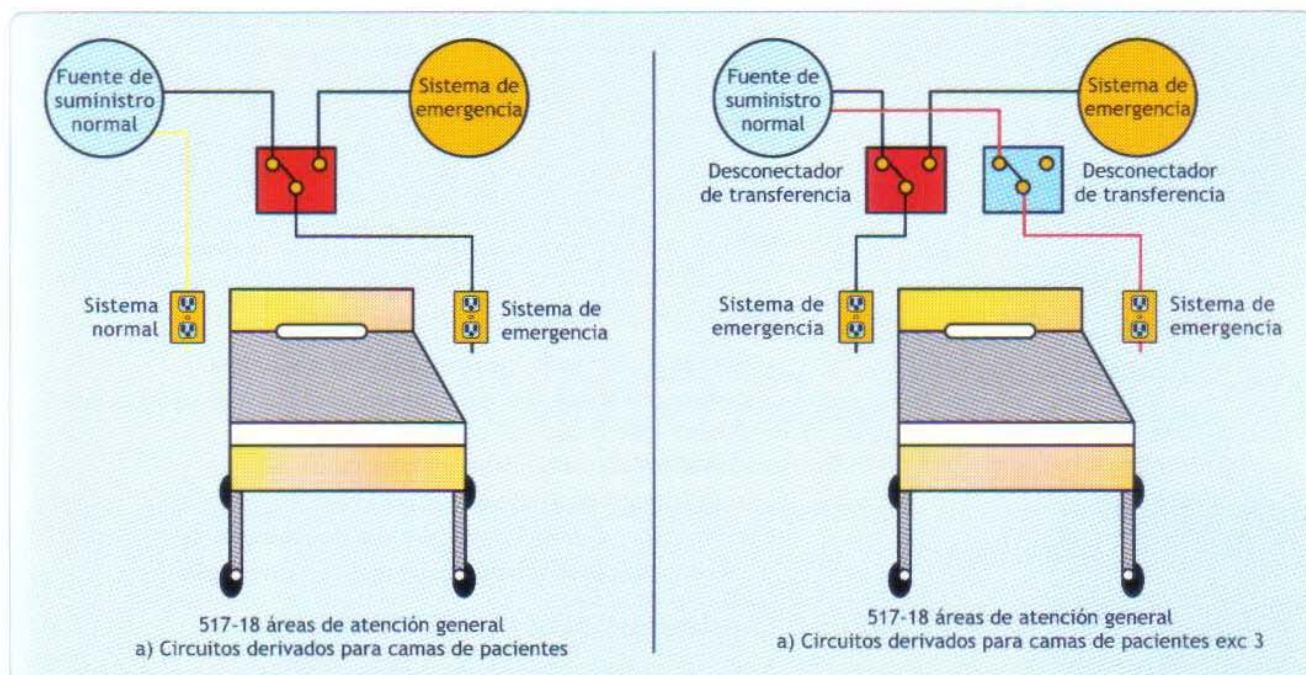


Fig. 3/9: Circuitos derivados para camas de pacientes.

- **Receptáculos para las camas de los pacientes**
Cada cama de paciente debe tener mínimo 4 receptáculos del tipo sencillo o dúplex.
Los receptáculos deben ser del tipo "grado hospital"
- **En áreas de pediatría**
Los receptáculos deben tener una protección para evitar que los niños introduzcan objetos en las aberturas.

Áreas de atención crítica

- **Circuitos derivados para camas de pacientes**
Cada cama debe tener mínimo 2 circuitos derivados:
 - Uno o más circuitos derivados alimentado por el sistema de emergencia.
 - Uno o más circuitos derivados alimentado por la fuente de suministro normal.

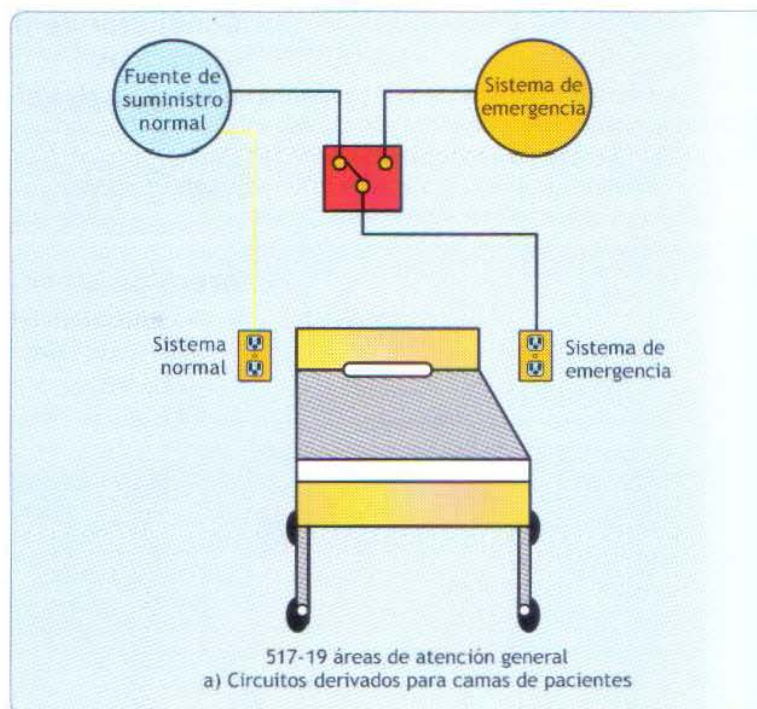


Fig. 4/9: Circuitos derivados para camas de pacientes.

• Receptáculos para las camas de los pacientes

Cada cama de paciente debe tener mínimo 6 receptáculos del tipo sencillo o duplex.

Cuando menos uno debe ser conectado a:

- El circuito derivado del sistema normal.
- Un circuito derivado del sistema de emergencia.

Los receptáculos deben ser del tipo "grado hospital"

Locales húmedos

Todos los receptáculos y equipo fijo dentro de un local mojado deben tener una protección para el personal con un interruptor de protección de fallas a tierra.

Los interruptores y los receptáculos de protección de fallas a tierra (GFCI) grado hospital deben de probarse para que operen a menos de 6 mA.

Sistema eléctrico esencial

El sistema eléctrico esencial para estos lugares, debe comprender un sistema capaz de suministrar una cantidad limitada de servicios de alumbrado y fuerza, los cuales son considerados esenciales para la preservación, la seguridad de la vida y para que se suspendan ordenadamente los procedimientos en ejecución durante el tiempo que se interrumpa el servicio eléctrico normal por cualquier causa.

Lo anterior incluye: clínicas para consulta externa, consultorios médicos y dentales, lugares para pacientes ambulatorios, enfermerías, lugares de atención limitada, hospitales y otras instalaciones para atención de la salud de pacientes.

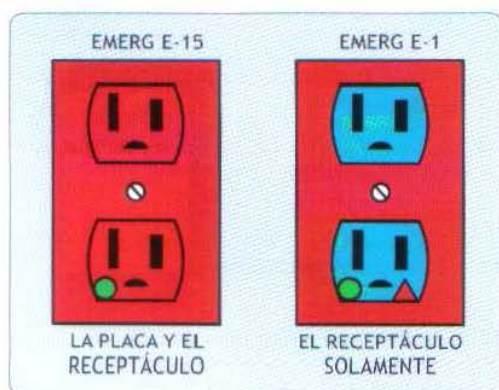


Fig. 5/9: Receptáculos para uso en sistema eléctrico esencial.

El sistema de emergencia debe estar limitado a circuitos esenciales para la seguridad de la vida y para atención crítica de pacientes. Estos están designados como circuitos derivados para la seguridad de la vida y circuitos derivados críticos.

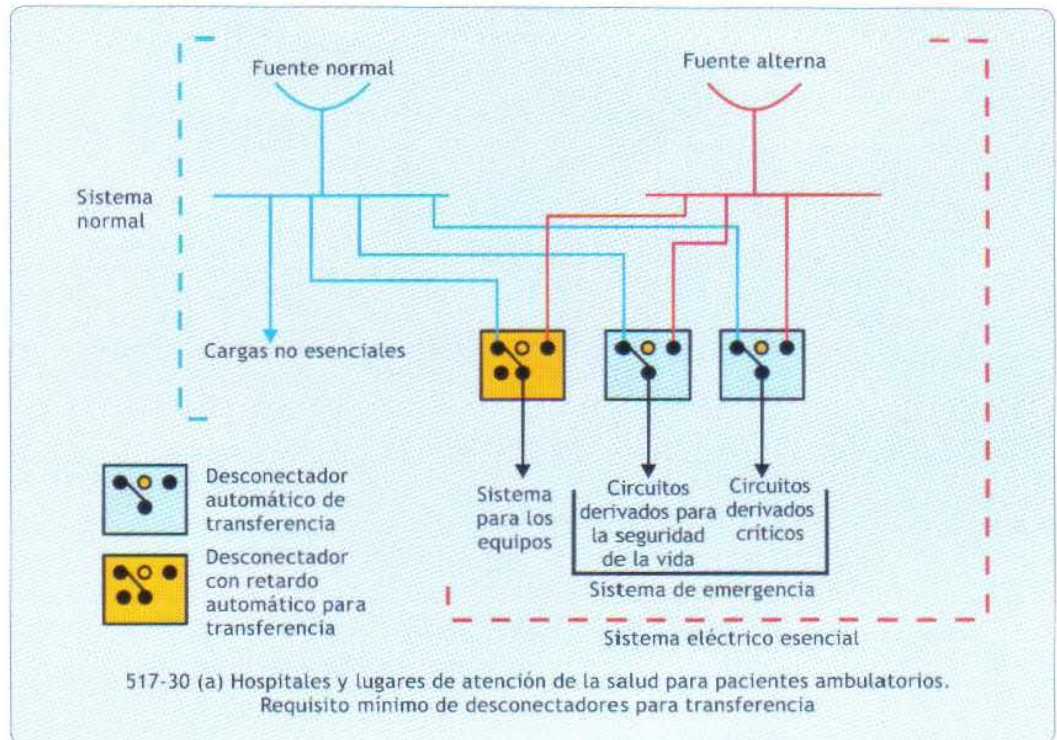


Fig. 6/9: Hospitales y lugares de atención de la salud para pacientes ambulatorios.

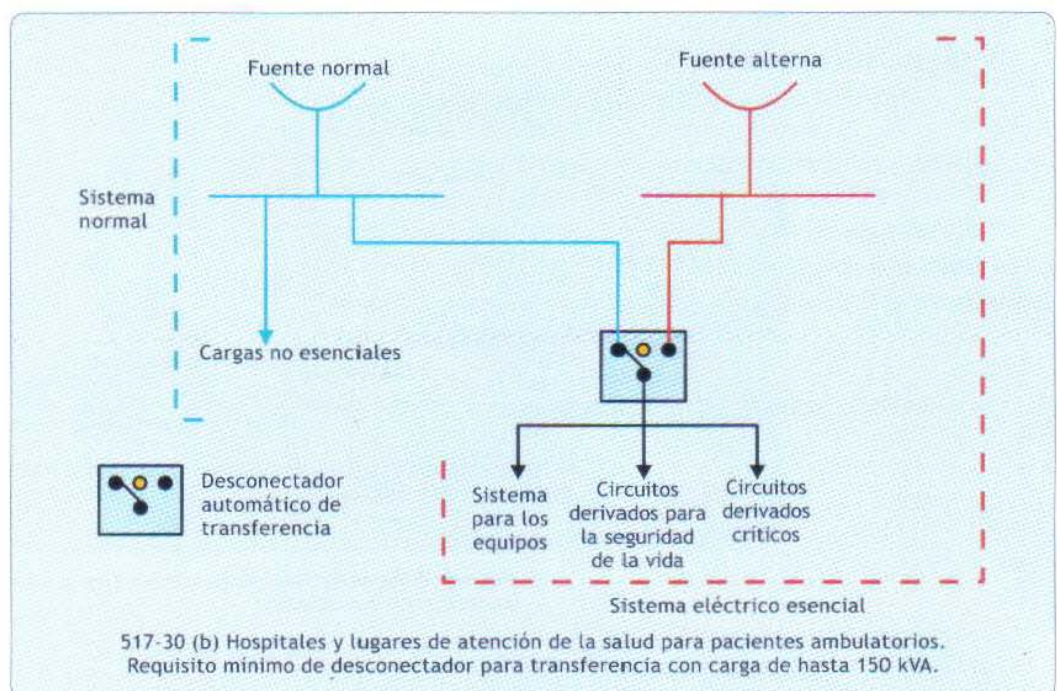


Fig. 7/9: Hospitales y lugares de atención de la salud para pacientes ambulatorios.

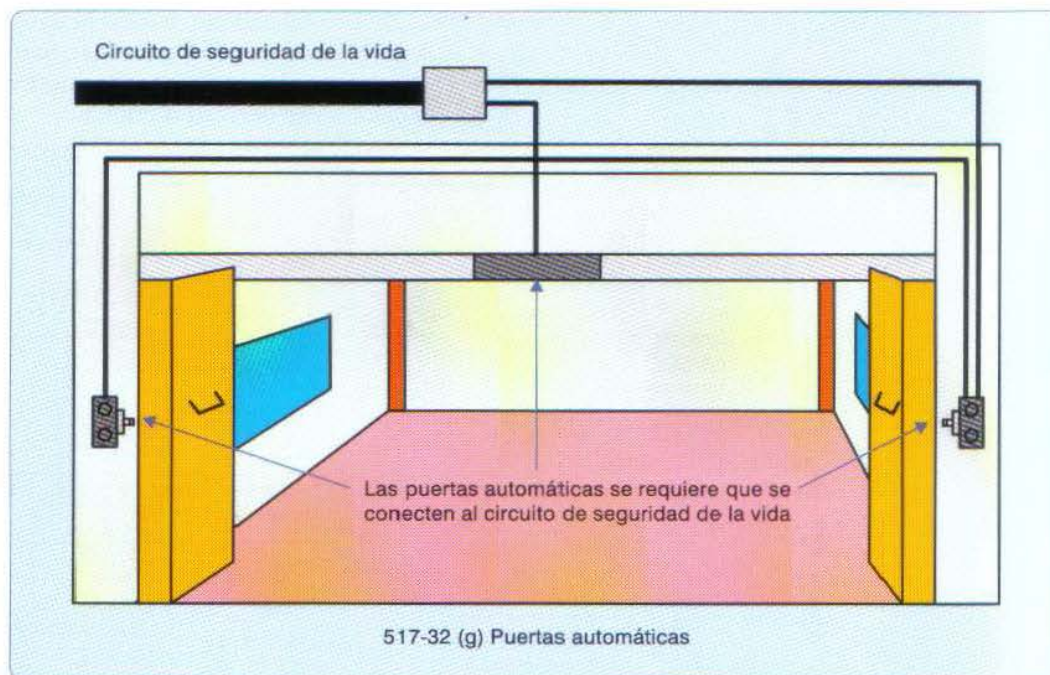


Fig. 8/9: Puertas automáticas.

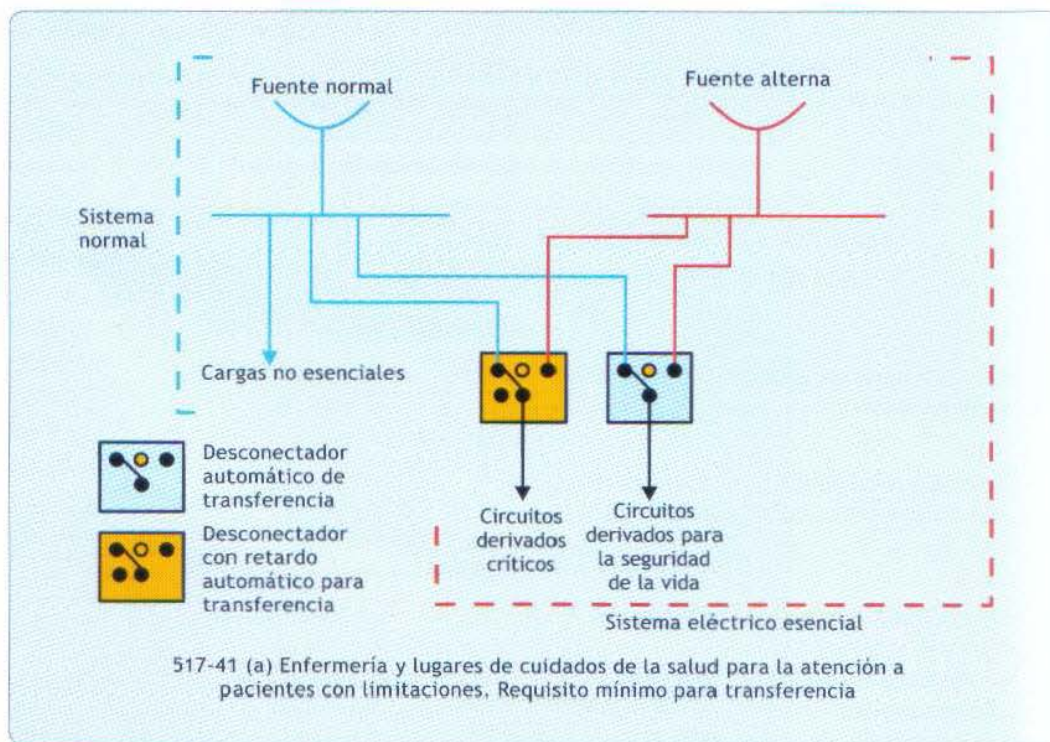


Fig. 9/9: Enfermería y lugares de cuidados de la salud para la atención a pacientes con limitaciones.

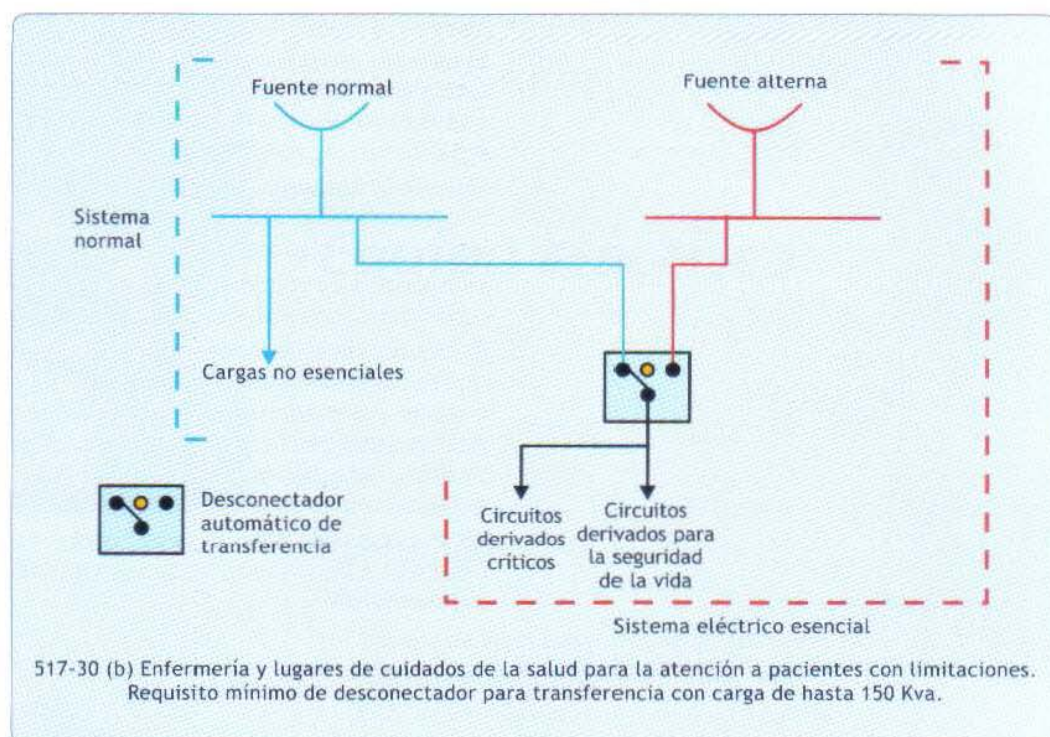


Fig. 10/9: Enfermería y lugares de cuidados de la salud para la atención a pacientes con limitaciones.

Sistema eléctrico aislado

- **Transformador de aislamiento:**

- La tensión máxima de alimentación del lado primario es de 600 V.
- La tensión del lado secundario no debe exceder de 600 V.

Los circuitos alimentados por el lado secundario del transformador no deben ser puestos a tierra.

Si el transformador tiene una pantalla electrostática debe ser puesta a tierra al punto de puesta a tierra de referencia.

Solamente deben alimentar a una sola sala de operación.

Los conductores de un circuito aislado se deben identificar por:

Conductor aislado 1 naranja, se debe conectar a la terminal del conductor puesto a tierra del receptáculo.

Conductor aislado 2 café

No se deben utilizar compuestos para facilitar el alambrado.

- **Monitor de aislamiento de línea**

El monitor de aislamiento de línea indica la corriente peligrosa total y debe estar diseñado para que cuando el sistema esté aislado de tierra, permanezca encendida una lámpara señalizadora de color verde.

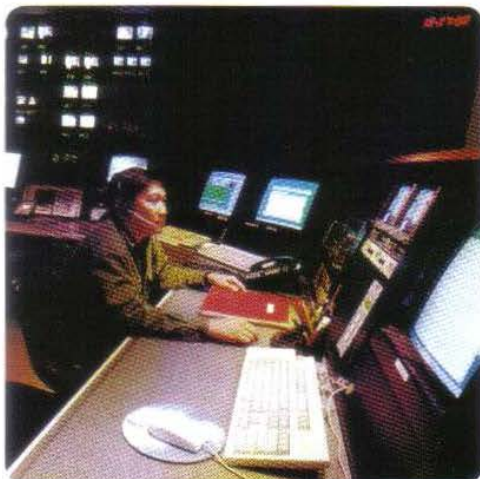
Cuando la corriente peligrosa total entre el conductor aislado y tierra alcance un valor cercano a los 5 mA, debe encenderse una lámpara señalizadora de color rojo y una alarma audible.

Para valores de corriente de 3,7 mA no debe activarse la alarma o para una corriente peligrosa total de menos de 5 mA.

El monitor de aislamiento de línea debe ser diseñado de modo que tenga impedancia interna suficiente para que, cuando se conecte apropiadamente al sistema aislado, la corriente máxima interna que pueda circular a través del monitor de aislamiento de línea, debe ser de 1 mA, cuando haya algún punto del sistema aislado puesto a tierra.

En el monitor de línea se debe conectar un amperímetro calibrado a la corriente peligrosa total del sistema y debe ser visible.

Nombre de archivo: CAPITULO 8 Y 9 (PAG
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis
documentos\araliz_2008 2\INSTALACIONES ESPECIALES\Libro-
Instalaciones Electricas Comerciales e Industriales
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 16/09/2008 14:39:00
Cambio número: 3
Guardado el: 16/09/2008 15:04:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 25 minutos
Impreso el: 16/09/2008 15:05:00
Última impresión completa
Número de páginas: 24
Número de palabras: 3 (aprox.)
Número de caracteres: 22 (aprox.)



Evoclad

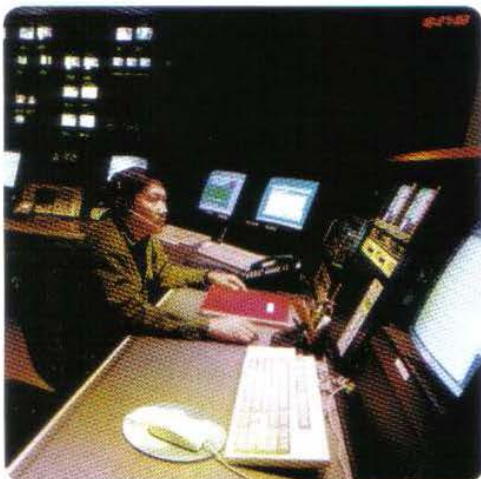


- Innovación.
- Versatilidad.
- Seguridad a operarios e instalaciones.

Equipo eléctrico

Contenido

Motores.	191
Cálculo de los conductores de alimentación	192
Cálculo del alimentador para varios motores	194
Cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra	195
Cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra para varios motores	198
Protección contra sobrecarga de los motores y de sus circuitos derivados	200
Circuitos de control de motores	201
Controladores (arrancadores) de motores	202
Medios de desconexión de motores y controladores	203
Centros de control de motores (CCM o MCC)	205
Transformadores.	206
Protección contra sobrecorriente	207
Transformadores de tipo seco instalados en exteriores	209
Transformadores en líquidos de alto punto de ignición	209
Transformadores aislados con fluidos no inflamables	209
Transformadores en askarel	209
Transformadores en aceite	210
Derivaciones de los conductores del lado secundario de un transformador	212
Sistemas de emergencia.	213
Alambrado de circuitos de emergencia	214
Generadores	214
Arreglos de puesta a tierra para sistemas de emergencia	215
Subestaciones.	216
Requerimientos de la norma vigente para subestaciones eléctricas	217
Niveles de iluminación mínimos	217



Evoclad



- Innovación.
- Versatilidad.
- Seguridad a operarios e instalaciones.

Alumbrado de emergencia	217
Pisos	218
Accesos y salidas	218
Protección contra incendio	218
Dispositivo de protección contra sobrecorriente	218
Consideraciones ambientales	218
Funcionamiento	219
Medio aislante de los transformadores	219
Materiales aislantes	219
Máquinas de soldar eléctricas	219
Máquinas de soldar de arco tipo autotransformador y de rectificador de c.c.	219
Máquinas de soldar del tipo arco motor-generador	220
Máquinas de soldar por resistencia	221
Cable para soldar	222
Mejoramiento del factor de potencia	222
Factor de potencia	223
¿Qué es el factor de potencia?	223
¿Cómo mejorar el factor de potencia?	223
Seguridad eléctrica	224
¿Qué es un lugar de trabajo seguro?	225
Peligros eléctricos	225
Análisis de riesgo	227
Límites de aproximación	228
Preparándose para lo peor: accidente o lesión	229
Estudio de ARC-FLASH	230
Bombas contra incendio	230
Transformadores para la alimentación de bombas contra incendio	234
Métodos de alambrado	236
Código de colores	236
Instalación de conductores de un circuito eléctrico	237
Instalación de conductores de sistemas diferentes	238
Protección contra daño físico	238
Instalaciones subterráneas	239
Corrosión	240
Instalación de conductores con otros sistemas que no sean eléctricos	240
Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas	241
Número y tamaño de conductores en canalizaciones	241
Conductores para alambrado en general	241
Tamaño mínimo de los conductores	242
Conductores expuestos a radiación solar	242

Motores

El motor es una máquina rotatoria que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

Para dar suministro de energía eléctrica a un motor es necesario conocer los siguientes datos que se encuentran en la placa del motor:

- Potencia del motor, en KW o en C. P. o en H.P.
- Tensión de suministro en volts.
- Número de fases, 3, 2, 1.
- Corriente a plena carga.
- Frecuencia, hertz.
- Diseño del motor B,C,D o E.
- Letra de código para rotor bloqueado.
- Velocidad máxima.
- Temperatura máxima de operación.

Es muy importante conocer el ambiente donde se va a instalar un motor, para la selección adecuada del mismo.

La siguiente figura muestra los elementos que debe contener un circuito eléctrico que alimente a un motor.

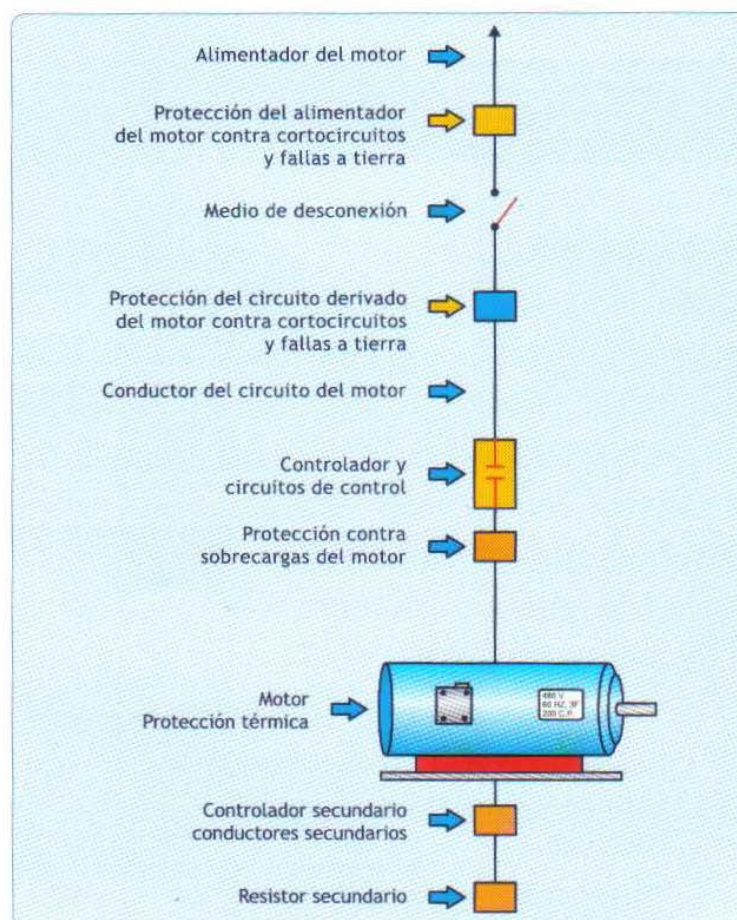


Fig. 1/10: Componentes del circuito de alimentación a un motor.

Cálculo de los conductores de alimentación

La corriente eléctrica que se debe utilizar para calcular el conductor de alimentación, es la que se indica en las tablas 430-147, 430-148, 430-150, de acuerdo a su tensión de alimentación, potencia en kW, C.P., número de fases, si es de corriente alterna o corriente continua.

Tabla 430-147.- Corriente eléctrica a plena carga, en amperes (A) de motores de corriente continua (c.c.)

kW	CP	Tensión eléctrica nominal de armadura		
		120 V	240 V	500 V
0,19	1/4	3,1	1,6	—
0,25	1/3	4,1	2,0	—
0,37	1/2	5,4	2,7	—
0,56	3/4	7,6	3,8	—
0,75	1	9,5	4,7	—
1,12	1-1/2	13,2	6,6	—
1,50	2	17	8,5	—
2,25	3	25	12,2	—
3,75	5	40	20	—
5,60	7-1/2	58	29	13,6
7,50	10	76	38	18
11,2	15	—	55	27
14,9	20	—	72	34
18,7	25	—	89	43
22,4	30	—	106	51
29,8	40	—	140	67
37,3	50	—	173	83
44,8	60	—	206	99
56,0	75	—	255	123
75,0	100	—	341	164
93,0	125	—	425	205
120	150	—	506	246
149	200	—	675	330

* son valores promedio en c.c.

Tabla 430-148.- Corriente eléctrica a plena carga, en amperes (A) de motores monofásicos de corriente alterna (c.a.)

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad, en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes eléctricas listadas deben utilizarse para tensiones eléctricas de sistemas en los intervalos de 110 V hasta 120 V y 220 V hasta 240 V.

kW	CP	115 V	127 V	208 V	230 V
0,12	1/6	4,4	4,0	2,4	2,2
0,19	1/4	5,8	5,3	3,2	2,9
0,25	1/3	7,2	6,5	4	3,6
0,37	1/2	9,8	8,9	5,4	4,9
0,56	3/4	13,8	11,5	7,6	6,9
0,75	1	16	14,0	8,8	8
1,12	1-1/2	20	18,0	11	10
1,50	2	24	22,0	13,2	12
2,25	3	34	31,0	18,7	17
3,75	5	56	51,0	30,8	28
5,60	7-1/2	80	72,0	44	40
7,50	10	100	91,0	55	50

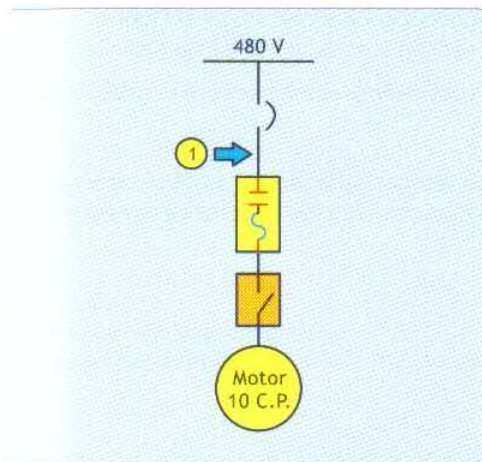


Fig. 2/10: Diagrama unifilar de motor de 10 C.P.

La corriente indicada en la placa de datos del motor no se debe utilizar para realizar estos cálculos.

Ejemplo:

Se tiene un motor trifásico a 480 V de corriente alterna, con una potencia de 7,46 kW (10 C.P.) ¿Qué corriente se debe utilizar, para calcular el conductor alimentador?

Paso 1

Se consulta la tabla 430-150, se busca 7,46 kW (10 C.P.), y se desplaza hacia la derecha en la columna de 460 V y se encuentra que la corriente a plena carga del motor es de 14 A.

Tabla 430-150: Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de c.a.

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son típicos para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales.

Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden requerir corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples deben tener una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son de motores. Las corrientes listadas deben usarse para sistemas de tensiones eléctricas de 110 V hasta 120 V, 220 V hasta 240 V, 440 V hasta 480 V y 550 V hasta 600 V.

kW	CP	Motor de inducción Jaula de ardilla y rotor devanado, en amperes (A)							Motor síncrono, con factor de potencia unitario, en amperes (A)			
		V										
		115	200	208	230	460	575	2 300	230	460	575	2 300
0,37	1/2	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	0,9					
0,56	3/4	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	1,3					
0,75	1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	1,7					
1,12	1-1/4	12,0	6,9	6,6	6,0	3,0	2,4					
1,50	2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	2,7					
2,25	3		11,0	10,6	9,6	4,8	3,9					
3,75	5		17,5	16,7	15,2	7,6	6,1					
5,60	7-1/2		25,3	24,2	22	11	9					
7,46	10		32,2	30,8	28	14	11					
11,2	15		48,3	46,2	42	21	17					
14,9	20		62,1	59,4	54	27	22		53	26	21	
18,7	25		78,2	74,8	68	34	27					
22,4	30		92	88	80	40	32		63	32	26	
29,8	40		120	114	104	52	41		83	41	33	
37,3	50		150	143	130	65	52		104	52	42	
44,8	60		177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56,0	75		221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75,0	100		285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93,0	125		359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
111,9	150		414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
149	200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250						302	242	60			
224	300						361	289	72			
261	350						414	336	83			
298	400						477	382	95			
336	450						515	412	103			
373	500						590	472	118			

Para factor de potencia de 90% y 80%, las cantidades anteriores deben multiplicarse por 1,1 y 1,25, respectivamente.

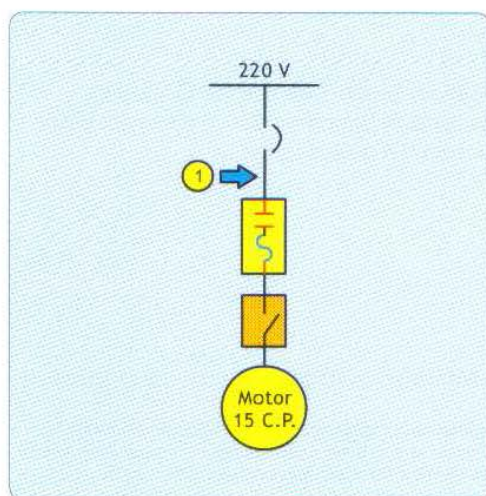


Fig. 3/10: Diagrama unifilar de motor de 15 C.P.

Una vez que se conoce la corriente a plena carga del motor, se procede a realizar el cálculo del conductor alimentador.

A la corriente a plena carga del motor se multiplica por el 125%, es decir:

$$I_m = 125 \% \times I_{pc}$$

Es importante resaltar que después de aplicar el 125% a corriente a plena carga del motor, se deben aplicar los factores de agrupamiento y de temperatura.

Ejemplo

Se desea alimentar a un motor trifásico de corriente alterna de 11,2 kW (15 C.P.), a una tensión de 220 V, cuál es el tamaño mínimo del conductor?

Paso 1

Se consulta la tabla 430-150

Resulta que la corriente a plena carga del motor es de 46,2 A

Paso 2

Se aplica el 125% a la corriente a plena carga del motor

$$I_m = 1,25 \times 46,2$$

$$I_m = 57,75 \text{ A}$$

Paso 3

Se consulta la tabla 310-16 en la columna de 60°C, resultando una designación de 21,2 mm², con una capacidad de corriente de 70 A.

El circuito eléctrico estará compuesto por 3 conductores de 21,2 mm² (4 AWG).

Cálculo del alimentador para varios motores

Cuando se tienen varios motores, el conductor alimentador se calcula de la siguiente manera:

Paso 1

Se consultan las tablas 430-147, 430-148, 430-150 (pág. 192-193), para determinar la corriente a plena carga de cada uno de los motores.

Paso 2

La corriente total es igual al 125% de la corriente del motor mayor más las corrientes de los demás motores

$$I_{pc} = 1,25 \times I_{\text{motor mayor}} + I_{\text{demás motores.}}$$

Ejemplo

Calcule el conductor alimentador para los siguientes motores trifásicos

3,75 kW (5 C.P.)	3F, 220 V
7,46 kW (10 C.P.)	3F, 220 V
7,46 kW (10 C.P.)	3F, 220 V

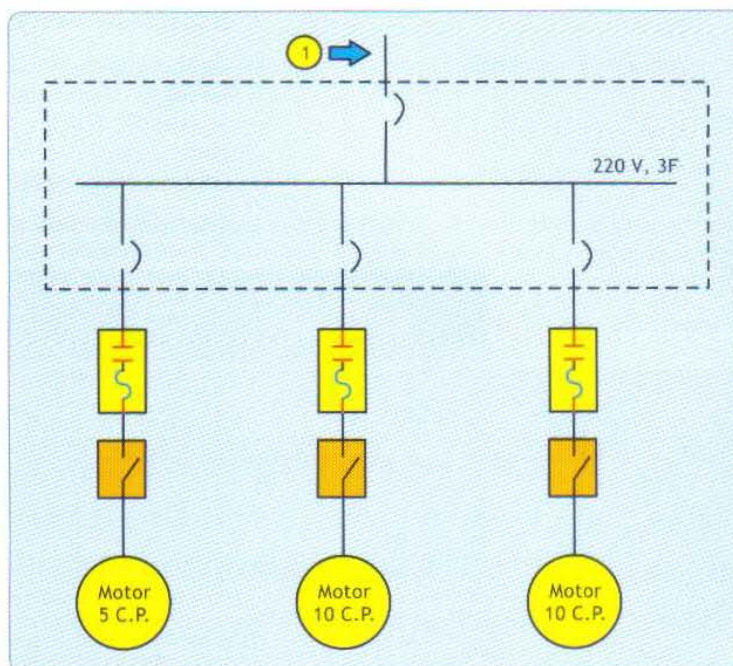


Fig. 4/10: Diagrama unifilar para varios motores.

Paso 1

Se consulta la tabla 430-150 y se busca la corriente a plena carga de cada uno de los motores, resultando

3,75 kW (5 C.P.) $I_{pc} = 16,7 \text{ A}$

7,46 kW (10 C.P.) $I_{pc} = 30,8 \text{ A}$

7,46 kW (10 C.P.) $I_{pc} = 30,8 \text{ A}$

Paso 2

Se aplica la fórmula:

$I_{pc} = 1,25 \times I_{\text{motor mayor}} + I_{\text{demás motores}}$

$I_{pc} = 1,25 \times 30,8 + 30,8 + 16,7$

$I_{pc} = 38,5 + 47,5$

$I_{pc} = 86 \text{ A}$

Paso 3

Se consulta la tabla 310-16 en la columna a 60°C , resultando un tamaño de $33,6 \text{ mm}^2$ (2 AWG).

El circuito alimentador estará formado por 3 conductores de $33,6 \text{ mm}^2$ (2 AWG).

Cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra

Primer paso

Para el cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra, la corriente que se debe utilizar es la que se indica en las tablas 430-147, 430-148, 430-150.

Segundo paso

Se consulta la tabla 430-152, de acuerdo al tipo de motor y al tipo de protección a utilizar, ya seas fusibles o interruptores automáticos, se indica el porcentaje máximo que se debe aplicar a la corriente a plena carga del motor para el cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra.

Tabla 430-152.- Valor máximo o ajuste para el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado del motor.

Tipo de motor	Por ciento de la corriente eléctrica a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible de dos elementos** (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores de CA, polifásicos, que no sean de rotor devanado. Jaula de ardilla	300	175	800	250
Otros que no sean diseño E	300	175	1 100	250
Diseño E				
Motores síncronos +	300	175	800	250
Rotor devanado	150	150	800	250
c.c. (tensión eléctrica constante)	150	150	250	150

Para ciertas excepciones a los valores especificados, véase 430-52 hasta 430-54.

* Los valores dados en la última columna comprenden también las capacidades de los tipos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse como se indica en 430-52.

** Los valores en la columna para fusible sin retardo de tiempo aplican para fusibles Clase CC con retardo de tiempo.

+ Los motores síncronos de bajo par de arranque y baja velocidad (comúnmente 450 RPM o menos), como son los empleados para accionar compresores recíprocos, bombas, etc., que arrancan en vacío, no requieren una capacidad de fusible o un ajuste mayor que 200% de la corriente eléctrica a plena carga.

Ejemplo:

Se tiene un motor trifásico jaula de ardilla de 7,46 kW (10 C.P.) a una tensión de 480 V de corriente alterna, calcule el máximo dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra para la protección del motor, con fusibles con retardo de tiempo y con un interruptor automático de tiempo inverso (termomagnético).

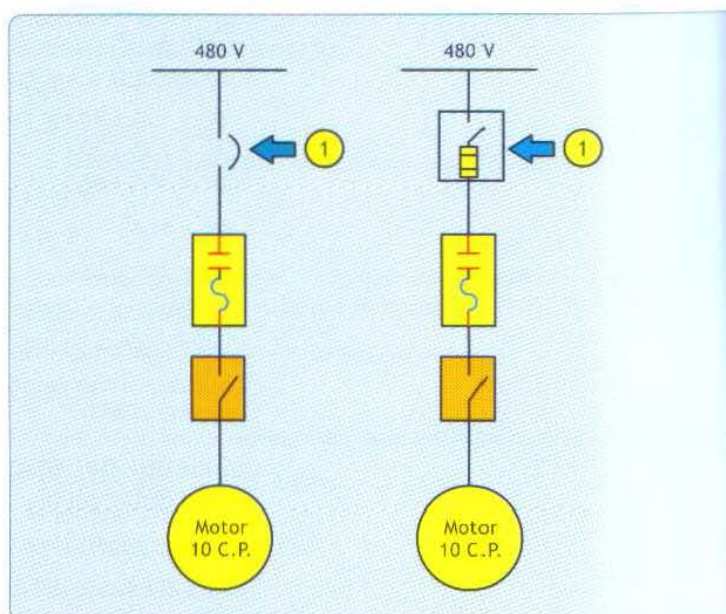


Fig. 5/10: Diagrama unifilar para cálculo de protecciones para un motor.

Paso 1

Se consulta la tabla 430-150 y se busca la corriente a plena carga del motor de 7,46 kW (10 C.P.).

$$I_{pc} = 14 \text{ A}$$

Paso 2

Se consulta la tabla 430-152 y se busca el porcentaje de aplicación para el cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra.

Tabla 430-152. Valor máximo o ajuste para el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado del motor

Tipo de motor	Por ciento de la corriente eléctrica a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible de dos elementos** (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso*
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores de CA, polifásicos, que no sean de rotor devanado.	300	175	800	250
Jaula de ardilla				
Otros que no sean diseño E	300	175	1 100	250
Diseño E				
Motores síncronos +	300	175	800	250
Rotor devanado	150	150	800	250
c.c. (tensión eléctrica constante)	150	150	250	150

Para ciertas excepciones a los valores especificados, véase 430-52 hasta 430-54.

* Los valores dados en la última columna comprenden también las capacidades de los tipos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse como se indica en 430-52.

** Los valores en la columna para fusible sin retardo de tiempo aplican para fusibles Clase CC con retardo de tiempo.

+ Los motores síncronos de bajo par de arranque y baja velocidad (comúnmente 450 RPM o menos), como son los empleados para accionar compresores recíprocos, bombas, etc., que arrancan en vacío, no requieren una capacidad de fusible o un ajuste mayor que 200% de la corriente eléctrica a plena carga.

Paso 3

Si se utilizan fusibles con retardo de tiempo se debe aplicar el 175% máximo a la corriente a plena carga.

Si se utilizan interruptores automáticos de tiempo inverso se debe aplicar el 250% máximo a la corriente a plena carga.

Fusibles con retardo de tiempo

$$I_{prot} = 1,75 \times 14 \text{ A}$$

$$I_{prot} = 24,5$$

Se consulta la sección 240-6 (a) y se selecciona la capacidad normalizada de 20 A.

Interruptor automático de tiempo inverso

$$I_{prot} = 2,5 \times 14 \text{ A}$$

$$I_{prot} = 35 \text{ A}$$

Se consulta la sección 240-6 (a) y se selecciona la capacidad normalizada de 30 A.

Cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra para varios motores

Cuando se tienen varios motores, el dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra se calcula de la siguiente manera:

Paso 1

Se consultan las tablas 430-147, 430-148, 430-150, para determinar la corriente a plena carga de cada uno de los motores.

Paso 2

El dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra es igual al dispositivo de protección del motor mayor más las corrientes de los demás motores

$$I_{prot} = I_{prot \text{ motor mayor}} + I_{n \text{ demás motores}}$$

Ejemplo

Calcule el dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra para los siguientes motores trifásicos y el dispositivo de protección principal contra cortocircuito y fallas a tierra.

3,75 kW (5 C.P.) 3F, 220 V

7,46 kW (10 C.P.) 3F, 220 V

7,46 kW (10 C.P.) 3F, 220 V

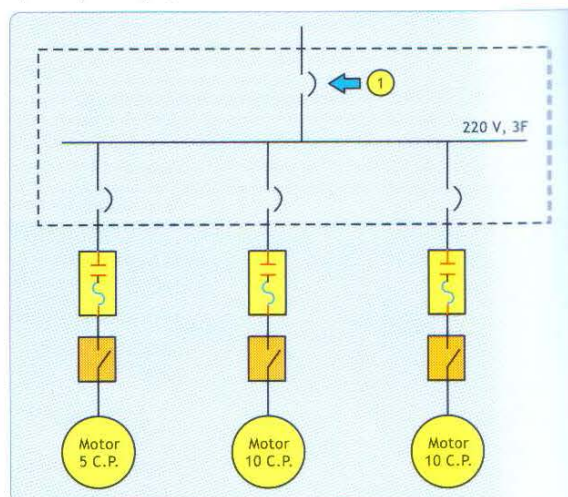


Fig. 6/10: Diagrama unifilar para cálculo de protecciones para varios motores

Paso 1

Se consulta la tabla 430-150 y se busca la corriente a plena carga de cada uno de los motores, resultando

3,75 kW (5 C.P.) $I_{pc} = 16,7 \text{ A}$

7,46 kW (10 C.P.) $I_{pc} = 30,8 \text{ A}$

7,46 kW (10 C.P.) $I_{pc} = 30,8 \text{ A}$

Paso 2

Se consulta la tabla 430-152 y se busca el porcentaje de aplicación para el cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra.

Paso 3

Si se utilizan fusibles con retardo de tiempo se debe aplicar el 175% máximo a la corriente a plena carga.

Si se utilizan interruptores automáticos de tiempo inverso se debe aplicar el 250% máximo a la corriente a plena carga.

Motor de 3,75 kW (5 C.P.)

Fusibles con retardo de tiempo

$$I_{prot} = 1,75 \times 16,7 \text{ A}$$

$$I_{prot} = 29,22$$

Se consulta la sección 240-6 (a) y se selecciona la capacidad normalizada de 25 A.

Interruptor automático de tiempo inverso

$$I_{prot} = 2,5 \times 16,7 \text{ A}$$

$$I_{prot} = 41,75 \text{ A}$$

Se consulta la sección 240-6 (a) y se selecciona la capacidad normalizada de 40 A.

Motor de 7,46 kW (10 C.P.)

Fusibles con retardo de tiempo

$$I_{prot} = 1,75 \times 30,8 \text{ A}$$

$$I_{prot} = 53,9$$

Se consulta la sección 240-6 (a) y se selecciona la capacidad normalizada de 50 A.

Interruptor automático de tiempo inverso

$$I_{prot} = 2,5 \times 30,8 \text{ A}$$

$$I_{prot} = 77 \text{ A}$$

Se consulta la sección 240-6 (a) y se selecciona la capacidad normalizada de 70 A.

Paso 4

El dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra es igual al dispositivo de protección del motor mayor más las corrientes de los demás motores

$$I_{prot} = I_{prot \text{ motor mayor}} + I_{n \text{ demás motores}}$$

$$I_{prot} = 70 + 30,8 + 16,7$$

$$I_{prot} = 117,5 \text{ A}$$

Se consulta la sección 240-6 (a) y se selecciona la capacidad normalizada de 100 A.

Protección contra sobrecarga de los motores y de sus circuitos derivados

La protección contra sobrecarga protege al motor a los conductores, contra el excesivo calentamiento debido a las sobrecargas y fallas en el arranque del motor.

Una sobrecarga en un aparato eléctrico origina una sobrecorriente que, si persiste por un tiempo prolongado puede dañar o calentar peligrosamente el aparato, no incluye cortocircuitos ni fallas a tierra.

En los sistemas contra incendios la bomba eléctrica principal y auxiliar (jockey) no deben tener relevadores de sobrecarga, ya que deben transportar indefinidamente la corriente a rotor bloqueado.

Para motores de servicio continuo de más de 0,75 kW (1 C.P.), se deben proteger contra sobrecarga por:

- Un dispositivo separado de sobrecarga sensible a la corriente eléctrica del motor; la corriente de disparo no debe ser mayor a:
 - Motores con factor de servicio indicado no menor que 1,15: 125%
 - Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor que 40 °C: 125%
 - Todos los demás motores: 115%

Este valor puede ser modificado según lo permitido por la sección 430-34.

Para un motor de varias velocidades, cada conexión del devanado debe ser considerada por separado.

Cuando el relevador de sobrecarga seleccionado no sea suficiente para soportar la carga aplicada, se permite utilizar el relevador inmediato superior, siempre y cuando su corriente eléctrica de disparo no exceda los porcentos de la corriente del motor operando a plena carga:

- Motores con factor de servicio indicado no menor que 1,15: 140%
- Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor que 40 °C: 140%
- Todos los demás motores: 130%

El número mínimo permitido y la ubicación de los dispositivos de protección se indican en la siguiente tabla:

Tabla 430-37.- Dispositivos de sobrecarga para protección del motor

Tipo de motor	Sistema de alimentación	Número y ubicación de dispositivos de sobrecarga tales como bobinas de disparo o relevadores
1 fase c.a. o c.c.	2 hilos, 1 fase c.a. o c.c., ninguno puesto a tierra.	Uno en cualquier conductor.
1 fase c.a. o c.c.	2 hilos, 1 fase c.a. o c.c., un conductor puesto a tierra.	Uno en el conductor no puesto a tierra.
1 fase c.a. o c.c.	3 hilos, 1 fase c.a. o c.c., con neutro puesto a tierra.	Uno en cualquiera de los conductores no puestos a tierra.
1 fase c.a.	Cualquiera de las 3 fases.	Uno en el conductor no puesto a tierra.
2 fases c.a.	3 hilos, 2 fases c.a., ninguno puesto a tierra.	2, uno en cada fase.
2 fases c.a.	3 hilos, 2 fases c.a., con 1 conductor puesto a tierra.	2 en los conductores no puestos a tierra.
2 fases c.a.	4 hilos, 2 fases c.a., con o sin conductor de puesta a tierra.	2, uno por fase en conductores no puestos a tierra.
2 fases c.a.	5 hilos, 2 fases c.a., con neutro puesto o no a tierra.	2, uno por fase en cualquier conductor no puesto a tierra.
3 fases c.a.	Cualquiera de las 3 fases.	3, uno en cada fase*.

*Excepción: No se exige una unidad de sobrecarga en cada fase cuando se suministra protección contra sobrecarga por otros medios aprobados.

Circuitos de control de motores

El circuito de control de un aparato eléctrico o sistema de control, es el circuito que transporta las señales eléctricas que gobiernan el funcionamiento del controlador (arrancador) pero no transporta la corriente del circuito principal de energía.

El circuito de control debe estar protegido contra sobrecorriente, los conductores se deben proteger de acuerdo a la columna A de la tabla 430-72(b).

Tabla 430-72 (b).- Máximo ajuste de los dispositivos de protección por sobrecorriente en amperes (A)

Conductor del circuito de control		Columna A Regla básica		Columna B Excepción 1		Columna C Excepción 2	
mm ²	AWG	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
0,824	18	7	---	25	---	7	---
1,31	16	10	---	40	---	10	---
2,08	14	nota 1	---	100	---	45	---
3,31	12	nota 1	---	120	---	60	---
5,26	10	nota 1	---	160	---	90	---
mayor que 5,26	mayor que 10	Nota 1	nota 1	nota 2	nota 2	nota 3	nota 3

Notas

1.- Valores especificados en 310-15, según sea aplicable.

2.- 400% del valor especificado en la Tabla 310-17 para conductores de 60°C.

3.- 300% del valor especificado en la Tabla 310-16 para conductores de 60°C.

La siguiente tabla muestra la potencia del motor a rotor bloqueado, que se define como los valores obtenidos a través de bloquear mecánicamente el rotor (no poder girar) a tensión plena.

Tabla 430-7(b).- Letras de código para rotor bloqueado

Letra de código	kVA por kW a rotor bloqueado	KVA por CP a rotor bloqueado
A	0,00 -- 2,34	0,00 -- 3,14
B	2,35 -- 2,64	3,15 -- 3,54
C	2,65 -- 2,98	3,55 -- 3,99
D	2,99 -- 3,35	4,00 -- 4,49
E	3,36 -- 3,72	4,50 -- 4,99
F	3,73 -- 4,17	5,00 -- 5,59
G	4,18 -- 4,69	5,60 -- 6,29
H	4,70 -- 5,29	6,30 -- 7,09
J	5,30 -- 5,96	7,10 -- 7,99
K	5,97 -- 6,70	8,00 -- 8,99
L	6,71 -- 7,45	9,00 -- 9,99
M	7,46 -- 8,35	10,00 -- 11,19
N	8,35 -- 9,31	11,20 -- 12,49
P	9,32 -- 10,43	12,50 -- 13,99
R	10,44 -- 11,93	14,00 -- 15,99
S	11,94 -- 13,42	16,00 -- 17,99
T	13,43 -- 14,91	18,00 -- 19,99
U	14,92 -- 16,70	20,00 -- 22,39
V	16,71 -- y más	22,40 -- y más

La corriente a rotor bloqueado está dada por:

$$I = (KVA \times 1000) / (1,73 \times E)$$

Ejemplo

Para un motor con letra de código A, en 220 V, la corriente a rotor bloqueado es

$$I = 3,14 \times 1000 / (1,73 \times 220)$$

$$I = 8,25 \text{ A}$$

Controladores (arrancadores) de motores

Un controlador (arrancador) es cualquier desconectador o dispositivo normalmente utilizado para arrancar o parar un motor, cerrando o abriendo el circuito de éste.

El controlador debe tener una capacidad en kW (C.P.) a la tensión eléctrica de suministro, que no debe ser menor que la del motor.

Tipos de envoltentes para controladores, desconectadores y dispositivos de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra de motores

Las tablas 430-91 y 430-91(a) proporcionan los datos para seleccionar adecuadamente el tipo de envoltente a emplear en áreas no peligrosas de acuerdo a la clasificación norteamericana e IEC.

Tabla 430-91.- Selección de envoltentes para controladores de motores (Clasificación norteamericana)

Uso exterior							
Protección contra las siguientes condiciones ambientales	Tipo de envoltente**						
	3	3R	3S	4	4X	6	6P
Contacto incidental con el gabinete	X	X	X	X	X	X	X
Lluvia, nieve, granizo	X	X	X	X	X	X	X
Granizo*			X				
Polvo en suspensión en el aire	X		X	X	X	X	X
Escurrecimiento en las canalizaciones				X	X	X	X
Agentes corrosivos					X		X
Inmersión temporal						X	X
Inmersión prolongada							X

*El mecanismo debe ser operable cuando está cubierto de hielo

Uso interior										
Protección contra las siguientes condiciones ambientales	Tipo de envoltente**									
	1	2	4	4x	5	6	6P	12	12k	13
Contacto incidental con el gabinete	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acumulación de suciedad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Caída de líquidos y goteo ligero		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Polvo circulante, pelusa, fibras.			X	X		X	X	X	X	X
Depósito de polvo, pelusas y fibras			X	X	X	X	X	X	X	X
Escurrecimiento y salpicaduras de agua			X	X		X	X			
Filtración de aceite y líquido refrigerante								X	X	X
Salpicaduras de aceite y refrigerante										X
Agentes corrosivos				X			X			
Inmersión temporal						X	X			
Inmersión prolongada							X			

** El tipo de envoltente debe estar marcado en la cubierta del controlador del motor.

Tabla 430-91(a).- Selección de envoltentes para controladores de motores (Clasificación IEC)

Elemento	Números o letras	Significado para protección del equipo	Significado para protección de personas
Letras del código	IP**	---	---
Primer número característico	0	Contra el ingreso de objetos extraños sólidos (No protegido)	Contra el acceso a partes peligrosas con (No protegido)
	1	50 mm de diámetro	Dorso de la mano
	2	12,5 mm de diámetro	Dedo
	3	2,5 mm de diámetro	Herramienta
	4	1,0 mm de diámetro	Alambre
	5	Protegido contra el polvo	Alambre
	6	Hermético al polvo	Alambre
Segundo número característico	0	Contra el ingreso de agua con efectos perjudiciales (No protegido)	---
	1	Goteo vertical	---
	2	Goteo (15° de inclinación)	---
	3	Rocío	---
	4	Salpicado	---
	5	Chorro	---
	6	Chorro fuerte	---
	7	Inmersión temporal	---
	8	Inmersión continua	---
Letra adicional (opcional)	A	---	Contra el acceso a partes peligrosas con:
	B	---	Dorso de la mano
	C	---	Dedo
	D	---	Herramienta
Letra suplementaria (opcional)	H	Información específica suplementaria:	---
	M	Aparatos de alta tensión	---
	S	Movimiento durante la prueba de agua	---
	W	Fijo durante la prueba de agua	---

** El tipo de envoltente debe estar marcado en la cubierta del controlador del motor

Medios de desconexión de motores y controladores

Localización

Un medio de desconexión se debe instalar a la vista desde el controlador.

Un medio de desconexión se debe instalar a la vista desde la ubicación del motor y de la máquina que maneja; excepto si el medio de desconexión que esté a la vista del controlador se bloquee individualmente en la posición de abierto.

Los medios de desconexión deben ser fácilmente accesibles.

Los tipos de medios de desconexión pueden ser:

- Un desconectador de navajas con capacidad en kW o C.P.
- Un interruptor automático abierto o en caja, con o sin protección térmica y magnética.

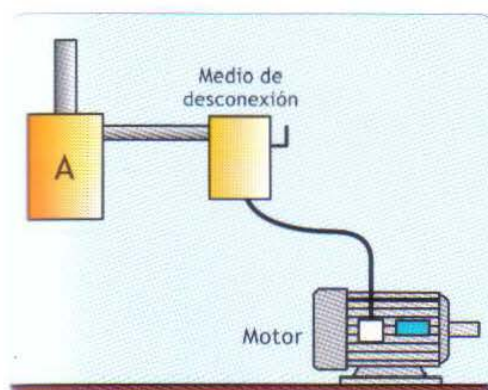


Fig. 7/10: Medio de desconexión a la vista del motor.

Capacidad e interruptiva

Los medios de desconexión para motores de menos de 600 V, deben tener una capacidad mínima del 115% de la corriente eléctrica a plena carga del motor.

Cuando se tengan uno o más motores utilizados en combinación con otras cargas y cuando la carga combinada pueda estar conectada a un solo medio de desconexión, la capacidad en kW o C.P., se determinará de la siguiente manera:

La capacidad de los medios de desconexión se determina en base a la suma de todas las corrientes, incluyendo la carga de las resistencias, en la situación de plena carga y también en la de rotor bloqueado.

La suma de las corrientes de plena carga y de rotor bloqueado se considera como si correspondiera a un solo motor.

Las corrientes a plena carga de los motores se determinan de las tablas 430-148, 430-149 o 430-150. A estas corrientes se le deben sumar las corrientes de las otras cargas.

Las corrientes eléctricas a rotor bloqueado de cada motor deben seleccionarse de la tabla 430-151 A ó 430-151 B.

A estas corrientes de rotor bloqueado debe sumarse la capacidad de las otras cargas, para así obtener la corriente eléctrica equivalente a rotor bloqueado para la carga combinada.

Tabla 430-151 A.- Conversión de corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado para motores monofásicos para la selección de controladores y medios de desconexión de acuerdo con la tensión eléctrica y potencia en kW.
(Para ser utilizada solamente con las Secciones 430-110, 440-12, 440-41 y 455-8(c))

KW	CP	Corriente máxima a rotor bloqueado (1 fase)		
		A		
		115 V	208 V	230 V
0,37	1/2	58,8	32,5	29,4
0,56	3/4	82,8	45,8	41,4
0,75	1	96	53	48
1,12	1-1/2	120	66	60
1,50	2	144	80	72
2,25	3	204	113	102
3,75	5	336	186	168
5,60	7-1/2	480	265	240
7,50	10	600	332	300

Tabla 430-151 B. Conversión de corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado para motores polifásicos, diseños B, C, D y E para la selección de controladores y medios de desconexión de acuerdo con la tensión eléctrica y potencia en kW.
(Para ser utilizada solamente con las secciones 430-110, 440-12, 440-41, y 455-8(c))

kW	CP	Corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado (2 y 3 fases y diseños B, C, D y E)											
		115 V		200 V		208 V		230 V		460 V		575 V	
		B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E
0,37	1/2	40	40	23	23	22,1	22,1	20	20	10	10	8	8
0,56	3/4	50	50	28,8	28,8	27,6	27,6	25	25	12,5	12,5	10	10
0,75	1	60	60	34,5	34,5	33	33	30	30	15	15	12	12
1,12	1-1/2	80	80	46	46	44	44	40	40	20	20	16	16
1,50	2	100	100	57,5	57,5	55	55	50	50	25	25	20	20
2,25	3			73,6	84	71	81	64	73	32	36,6	25,6	29,2
3,75	5			105,8	140	102	135	92	122	46	61	36,8	48,8
5,60	7-1/2			146	210	140	202	127	183	63,5	91,5	50,8	73,2
7,50	10			186,3	259	179	249	162	225	81	113	64,8	90
11,2	15			267	388	257	373	232	337	116	169	93	135
14,92	20			334	516	321	497	290	449	145	225	116	180
18,65	25			420	646	404	621	365	562	183	281	146	225
22,4	30			500	775	481	745	435	674	218	337	174	270
29,84	40			667	948	641	911	580	824	290	412	232	330
37,3	50			834	1 185	802	1 139	725	1 030	363	515	290	412
44,8	60			1 001	1 421	962	1 367	870	1 236	435	618	348	494
55,95	75			1 248	1 777	1 200	1 708	1 085	1 545	543	773	434	618
74,60	100			1 668	2 154	1 603	2 071	1 450	1 873	725	937	580	749
93,0	120			2 087	2 692	2 007	2 589	1 815	2 341	908	1 171	726	936
119,9	150			2 496	3 230	2 400	3 106	2 170	2 809	1 085	1 405	868	1 124
150	200			3 335	4 307	3 207	4 141	2 900	3 745	1 450	1 873	1 160	1 498
187	250									1 825	2 344	1 460	1 875
224	300									2 200	2 809	1 760	2 247
261	350									2 550	3 277	2 040	2 622
298	400									2 900	3 745	2 320	2 996
336	450									3 250	4 214	2 600	3 371
373	500									3 625	4 682	2 900	3 746

Centros de control de motores (CCM o MCC)

Un centro de control de motores, controla motores, sistemas de alumbrado y alimentadores a otros dispositivos eléctricos.

Un centro de control de motores es un ensamble de una o más secciones de gabinetes que cuentan con una barra común de alimentación y que están formados principalmente por unidades o secciones de controladores de motores.

Un centro de control de motores debe tener una protección contra sobrecorriente que se calcule de acuerdo a la capacidad máxima de las barras comunes, y se debe proveer por:

- Un dispositivo de protección localizado fuera del centro de control de motores en el punto de suministro.
- Un dispositivo de protección localizado dentro del centro de control de motores.

Las distancias mínimas entre barras y partes metálicas se indican en la siguiente tabla:

Tabla 430-97.- Distancias mínimas entre barras y partes metálicas

Tensión involucrada V	Entre partes vivas de polaridad opuesta		Entre partes vivas y partes metálicas de puesta a tierra a través del aire y sobre la superficie mm
	Sobre la superficie mm	A través del aire mm	
No mayor que 127	19	12	12
No mayor que 250	31	19	12
No mayor que 600	51	25	25

Transformadores

Los transformadores son considerados los elementos más importantes dentro de un sistema eléctrico, requieren poco mantenimiento debido a que no tiene partes en movimiento.

Los transformadores pueden ser elevadores o reductores de la tensión eléctrica.

Por transformador se entiende como un transformador individual de una o múltiples fases, identificado por una sola placa de datos.

También por transformador se entiende como un transformador o un banco polifásico de dos o más transformadores monofásicos que operen como una sola unidad.

Las conexiones típicas de los transformadores son:

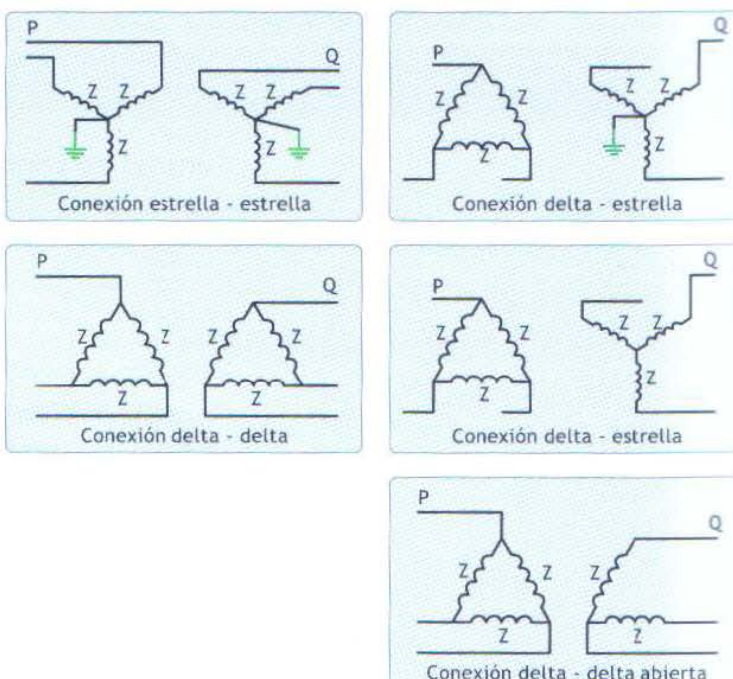


Fig. 8/10: Conexiones típicas de transformadores.

Corriente de un transformador

La relación de transformación se determina dividiendo la tensión del primario entre la tensión del secundario.

Relación de transformación = E primario / E secundario

Si desea conocer la corriente del lado primario de un transformador monofásico, debe aplicar la siguiente fórmula

$$I_{pri} = KVA \times 1000 / E \text{ primario}$$

Si desea conocer la corriente del lado secundario de un transformador monofásico, debe aplicar la siguiente fórmula

$$I_{sec} = KVA \times 1000 / E \text{ secundario}$$

Para un transformador trifásico, la corriente del primario y del secundario se puede obtener por las siguientes fórmulas:

$$I_{pri} = KVA \times 1000 / 1,73 \times E \text{ primario}$$

$$I_{sec} = KVA \times 1000 / 1,73 \times E \text{ secundario}$$

Protección contra sobrecorriente

Hay dos juegos de reglas para el cálculo del dispositivo de protección contra sobrecorriente; un juego de reglas aplica para transformadores con una tensión mayor a 600 V y otro aplica para transformadores con una tensión de 600 V o menos.

- Se permite que el dispositivo de protección en el lado secundario consista en no más de 6 interruptores automáticos o no más de 6 juegos de fusibles agrupados en un solo lugar.
- Si se utilizan varios dispositivos contra sobrecorriente, el valor total de sus capacidades o ajustes de estos dispositivos, no debe exceder el valor que se permita para un solo dispositivo de protección.

Transformadores con una tensión mayor a 600 V

- **Protección en el lado primario y en el lado secundario**

El dispositivo de protección debe basarse en los porcentajes máximos permitidos en la tabla 430-3(a)(1), tomando como base la impedancia del transformador

Tabla 430-3 (a)(1).- Transformadores de más de 600 V

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Primario			Secundario		
Más de 600 V			Más de 600 V	600 V o menos	
Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No más del 6%	600%	300%	300%	250%	125%
Más del 6% y no más del 10%	400%	300%	250%	225%	125%

Si el dispositivo de protección contra sobrecorriente no corresponde a un valor normalizado se permite seleccionar el inmediato superior, pero solamente en el lado primario.

- Si la instalación es supervisada por personal calificado se permite que el dispositivo de protección contra sobrecorriente del lado primario no exceda los siguientes valores:

Fusibles: 250% I_{primario}

Interruptores automáticos: 300% I_{primario}

- Solo se requiere protección en el lado secundario, si el transformador tiene un dispositivo de protección contra sobrecorriente que tenga una capacidad o ajuste para abrir no mayor a los valores indicados en la tabla 450-3(a)(2)(b)

Tabla 450-3 (a)(2)(b).- Transformadores de más de 600 V en lugares supervisados

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Primario			Secundario		
Más de 600 V			Más de 600 V		600 V o menos
Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No más de 6%	600%	300%	300%	250%	250%
Más de 6% y no más de 10%	400%	300%	250%	225%	250%

Transformadores de 600 V o menos

Lado primario. Se debe proteger por un dispositivo de protección contra sobrecorriente individual con capacidad o ajustado a no más de 125% de la corriente del lado primario.

$I_{\text{prot}} = 125\% I_{\text{primario}}$

Lado primario y secundario.

El lado secundario se debe proteger por dispositivo de protección con capacidad o ajustado a no más del 125% de la corriente del lado secundario; no requiere dispositivo de protección en el lado primario si el alimentador del primario tiene un dispositivo de protección con una capacidad o ajustado a no más del 250% de la corriente del lado primario.

$I_{\text{prot.sec}} = 125\% I_{\text{secundario}}$

Siempre y cuando el alimentador del primario esté protegido a:

$I_{\text{prot.alim}} = 250\% I_{\text{primario}}$

Transformadores de tipo seco instalados en interiores

- No mayores a 112,5 kVA. Cuando se instalen en el interior deben estar separados 30 cm de materiales combustibles.
- Mayores a 112,5 kVA. Se deben instalar en un cuarto de transformadores resistente al fuego.
- Mayores de 35 000 V. Se deben instalar en una bóveda.

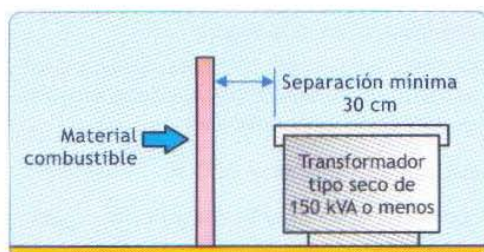


Fig. 9/10: Transformador tipo seco de 150 kVA o menos.



Fig. 10/10: Transformador tipo seco de más de 35 000 V.

Transformadores de tipo seco instalados en exteriores

Los transformadores del tipo seco que se instalen en el exterior deben tener una envolvente a prueba de intemperie.

Es muy importante definir que es interior y exterior, debido a que algunas personas técnicas o de ingeniería confunden estos términos, claro está, a veces a su conveniencia.

Interior es dentro de un edificio, estructura, unidad de vivienda.

Exterior es fuera de un edificio, estructura, unidad de vivienda, azoteas.

Transformadores en líquidos de alto punto de ignición

A Instalación en interiores. Debe cumplir con lo siguiente:

- En edificios, en áreas donde se cumplan todos los requerimientos siguientes:
 - ⊗ La tensión eléctrica del transformador sea de 35 000 V o menos.
 - ⊗ No se almacenen materiales combustibles.
 - ⊗ Se tenga un área de confinamiento del líquido.
 - ⊗ El área cumpla con todas las restricciones previstas en la aprobación del líquido.
- Para transformadores con tensión eléctrica de 35 000 V o menos, se cuenta con un sistema automático de extinguidores de fuego y un área de confinamiento de líquidos.
- De acuerdo con lo indicado en 450-26.

B Instalación en exteriores. Se permite instalar fuera, adjunto a, o en techo de edificios si cumple con:

- Las restricciones de la aprobación de estos líquidos.

Nota: Instalaciones adjuntas a materiales combustibles, salidas de emergencia o puertas y ventanas deben requerir avisos de emergencia adicionales tales como los indicados en 450-27.

- De acuerdo con lo indicado en 450-27.

Transformadores aislados con fluidos no inflamables

Estos transformadores se pueden instalar en el interior y en el exterior.

Si los transformadores tienen una tensión mayor a 35 000 V deben instalarse en bóvedas.

Transformadores en askarel.

No se permite el uso de PCB- bifenilospoliclorados (askarel) como medio aislante de transformadores.

Transformadores en aceite

A Instalados en interiores. Deben instalarse en bóvedas.

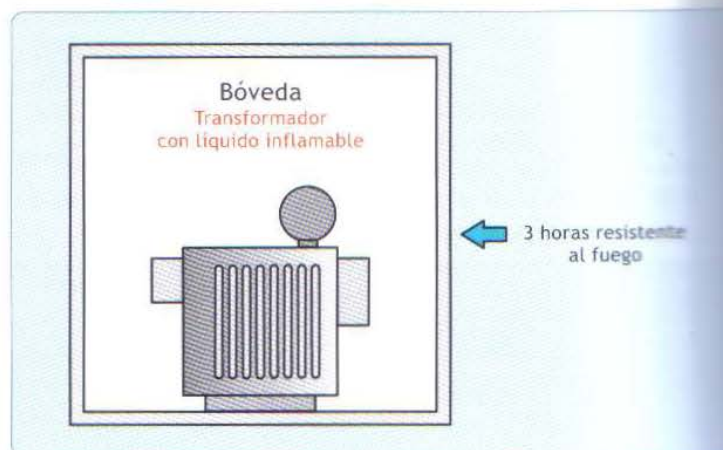


Fig. 11/10: Transformador en aceite instalado en interiores.

Las bóvedas deben instalarse donde puedan ser ventiladas.

Las paredes y el techo deben de construirse de materiales que tengan la resistencia estructural adecuada a las condiciones que puedan presentarse y una **resistencia mínima al fuego de 3 horas**.

El piso en contacto con la tierra debe tener un espesor mínimo de **10 cm**.

No se permiten construcciones atornilladas ni con paredes de paneles.

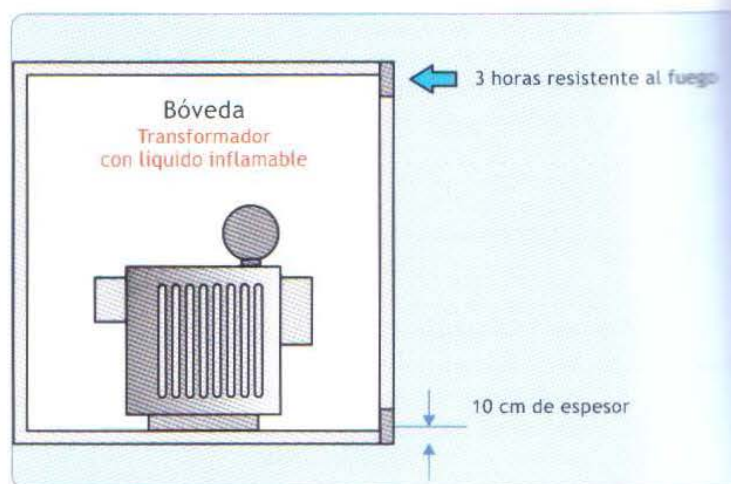


Fig. 12/10: Transformador en aceite instalado en interiores.

Entrada a la bóveda.

- Tipo de puerta. La puerta debe ser del tipo de cierre automático con una resistencia mínima al fuego de 3 horas.
- Murete. En cada puerta debe hacerse un murete de 10 cm de altura mínima, para confinar dentro de la bóveda el aceite del transformador.

- Cerraduras. Las puertas deben tener cerraduras y mantenerse cerradas. Las puertas deben abrir hacia fuera y estar equipadas con barras de pánico, placas de presión o cualquier medio que las mantenga cerradas.

B Instalados en exteriores.

Cuando se instale un transformador en aceite en el exterior de un edificio se deben de resguardar, en caso de incendio del transformador, los materiales combustibles, los inmuebles combustibles, puertas, ventanas y salidas de emergencia.

Estos transformadores se pueden instalar en techos, cercanos o adyacentes a un inmueble o material comestible.

Si el transformador presenta peligro de incendio se debe aplicar uno o más de los siguientes resguardos:

- Espacios para aislar del fuego.
- Barreras separadoras resistentes al fuego.
- Sistemas automáticos extinguidores de incendio.
- Confinamientos para contener el aceite en caso de ruptura del tanque del transformador.

Los confinamientos para el aceite deben consistir en diques, brocales, trincheras, depósitos resistentes al fuego para la captación del aceite, deben de estar llenas de piedra de bola (de 12 cm a 20 cm), cascajo, tezontle, piedra o materiales similares y estar dotadas de medios para drenar el aceite hacia fosas de captación.

La cantidad de aceite debe de tratarse o eliminarse para cumplir con las leyes y normas de ecología.

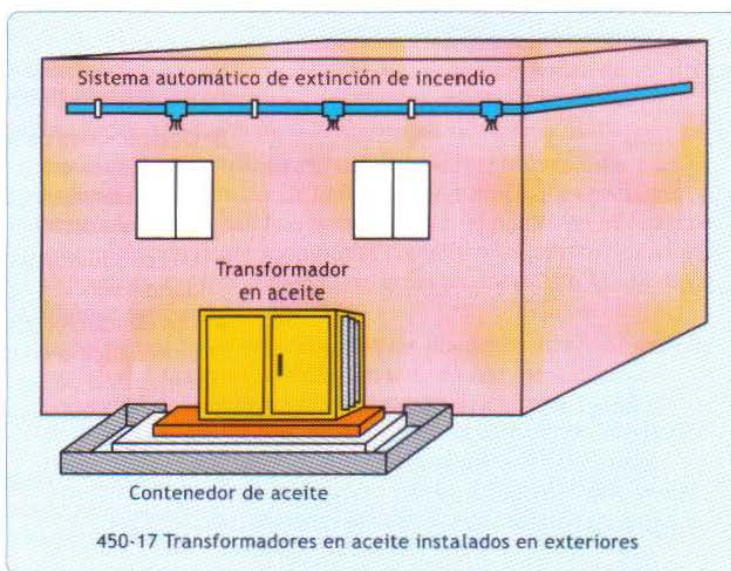


Fig. 13/10: Transformador en aceite instalado en el exterior de un inmueble.

Derivaciones de los conductores del lado secundario de un transformador

- A** Los conductores del secundario de un transformador de un sistema derivado separadamente para instalaciones industriales pueden ser derivados sin protección contra sobrecorriente siempre que se cumpla con:
- La longitud de los conductores en derivación no sea mayor a 8 m.
 - La capacidad de conducción de los conductores del lado secundario no debe ser menor que la corriente secundaria del transformador y la suma de los dispositivos de protección no debe exceder la capacidad de conducción de los conductores del secundario del transformador.
 - Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben estar agrupados.
 - Los conductores del lado secundario deben estar protegidos contra daño físico.

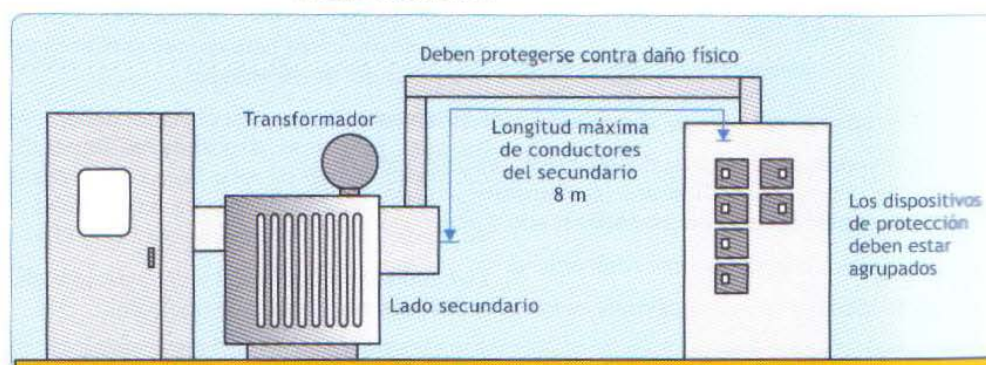


Fig. 14/10: Derivación de conductores del lado secundario de un transformador sin dispositivo de protección

- B** Derivaciones de alimentadores exteriores, se permite hacer conexiones en derivación en exteriores a partir del secundario de un transformador sin protección contra sobrecorriente en el punto de derivación si:
- Los conductores del lado secundario están protegidos contra daño físico.
 - Los conductores en derivación terminan en un solo interruptor automático o en un solo juego de fusibles que limite la carga a la capacidad de conducción de los conductores en derivación.
 - Los conductores están instalados en el exterior, excepto donde terminen.
 - El dispositivo de protección de sobrecorriente de los conductores forme parte integrante del medio de desconexión o esté situado inmediatamente al mismo.
 - Los medios de desconexión son fácilmente accesibles, ya sea fuera del edificio o estructura o en el punto más cercano a la entrada de los conductores.

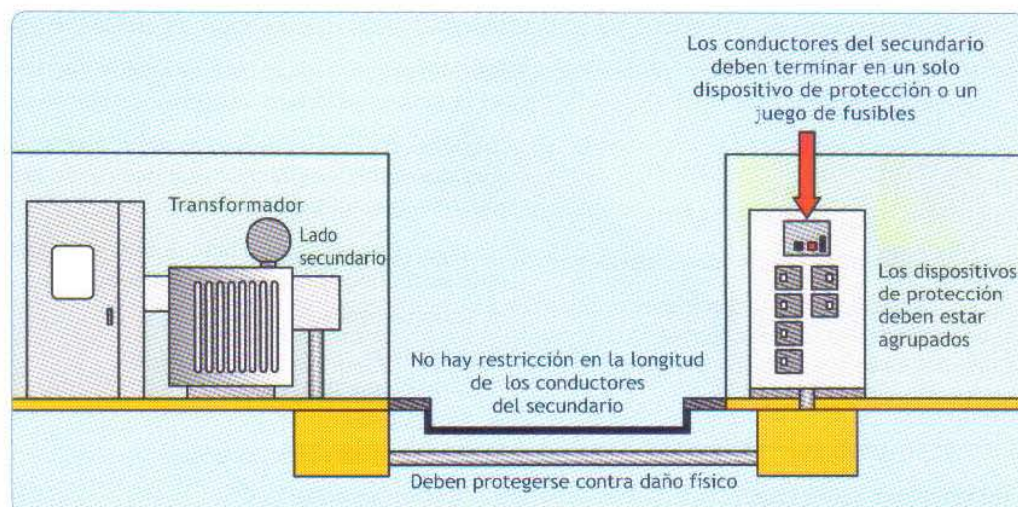


Fig. 15/10: Derivación de conductores exteriores del lado secundario de un transformador sin dispositivo de protección.

Sistemas de emergencia

Los sistemas de emergencia son aquellos requeridos por Ley y clasificados como emergentes por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales o municipales vigentes.

Estos sistemas son utilizados para suministrar automáticamente:

- Iluminación o energía.
- Ambos.

A áreas y equipos en caso de falla del suministro normal de energía eléctrica, o en caso de accidente en los componentes de un sistema destinado para suministrar, distribuir y controlar la energía y alumbrado esenciales para la seguridad de la vida humana.

Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde la iluminación artificial es necesaria para asegurar la salida o para controlar el pánico en edificios de concentración de personas, tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, áreas de atención a la salud o lugares similares.

Los sistemas de emergencia también pueden suministrar energía para funciones como ventilación cuando sea esencial para la seguridad de la vida humana, sistemas de alarmas y detección de incendios, elevadores, bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicación de seguridad pública, procesos industriales, donde la interrupción de la corriente podría producir serios peligros para la seguridad de la vida humana o riesgos para la salud, y otras funciones similares.

Alambrado de circuitos de emergencia

Identificación. Todas las cajas y envoltentes de los circuitos de emergencia se deben identificar en forma permanente.

Alambrado. El alambrado se debe mantener independiente de cualquier alambrado y de equipos desde el sistema de distribución de emergencia hasta las cargas.

Los circuitos de emergencia deben diseñarse y ubicarse de modo que se reduzca los riesgos de falla por:

- Inundaciones.
- Incendios.
- Congelamiento.
- Vandalismo.
- Otras condiciones adversas.

Fuentes de alimentación:

El suministro debe ser tal que, en caso de falla del suministro normal, la energía de emergencia esté disponible dentro de un tiempo máximo de 10 s.

El sistema de suministro de emergencia puede ser:

- Baterías.- Suministrar y mantener la carga total durante un tiempo de 1,5 horas mínimo.
- Grupo generador.- La alimentación de combustible debe ser suficiente para que el sistema de emergencia funcione a plena carga durante 2 horas mínimo.
- Sistemas de alimentación ininterrumpible (UPS).
- Acometida independiente.- Acometida aérea o subterránea.
- Equipo unitario formado por:
 - ✦ Una batería recargable;
 - ✦ Los medios para la carga de la batería;
 - ✦ La instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y, opcionalmente, terminales para lámparas remotas;
 - ✦ Un relevador para energizar automáticamente a las lámparas al fallar el suministro normal al equipo unitario.

Generadores

Los generadores y equipo asociado deben ser adecuados para el local en que vayan a ser instalados.

El generador debe tener una placa de datos en la que se indique nombre del fabricante, frecuencia, factor de potencia, número de fases para c.a., régimen en kW o kVA, tensión y corriente eléctricas y las revoluciones por minuto, la clase de aislamiento, la temperatura ambiente o el aumento de temperatura y su tiempo de funcionamiento.

Capacidad de conducción de corriente de los conductores

La capacidad de conducción de los conductores de fase desde las terminales del generador al primer dispositivo de protección no debe ser menor al

$$I_{cg} = 115\% I_{placa}$$

I_{cg} = corriente mínima del conductor del generador

Dispositivo de protección contra sobrecorriente

Los generadores deben estar protegidos por diseño contra sobrecargas, basándose en interruptores automáticos, fusibles, u otro medio aceptable que proporcione adecuada protección contra sobrecorriente.

Arreglos de puesta a tierra para sistemas de emergencia

Una consideración primaria que se debe hacer en el diseño de un sistema de emergencia es la continuidad del servicio eléctrico.

La continuidad del servicio es afectada por el arreglo que se emplea de puesta a tierra del equipo y de los conductores de puesta a tierra.

Las conexiones y los conductores de puesta a tierra se deben de instalar para que no existan corrientes circulantes no deseables por los conductores de puesta a tierra y para que las corrientes de fallas a tierra circulen por una trayectoria de baja impedancia para que el personal no esté expuesto a una descarga eléctrica y asegurar la operación de los dispositivos de protección.

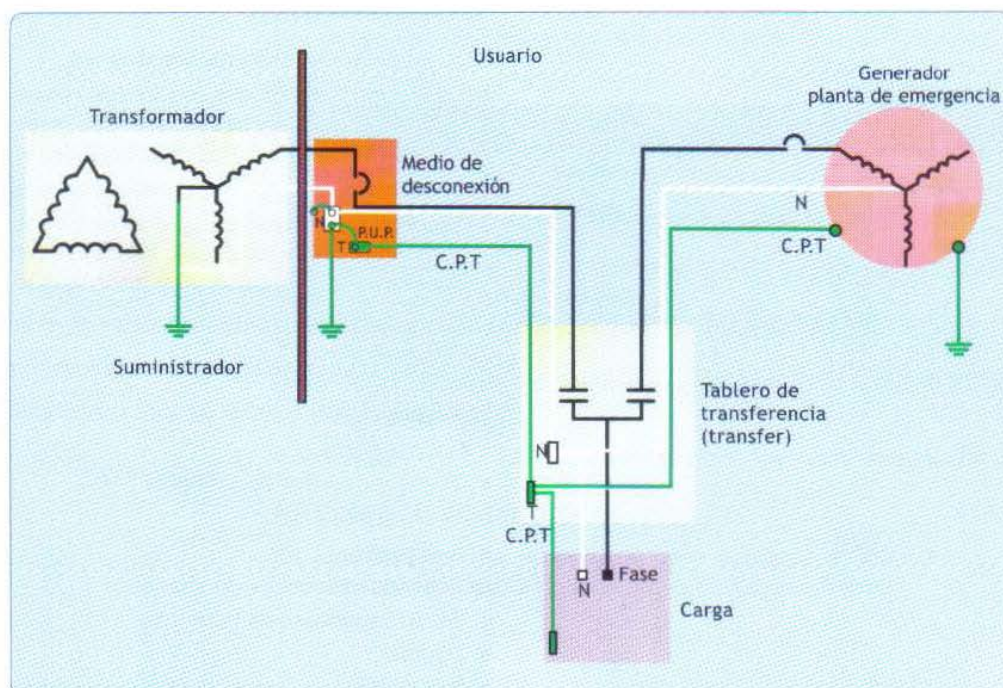


Fig. 16/10: Conexión del neutro a tierra en un solo punto, en la acometida.

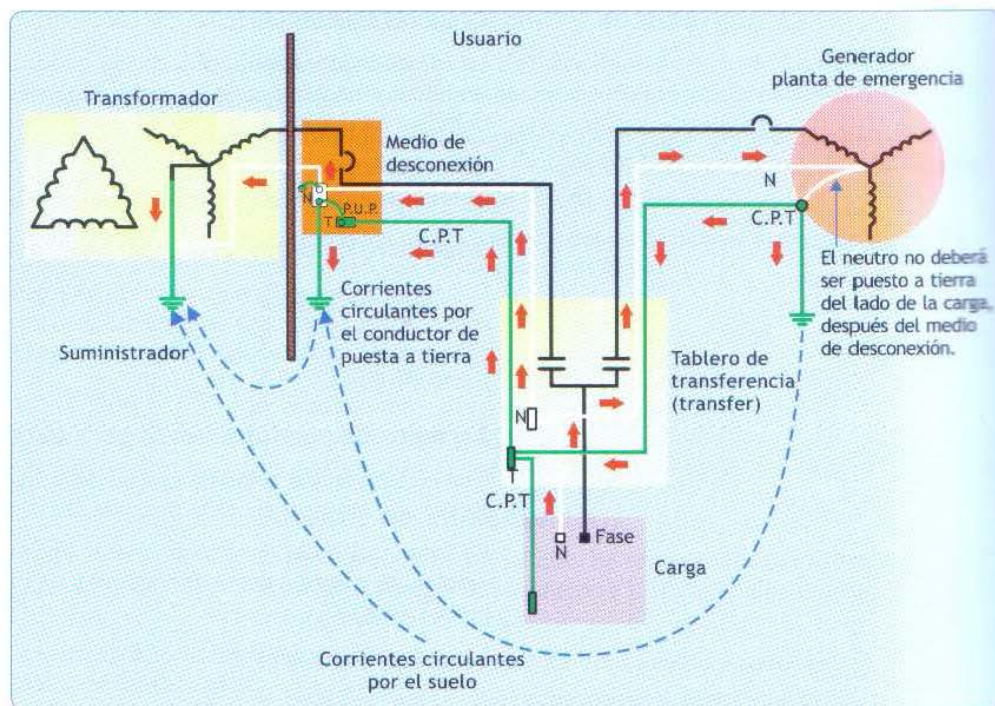


Fig. 17/10: Neutro puesto a tierra en la acometida y en el generador no satisface los requerimientos de la norma vigente.

Subestaciones

Una subestación unitaria consiste en:

- La sección primaria que provee una conexión de uno o más circuitos de media y alta tensión, que puede o no tener un dispositivo conexión o un dispositivo de conexión y de interrupción.
- Una sección de transformación que incluye uno o más transformadores.
- Una sección secundaria que provee conexión de uno o más alimentadores secundarios, los cuales están protegidos por un dispositivo de conexión y de interrupción.

Las subestaciones pueden instalarse en el interior y exterior.

Las subestaciones pueden ser elevadoras o reductoras.

Los equipos principales de una subestación son:

- Interruptores.
- Transformadores de potencia.
- Cuchillas de paso.
- Apartarrayos.
- Transformadores de corriente.
- Transformadores de potencial.
- Fusibles.
- Resistencias y reactancias de puesta a tierra.
- Capacitores.
- Reactores.

Requerimientos de la norma vigente para subestaciones eléctricas

Estos requisitos aplican a subestaciones de usuarios y de sistemas instalados en la vía pública.

Medio de desconexión general

Toda subestación eléctrica debe contar con un medio de desconexión general que sea el punto de enlace entre el suministrador y el usuario.

Debe instalarse en un lugar de fácil acceso y en el límite del predio:

- Subestaciones compactas.
- Abiertas o pedestales mayores a 500 kVA.

Los locales y espacios donde se encuentren las subestaciones eléctricas deben estar resguardados para restringir el acceso a personas no calificadas, esto se puede hacer por medio de cercas de alambre, muros con una altura mínima de 2,10 m o bien por medio de un local especial.

Los locales deben cumplir:

- Construirse con materiales no combustibles.
- No se deben utilizar como almacenes, talleres, etc.
- Se debe encontrar limpio libre de polvo o pelusas combustibles.
- Tener ventilación adecuada.
- Mantenerse secos.

Niveles de iluminación mínimos

Los niveles de iluminación mínimos sobre la superficie de trabajo son:

Tabla 924-5.- Niveles mínimos de iluminancia requeridos

Tipo de lugar:	Iluminancia (lx)
Frente de tableros de control con instrumentos, diversos e interruptores, etc.	270
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros "dúplex"	55
Pupitres de distribución o de trabajo	270
Cuarto de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	55
Alumbrado de emergencia, en cualquier área	11
Áreas de maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

Este requisito no se exige en subestaciones tipo poste o de pedestal.

Alumbrado de emergencia

En cada local de una subestación debe instalarse un luminario para alumbrado de emergencia por cada salida del local.

Pisos

Los pisos deben ser planos y firmes con superficie antiderrapante. Si existen registros eléctricos, huecos, trincheras, se deben colocar tapas adecuadas.

El piso debe tener una pendiente, se recomienda que sea del 2.5% hacia las coladeras del drenaje.

Accesos y salidas

Los locales y los espacios de trabajo deben tener un acceso y salida libre de obstáculos.

La puerta de acceso y de salida debe abrir hacia fuera y debe tener un seguro que permita su abertura desde adentro fácilmente.

Se debe colocar un letrero en la puerta de acceso de la subestación con la leyenda: **"PELIGRO ALTA TENSIÓN ELÉCTRICA"**.

Protección contra incendio

Extintores. Se deben colocar mínimo 2 cerca de la puerta de entrada y se permite que sean de polvo químico seco.

En subestaciones con tensiones mayores a 69 kV se recomienda utilizar detectores de fuego automáticos que accionen alarmas.

Contenedores de aceite. Para los equipos que contengan aceite se deben tomar una o más de las siguientes medidas.

- Proveer de un medio adecuado para confinar, recoger y almacenar el aceite que pudiera derramarse del equipo; puede ser un recipiente o un depósito independiente del drenaje. Si el transformador es mayor a 1000 kVA, el confinamiento debe tener una capacidad mínima del 20% de la capacidad. Si en la subestación existe más de un transformador el depósito debe tener una capacidad del 100% del transformador de mayor capacidad.
- Si el equipo opera a una tensión eléctrica de 69 kV o mayor, se debe construir un muro divisorio de tabique o concreto entre transformadores o instalaciones vecinas.
- Separar los equipos que contengan aceite por medio de barreras incombustibles.

Dispositivo de protección contra sobrecorriente

Las subestaciones deben tener en su lado primario un dispositivo de protección contra sobrecorriente general.

La protección del equipo no debe depender del sistema de protección del suministrador; además cualquier falla de cortocircuito en las instalaciones del usuario no debe afectar el servicio a otros usuarios.

Consideraciones ambientales

Cuando se instalen subestaciones en un área urbana se debe considerar el nivel del ruido y tomar las medidas para limitarlo a 60 dB en el límite del predio que puede colindar con una calle o un predio.

Funcionamiento

Los transformadores deben trabajar lo más cercano al 100% de su capacidad de acuerdo a los límites de confiabilidad y a los requisitos de la carga que alimentan.

Medio aislante de los transformadores

Los líquidos aislantes deben ser biodegradables y no dañinos a la salud.

Materiales aislantes

Tarimas. Se deben utilizar tarimas de material aislantes sin partes metálicas y que tengan la superficie antiderrapante y las orillas biseladas.

En subestaciones tipo interior la tarima debe cubrir la parte frontal de los equipos de accionamiento manual que operen a más de 1000 V.

En subestaciones exteriores o tipo pedestal no se exige que se instalen tarimas aislantes.

Tapetes. Si se utilizan deben ser de material aislante. No se exigen en subestaciones exteriores o tipo pedestal.

Máquinas de soldar eléctricas

Las máquinas de soldar pueden ser:

- Por arco eléctrico.
- Aparatos de soldar por resistencia.
- Equipo de soldadura similar.

Máquinas de soldar de arco tipo autotransformador y de rectificador de c.c.

A Máquinas de soldar individuales

La capacidad de conducción de los conductores de alimentación para una planta de soldar se calcula de la siguiente manera:

La capacidad de conducción de los conductores no debe ser menor que la corriente resultante de multiplicar la corriente indicada en la placa de datos de la máquina de soldar por el factor del ciclo de trabajo indicado en la siguiente tabla:

$$I_{\text{cond}} = I_n \times \% \text{ciclo de trabajo}$$

		Ciclo de trabajo							
Por ciento	100	90	80	70	60	50	40	30	20 o menos
Factor	1,00	0,95	0,89	0,84	0,78	0,71	0,63	0,55	0,45

Si la máquina de soldar tiene un tiempo determinado de operación de una hora el factor de multiplicación es de 0,75.

Dispositivo de protección contra sobrecorriente.

Cada máquina de soldar individual debe tener una protección no mayor a:

$$I_{\text{protmáxima}} = 200\% I_{\text{nprimaria}}$$

B Grupo de máquinas de soldar

La capacidad de conducción de los conductores que alimenten a un grupo de máquinas de soldar se determina de la siguiente manera:

$I_{\text{alimentador}} = \% \text{ ciclo de trabajo} \times I_{\text{n primera mayor}} + \% \text{ ciclo de trabajo} \times I_{\text{n segunda mayor}} + 85\% I_{\text{n tercera}} + 70\% I_{\text{n cuarta}} + 60\% \times I_{\text{n restantes}}$

El dispositivo de protección para los conductores que alimenten una o más máquinas de soldar debe tener un valor máximo a no más del 200% de la capacidad de conducción de los conductores:

$$I_{\text{prot cond máx}} = 200\% \times I_{\text{conductor}}$$

Máquinas de soldar del tipo arco motor-generator**A Máquinas de soldar individuales**

La capacidad de conducción de los conductores de alimentación para una planta de soldar se calcula de la siguiente manera:

La capacidad de conducción de los conductores no debe ser menor que la corriente resultante de multiplicar la corriente indicada en la placa de datos de la máquina de soldar por el factor del ciclo de trabajo indicado en la siguiente tabla:

$$I_{\text{cond}} = I_{\text{n}} \times \% \text{ ciclo de trabajo}$$

Ciclo de trabajo									
Por ciento	100	90	80	70	60	50	40	30	20 o menos
Factor	1,00	0,96	0,91	0,86	0,81	0,75	0,69	0,62	0,55

Si la máquina de soldar tiene un tiempo determinado de operación de una hora, el factor de multiplicación es de 0,80.

Dispositivo de protección contra sobrecorriente

Cada máquina de soldar individual debe tener una protección no mayor a:

$$I_{\text{prot máxima}} = 200\% I_{\text{n primaria}}$$

B Grupo de máquinas de soldar

La capacidad de conducción de los conductores que alimenten a un grupo de máquinas de soldar se determina de la siguiente manera:

$I_{\text{alimentador}} = \% \text{ ciclo de trabajo} \times I_{\text{n primera mayor}} + \% \text{ ciclo de trabajo} \times I_{\text{n segunda mayor}} + 85\% I_{\text{n tercera}} + 70\% I_{\text{n cuarta}} + 60\% \times I_{\text{n restantes}}$

El dispositivo de protección para los conductores que alimenten una o más máquinas de soldar debe tener un valor máximo a no más del 200% de la capacidad de conducción de los conductores:

$$I_{\text{prot cond máx}} = 200\% \times I_{\text{conductor}}$$

Máquinas de soldar por resistencia

A Máquinas de soldar individuales

- La capacidad de conducción de los conductores de alimentación para una máquina de soldar que puede ser operada a diferentes tiempos, a diferentes valores de corriente eléctrica de alimentación real o ciclo de trabajo:

Para máquinas de soldar de costura:

$I_{\text{cond máxima}} = 70\% I_{\text{nom}}$

Para máquinas de soldar de operación manual máxima $I_{\text{cond máxima}} = 50\% I_{\text{nom}}$

- Para máquinas de soldar de operación específica de la cual la corriente de alimentación real y el ciclo de trabajo son conocidos y permanecen sin cambio la capacidad de corriente de los conductores:

$$I_{\text{cond}} = I_n \times \% \text{ ciclo de trabajo}$$

Ciclo de trabajo									
Por ciento	50	40	30	25	20	15	10	7.5	5 o menos
Factor	0,71	0,63	0,55	0,50	0,45	0,39	0,32	0,27	0,22

B Grupo de máquinas de soldar

La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación es:

$I_{\text{cond alim mínima}} = \% \text{ ciclo de trabajo} \times I_{\text{nom mayor}} + 60\% \times I_{\text{nom restantes}}$

Los términos utilizados se definen como:

- Corriente eléctrica de alimentación:** resulta de dividir los kVA multiplicados por 1000 entre la tensión eléctrica, usando los valores dados en la placa de datos.
- Corriente eléctrica de alimentación real:** es la proporcionada por el circuito de suministro durante cada operación de soldadura aplicada a un caso particular.
- El ciclo de trabajo:** es el por ciento de tiempo durante el cual la máquina de soldar está bajo carga. Por ejemplo, una máquina de soldar de puntos, alimentada con un sistema de 60 Hz (216 000 ciclos por hora), haciendo 400 puntos de soldadura por hora, con una duración de quince ciclos por cada punto de soldadura, tendría un ciclo de trabajo de 2,8% (400 multiplicado por 15 dividido entre 216 000 y multiplicado por 100). Una máquina de soldar de costura que opere dos ciclos dentro y dos ciclos fuera, resultaría tener un ciclo de trabajo de 50%.

Dispositivo de protección contra sobrecorriente para máquinas de soldar

Cada máquina de soldar individual debe tener una protección no mayor a:

$$I_{\text{prot máxima}} = 300\% I_{\text{primaria}}$$

El dispositivo de protección para los conductores que alimenten una o más máquinas de soldar debe tener un valor máximo a no más del 300% de la capacidad de conducción de los conductores:

$$I_{\text{prot cond máx}} = 300\% \times I_{\text{conductor}}$$

Cable para soldar

El aislamiento de los cables para soldar, instalados en el lado secundario debe ser resistente a la flama.

Los cables deben ser adecuados para instalarse en una canalización apropiada que cumpla con:

- La canalización del cable debe soportarse a intervalos no mayores a 1,5 m
- Separación del fuego y productos de combustión, ver norma vigente sección 300-21.
- Debe rotularse la canalización a intervalos no mayores a 6 m con la leyenda **“canalización para cables de soldadura solamente”**

Mejoramiento del factor de potencia

Las preguntas más frecuentes que se hacen los ingenieros, los técnicos y los usuarios son:

¿Qué sucede con el bajo factor de potencia y cómo lo puedo mejorar?

Los efectos que se tienen en una planta en el sistema eléctrico cuando se trabaja con un bajo factor de potencia son:

- Conductores, transformadores sobrecargados, etc.
- Se incrementan las pérdidas en el cobre.
- Se reduce el nivel de tensión, resultando en mal funcionamiento de motores.
- Se reduce la iluminación del alumbrado, especialmente cuando se utilizan luminarios incandescentes.
- Se incrementan los costos por bajo factor de potencia.

El bajo factor de potencia se debe a la carga de motores de inducción, a veces los motores son seleccionados grandes y operan con menos carga de su carga total, además del cambio de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes, el uso de rectificadores, el incremento de la instalación de dispositivos de inducción, equipos electrónicos, unidades de aire acondicionado, etc.

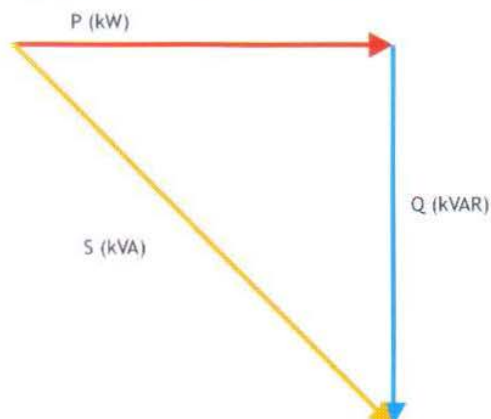
El mejoramiento del factor de potencia puede reducir costos, liberar la capacidad eléctrica del sistema de distribución, elevar el nivel de tensión y reducir las pérdidas.

Hay dos razones para mejorar el factor de potencia: 1) evitar las multas por el suministrador y tener bonificaciones para tener un buen factor de potencia 2) Incrementar o liberar la capacidad del sistema de distribución eléctrica.

Los capacitores o los motores síncronos son utilizados para mejorar el factor de potencia, en México, de acuerdo a las leyes vigentes, el factor de potencia que deben tener los sistemas eléctricos de los usuarios es de 0,90 mínimo, al estar debajo de este valor el suministrador multará al usuario y al estar arriba de este valor el suministrador bonificará al usuario.

Generalmente los capacitores utilizados para mejorar el factor de potencia son más económicos y prácticos.

El siguiente triángulo relaciona las 3 potencias:



El ángulo que forman las componentes de los kW y los kVA es llamado el ángulo del factor de potencia.

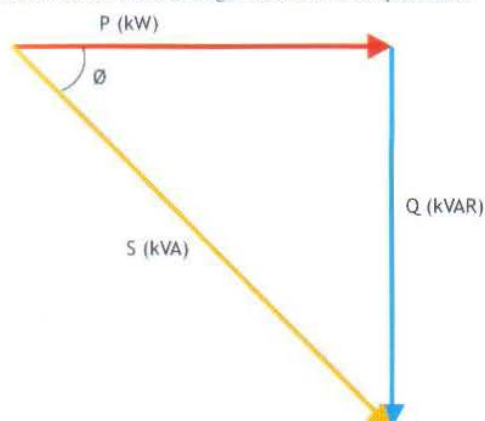


Fig. 18/10: Diagrama que muestra las potencias de un circuito eléctrico.

Factor de potencia

El concepto del factor de potencia relaciona dos tipos de corriente en un circuito de corriente alterna:

Corriente que produce potencia (corriente de trabajo): es la corriente que es convertida por el equipo que le ayuda a trabajar, como un torno al girar, hacer una soldadura o una bomba de agua.

La unidad de medida de la potencia producida está dada en kilowatt (kW).

Corriente magnetizante (reactiva o corriente de no trabajo): es la corriente que se requiere para producir el flujo necesario para operar los dispositivos de inducción. Sin la corriente magnetizante, la energía no fluiría a través del núcleo de un transformador o a través del aire de un motor de inducción.

La unidad de medida de los volt-amperes magnetizantes es el kilowoltampere reactivo (kVAR).

La corriente total en un circuito eléctrico es la que leen los amperímetros.

La unidad de medida de la corriente total es el kilovolt-ampere (kVA).

$$\text{Potencia real} \quad \text{kW} = \sqrt{(\text{kVA})^2 - (\text{kVAR})^2}$$

$$\text{Potencia reactiva} \quad \text{kVAR} = \sqrt{(\text{kVA})^2 - (\text{kW})^2}$$

$$\text{Potencia total} \quad \text{kVA} = \sqrt{(\text{kW})^2 + (\text{kVAR})^2}$$

¿Qué es el factor de potencia?

El factor de potencia es la relación entre la corriente que produce potencia en un circuito y la corriente total del circuito.

Otra definición del factor de potencia es la relación de los kW o potencia de trabajo y los kVA totales o potencia aparente.

$$\text{Factor de potencia (f.p.)} = \text{kW} / \text{kVA}$$

$$\text{kW} = \text{f.p.} \times \text{kVA}$$

$$\text{kVA} = \text{kW} / \text{f.p.}$$

Factor de potencia atrasado y adelantado

El factor de potencia es atrasado cuando la carga requiere kilovars y es adelantado cuando la carga aporta kilovars.

¿Cómo mejorar el factor de potencia?

Cuando se reduce los kVA, se reduce la corriente total.

Cuando la corriente kilovar es cero, el factor de potencia es la unidad, es decir el 100%.

Del triángulo de potencias se obtienen la siguientes relaciones:

$$\cos \theta = \text{f.p.} = \text{kW} / \text{kVA}$$

$$\text{Tang } \theta = \text{kVA} / \text{kW}$$

$$\text{Sen } \theta = \text{kVAR} / \text{kVA}$$

$$\text{kVAR} = \text{kW} \times \text{sen } \theta$$

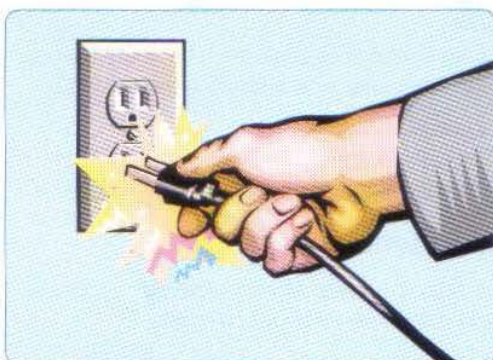
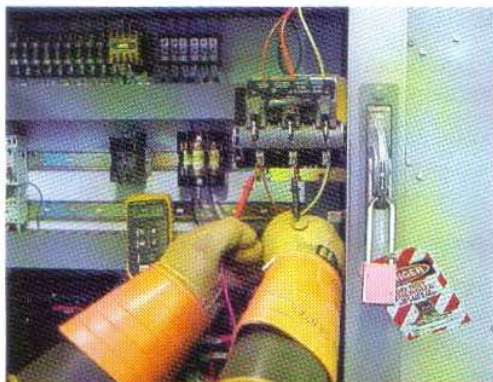
Si se asume que es necesario determinar el capacitor para mejorar el factor de potencia:

$$\text{kVAR (original) con el factor de potencia actual} = \text{kW} \times \text{tang } \theta_1$$

$$\text{kVAR para mejorar el factor de potencia} = \text{kW} \times \text{tang } \theta_2$$

El valor del capacitor para mejorar el factor de potencia es:

$$\text{ckVAR} = \text{kW} \times (\text{tang } \theta_1 - \text{tang } \theta_2)$$



Seguridad eléctrica

Hoy en día la seguridad eléctrica ha tomado una gran importancia debido a los múltiples accidentes que han sufrido las personas al tener contacto con la electricidad o al realizar actividades de mantenimiento, por lo que es necesario conocer más acerca de los peligros a los que se enfrenta el ser humano cuando trabaja cerca o en contacto con conductores energizados.

La mayoría de las personas que trabajan en las instalaciones eléctricas desconocen a los peligros a los que se enfrentan y toman mucha confianza, hasta ingenieros toman a la ligera el trabajar de manera segura.

Es importante que desde nuestras casas nazca la cultura de la seguridad eléctrica para no sufrir ningún accidente con la electricidad.

Ahora en México existe una norma que se refiere a la seguridad eléctrica en las actividades de mantenimiento, es exigible en todos los centros de trabajo para que todas las personas trabajen de manera segura.

Además las personas deben capacitarse, con lo que logrará una cultura, aptitudes, experiencia.

Ahora haremos una semblanza desde los inicios de la electricidad

- El concepto de la electricidad como energía es relativamente nuevo como perspectiva histórica.
- Michael Faraday en 1830, experimentó con la inducción electromagnética.
- En 1879 Thomas A. Edison trabajó en el principio de la luz incandescente eléctrica
- En los 1800 George Westinghouse introdujo la corriente alterna para la transmisión de la energía eléctrica.

Con el avance de la tecnología se resolvían necesidades específicas, pero nunca se ponía interés de salvaguardar las vidas de las personas que estaban expuestas a los peligros de la energía eléctrica.

Las precauciones que debieron tomar las personas se dieron en forma natural por el aparente peligro. Era conocido que la exposición a la electricidad puede llevar a la muerte.

Códigos eléctricos

- La NOM-001-SEDE-2005 y el NEC (National Electrical Code) trata de la seguridad eléctrica en las instalaciones eléctricas.
- OSHA (Occupational Safety and Health Association) incluye la protección contra los peligros de lesión eléctrica o electrocución.
- Se produjo el documento de NFPA-70 E, Standard de los requerimientos para la seguridad eléctrica de los trabajadores en los lugares de trabajo.
- En México se publicó la NOM-029-STPS-2005 seguridad eléctrica en las actividades de mantenimiento.

Es de mucha relevancia que el gobierno de México haya puesto atención en la seguridad de los trabajadores que tienen contacto con la electricidad. Eso está muy bien, pero ¿qué sigue?

Tenemos la respuesta: Capacitación para trabajar de una forma eléctricamente segura.

Los patrones deben implementar los programas de capacitación y a la vez implementar procedimientos y prácticas para que confíen en el equipo y en las circunstancias físicas.

La integridad de la instalación eléctrica es importante y debe de cumplir con la norma vigente, también la construcción de los equipos es importante debido a que algunas lesiones son relacionadas con la instalación y el equipo.

¿Qué es un lugar de trabajo seguro?

Un lugar de trabajo seguro es **aquel donde se evita o se minimiza la exposición al peligro**. Para evitar lesiones es importante cumplir las normas de seguridad.

Existe una atmósfera de seguridad creada a través de los constantes reconocimientos de la seguridad por la educación de las personas que saben evitar o minimizar la exposición de las personas.

Los elementos de un lugar de trabajo seguro son:

- Un programa de seguridad eléctrica.
- Responsabilidad.
- Reconocimiento de los factores de influencia.
- Sistemas de registros.

Los patrones deben instituir un programa general de seguridad, en el cual esté integrado el programa de seguridad eléctrico.

El programa de seguridad eléctrica debe definirse, escribirse, auditarse e implementarse.

Hay que recordar que los peligros eléctricos normalmente no son visibles.

Una descarga eléctrica puede resultar del contacto con una fuente de energía eléctrica. Las descargas eléctricas son la cuarta causa de fatalidades en la industria.

Dentro del programa de seguridad eléctrico el elemento más importante es la responsabilidad, debido a que la persona encargada de la supervisión puede animar o desalentar a sus trabajadores.

Es por ello, que la supervisión debe asignar responsabilidades para la seguridad personal de cada miembro de la organización.

La seguridad en el trabajo es necesaria, debido a que la meta son los resultados positivos:

Cero lesiones y no pérdidas de equipos o de la producción.

Peligros eléctricos

- Descarga eléctrica.
- Relámpago de arco.
- Explosión de arco.
- Luz intensa.
- Ruido concentrado.
- Daños a la piel por el campo magnético y el plasma.

Las lesiones que se producen por los peligros eléctricos:

- Electrocución por una descarga eléctrica.
- Lesiones causadas por contacto eléctrico.
- Lesiones por partes y piezas por la explosión de equipo eléctrico.
- Lesiones por relámpago de arco.
- Daño a ojos y oídos.

Cuando suceden incendios en casas habitación, comercios o en la industria, en la mayoría de los casos se llega a la conclusión de que se iniciaron por una fuente eléctrica, en muchos casos puede ser debido a que la instalación eléctrica no es segura debido a que no se diseñó y se construyó conforme la norma vigente.

Descarga eléctrica

La descarga eléctrica y su potencial para una electrocución ha sido reconocida desde el año 1800.

Las personas son expuestas a las descargas eléctricas por la forma de utilizar la fuente de energía.

Debemos de tomar en cuenta que la corriente eléctrica circulará por el cuerpo humano hasta que se cierre el circuito eléctrico.

Para evitar la exposición a una descarga eléctrica, las personas deben **evitar** el contacto con conductores energizados desnudos.

Reacción del cuerpo humano a la corriente eléctrica

Efecto de la corriente	Hombres amp	Mujer amp
Umbral de sensación	0.0010	0.0007
Descarga leve (no pérdida de control muscular)	0.0018	0.0012
Descarga severa (pérdida de control muscular, dificultad respiratoria)	0.0230	0.0150
Posible fibrilación ventricular (3 seg de descarga)	0.1000	0.1000
Posible fibrilación ventricular (1 seg de descarga)	0.2000	0.2000
Cesa la actividad del músculo del corazón	0.5000	0.5000
Quemadura del tejido y de los órganos	1.5000	1.5000

La fibrilación es una contracción muy rápida e irregular del músculo del corazón que ocurre cuando el ritmo de este es interrumpido.

Aquí es necesaria la intervención de un médico ya que en los primeros minutos pueden restablecer la actividad normal del corazón. Esto debe de realizarse entre 3 y 4 minutos máximo.

Cuando la corriente eléctrica pase a través de la sangre y de los nervios, podrá conducirla a los órganos vitales como los pulmones, riñones, corazón y cerebro.

IMPORTANTE: en una instalación eléctrica:

Cualquier equipo eléctrico sin una adecuada puesta a tierra es una fuente de peligro.



Relámpago de arco (ARC-FLASH)

Un relámpago de arco se produce cuando se tiene un arco eléctrico durante un cortocircuito trifásico.

- Se libera una concentración de energía
- Es el resultado del paso de corrientes eléctricas a través del aire con vapor del material del arco, generalmente cobre o aluminio.
- Las temperaturas en un arco eléctrico son alrededor de 7,760 °C.
- Una falla de arco eléctrico puede generar temperaturas de 16,649 °C.
- Durante una falla de arco, la temperatura se extiende hasta la fuente de energía y la temperatura máxima alcanzada es de 16,649 °C a 19,427 °C.

Los eventos de relámpago de arco se deben probablemente a movimientos físicos en los equipos, como la apertura o cierre de interruptores, interruptores automáticos o contactores cuando el equipo funciona normalmente.

Los eventos de relámpago de arco ocurren cuando:

- Un interruptor o interruptor automático es cerrado o abierto.
- Una puerta o cubierta es abierta o cerrada.
- El equipo es insertado o retirado de la barra.
- El equipo es probado o se instalan las puestas a tierra de seguridad.

Por lo tanto el uso del EPP es importante cuando el grado de peligro es grande.

Explosión de arco

Como oposición a la ráfaga de arco, el cual tiene un peligro térmico, la explosión de arco se asocia con la presión extrema y la presión rápida en la estructura.

Una persona expuesta a la **onda de presión** frontal causada por la explosión de arco produce una diferencia de presión entre la parte del cuerpo y el lado opuesto.

Por lo tanto los órganos internos del cuerpo también están sujetos a la misma presión diferencial.

- El evento de explosión de arco involucra las fuerzas explosivas y térmicas que dan como resultado una luz y sonido intenso.
- OSHA identifica que una intensidad de sonido de 85 Db requiere protección de oídos.

Análisis de riesgo

- Un **análisis de riesgo** es la aplicación de los trabajos críticos o tareas identificadas como el cuál o el cómo una persona está expuesta a los peligros durante la ejecución de un trabajo.
- El objetivo principal del análisis es evitar o minimizar la exposición al peligro.

El análisis de riesgos potenciales para las actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas debe realizarse tomando en cuenta, como mínimo, lo siguiente:

- El tipo de operaciones que se van a desarrollar;
- Los peligros a los que se expondrá el trabajador;



- La ubicación del equipo eléctrico, la zona y distancias de seguridad, de acuerdo a la tensión eléctrica y **las fallas probables**
- El peso y la forma de los objetos, equipos y herramientas, y los movimientos a realizar para evitar actos o condiciones inseguras
- Las protecciones existentes y las que se requieran de acuerdo a los riesgos que se puedan presentar al desarrollar el trabajo (candados, señales, elementos para delimitar zonas de trabajo, entre otros);
- Las partes del equipo que requieran protección para evitar el contacto con partes vivas (líneas energizadas, bancos de capacitores, entre otros);
- Las maniobras de apertura o cierre que se requieran para los dispositivos de protección de los medios de conexión y desconexión;
- El equipo de protección personal, los materiales de protección con que se cuenta y los que se requieran para el tipo de instalaciones eléctricas a las que se dará mantenimiento;
- Las acciones de primeros auxilios con que se cuenta, y las que se requieren;
- Los procedimientos de seguridad con que se cuenta y los que se requieran de conformidad con lo establecido en el capítulo 11 de la presente norma;
- La frecuencia con la que se realiza la actividad;
- El número de trabajadores que intervienen en la actividad, y
- El tiempo estimado para realizar la actividad

Límites de aproximación

Los círculos imaginarios son a varias distancias alrededor del punto A.

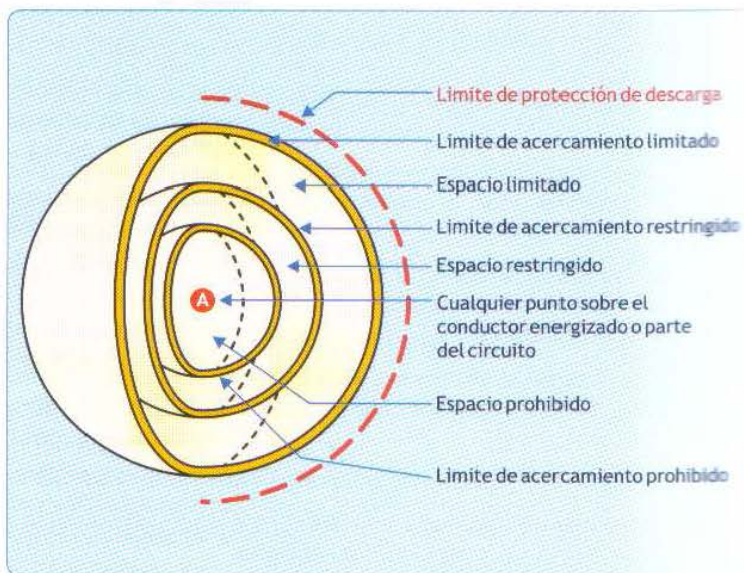


Fig. 19/10: Límites de aproximación.

Distancia del límite de acercamiento limitado

Es el punto donde la persona a pesar de sus calificaciones y habilidad, está expuesto a una descarga eléctrica. Cualquier persona fuera de esta distancia se considera segura de la exposición de una descarga.

Distancia del límite de acercamiento restringido

Es el punto donde los controles se deberán de realizar por personas calificadas. En este punto donde cualquier persona, a pesar de su calificación esta suficientemente cerrada por el grado de exposición a ser mayor.

Distancia del límite de acercamiento prohibido

Es la distancia de rompimiento, más una pequeña dimensión para un margen de seguridad.

Es muy corta, cualquier acercamiento con las manos o herramientas está prohibido.

Solamente las personas calificadas que cumplen los requerimientos de controles y que usan el equipo de protección personal (EPP) pueden atravesar este límite.

El límite de protección contra ráfaga

Es la distancia de la fuente de arco en la cual la persona puede estar expuesta a una descarga con lesión de quemadura.

Se deberá de proteger contra la ráfaga de arco.

La protección contra ráfaga se deberá de seleccionar de acuerdo a la cantidad de energía disponible.

Preparándose para lo peor: accidente o lesión

El registro de una excelente seguridad es evitar la prevención de accidentes y lesiones.

Los accidentes eléctricos y las complejidades del trauma causado al cuerpo humano, no solamente físicamente sino también mentalmente, no ha sido entendido en el pasado.

La investigación sugiere que en los lugares de trabajo los supervisores y los responsables puedan ayudar a **cuidar a la víctima** para proveer una apropiada atención médica.

Se debe tener un plan a seguir en un evento de un accidente para evitar el pánico y pérdidas en el cual es importante el **tiempo**.

En los sitios deben tener una política de entrenamiento para cubrir los métodos de rescate de un accidente eléctrico, dispositivos de rescate aprobados y entrenamiento en Reanimación Cardio Pulmonar (RCP).

Transporte de la víctima accidentada

Debe hacerse un plan en el lugar para la transportación de las víctimas a la oficina o al hospital lo más rápido posible.

Las vidas de las víctimas en los accidentes eléctricos pueden ser salvadas si se transportan rápidamente al centro de quemados o un hospital especialista en traumas eléctricos.

Acciones inmediatas

- Remover el peligro inmediatamente quitando la energía eléctrica.
- Entender que la velocidad es esencial.
- Llamar a la ayuda (ambulancia o servicio médico de emergencia).
- Empezar el RCP, se tiene de 4 a 6 minutos.
- Asegurarse que la víctima está en un lugar seguro.

Estudio de ARC-FLASH

Para realizar el cálculo de arc-flash es necesario que la planta cuente con:

- Diagrama unifilar completo y actualizado.
- Cálculo de cortocircuito trifásico.
- Calcular la distancia de acercamiento para recibir una quemadura de segundo grado.
- Calcular la energía incidente en cal/cm^2 .

Después de realizar el cálculo de la energía incidente se debe determinar el equipo de protección personal que se requiere en los tableros eléctricos, de acuerdo a la tabla 3-3-9.3 de la NFPA 70 E

Tabla 3-3-9.3 Características de la ropa de protección

Sistemas típicos de ropa de protección			
Categoría peligro riesgo	Descripción de la ropa (el número de capas de ropa se da entre paréntesis)	Peso total oz/yd ²	Mínimo valor de exposición al desempeño térmico del arco (ATPV)* o energía del umbral de ruptura (EBT)* valor EPP cal/cm ²
0	Algodón no tratado (1)	4,5 - 7	N/A
1	Camisa RLL y pantalones RLL (1)	4,5 - 8	5
2	Ropa interior de algodón más camisa RLL y pantalones RLL (2)	9 - 12	8
3	Ropa interior de algodón más camisa RLL más sobretodo RLL (3)	16 - 20	25
4	Ropa interior de algodón más camisa RLL y pantalones RLL más chaqueta y pantalones de doble capa (4)	24 - 30	40

*ATPV está definido, en la norma ASTM P S58 método de prueba de arco para telas resistentes a la llama (RLL), como la energía incidente que justamente origina una quemadura de segundo grado ($1,2 \text{ cal/cm}^2$). EBT se reporta de acuerdo con ASTM P S58 y se define como la más alta energía incidente que no ocasionó que la tela RLL se rompiera y no excedió de quemadura de segundo grado. EBT se reporta cuando la ATPV no se puede medir debido a la rotura de la tela RLL.

Bombas contra incendio

Las bombas contra incendio se utilizan para protección contra el fuego, proveen de agua a presión para combatir el incendio; lo que nos ocupa en cuanto al suministro eléctrico es determinar su alimentación eléctrica, conductores de alimentación, dispositivos de protección contra sobrecorriente y los métodos de instalación.

- A Fuentes de suministro.** La alimentación eléctrica a los motores eléctricos de las bombas contra incendio se deben suministrar por:
 - **Acometida.** El motor se debe situar de manera que se disminuyan los riesgos de daño por incendios producidos en el interior del edificio.

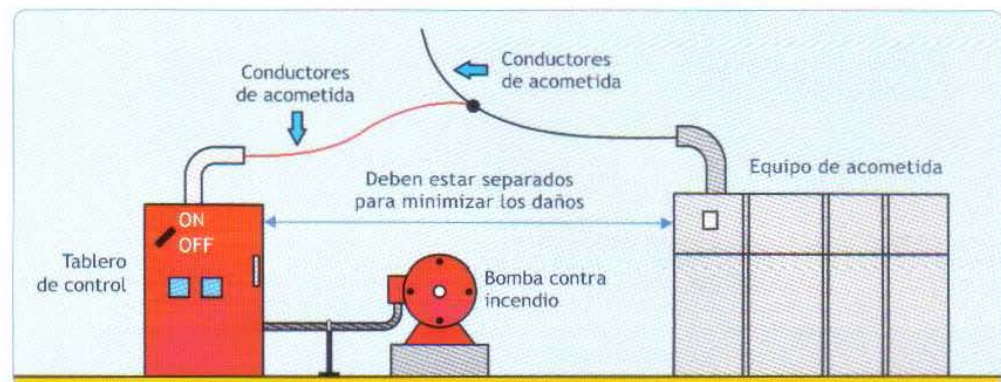


Fig. 20/10: Tablero de control de la bomba contra incendio alimentado de la misma acometida.

- **Generadores internos.** Se deben de proteger de modo que se reduzcan al mínimo los daños producidos por incendios producidos.

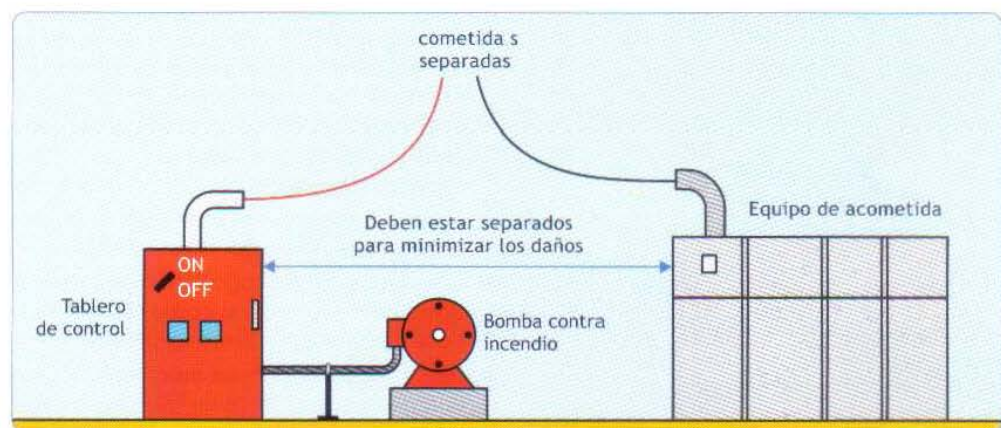


Fig. 21/10: Tablero de control alimentado por una acometida independiente.

- B** Si el motor recibe alimentación de una acometida independiente o de una conexión que se ubique antes del medio de desconexión de la acometida, debe cumplir con:
- En estos casos se permite más de una acometida.
 - El medio de desconexión de la acometida para bombas contra incendio se deben de instalar con una separación suficiente de los medios de desconexión de la acometida, para reducir al mínimo la posibilidad de corte simultáneo de la energía.
 - Se permite realizar la conexión de las bombas contra incendio en el lado de suministro del medio de desconexión de la acometida; pero no se debe realizar en el mismo compartimiento en el que esté instalado el medio de desconexión de la acometida.

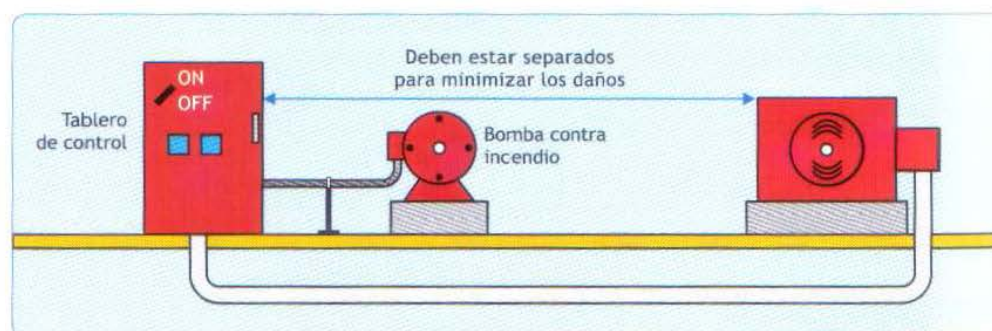


Fig. 22/10: Tablero de control alimentado de un generador interno.

C Los conductores de alimentación deben conectar directamente la fuente de suministro a un controlador aprobado para bombas contra incendios.

Se permite que se instale un medio de desconexión y uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente entre la fuente de suministro y el controlador aprobado si se cumple con:

- Los dispositivos de sobrecorriente se deben elegir o programar de modo que soporten indefinidamente la suma de las corrientes eléctricas a rotor bloqueado, de todos los motores de las bombas contra incendios y de las bombas auxiliares, más la capacidad de corriente eléctrica a plena carga de todos los accesorios eléctricos de las bombas que estén conectados a dicha fuente de suministro.

Nota: no se requiere protección contra sobrecarga, pero sí debe tener protección contra cortocircuito.

- Los medios de desconexión deben estar aprobados como adecuados para su uso como equipo de la acometida y se deben poder bloquear en posición cerrada.
- En la parte exterior del medio de desconexión se debe instalar una placa con el mensaje "Medio de desconexión de la bomba contra incendios", en letras de 2,5 cm de alto como mínimo.
- Al lado del controlador de la bomba contra incendios se debe instalar otra placa que indique la posición del medio de desconexión y lugar de la llave, si el medio la requiere.
- El medio de desconexión se debe poder supervisar en posición cerrada por uno de los medios siguientes:
 - Por medio de un dispositivo de señales conectado a un puesto central, un puesto remoto o de otro tipo especial.
 - Por medio de un sistema de señales que avise a través de una señal sonora producida en un lugar con vigilancia constante.
 - Bloqueándolo en su posición cerrada.
 - Cuando el medio de desconexión esté situado en locales cercados o en edificios supervisados por el propietario, instalando una forma de sellado en el medio de desconexión e inspeccionándolo semanalmente.

Ejemplo: Un medio de desconexión con fusibles alimenta una bomba eléctrica de 37,3 kW (50 C.P.), 480 V, 3 fases y una bomba jockey de 1,50 kW (2 C.P.). Calcule el medio de desconexión mínimo y el dispositivo de protección contra sobrecorriente permitido por la norma vigente.

Paso 1

Se utiliza la tabla 430-151 (B), localizando en la columna de la izquierda los caballos de potencia del motor y en la columna de la tensión se busca 480 V, resultando:

Para el motor de 37,3 kW (50 C.P.) $I_{rb} = 363 \text{ A}$

Para el motor de 1,50 kW (2 C.P.) $I_{rb} = 25 \text{ A}$

Tabla 430-151 B. Conversión de corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado para motores polifásicos, diseños B, C, D y E para la selección de controladores y medios de desconexión de acuerdo con la tensión eléctrica y potencia en kW.
(Para ser utilizada solamente con las secciones 430-110, 440-12, 440-41, y 455-8(c))

kW	CP	Corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado (2 y 3 fases y diseños B, C, D y E)											
		115 V		200 V		208 V		230 V		460 V		575 V	
		B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E
0,37	1/2	40	40	23	23	22,1	22,1	20	20	10	10	8	8
0,56	3/4	50	50	28,8	28,8	27,6	27,6	25	25	12,5	12,5	10	10
0,75	1	60	60	34,5	34,5	33	33	30	30	15	15	12	12
1,12	1-1/2	80	80	46	46	44	44	40	40	20	20	16	16
1,50	2	100	100	57,5	57,5	55	55	50	50	25	25	20	20
2,25	3			73,6	84	71	81	64	73	32	36,6	25,6	29,2
3,75	5			105,8	140	102	135	92	122	46	61	36,8	48,8
5,60	7-1/2			146	210	140	202	127	183	63,5	91,5	50,8	73,2
7,50	10			186,3	259	179	249	162	225	81	113	64,8	90
11,2	15			267	388	257	373	232	337	116	169	93	135
14,92	20			334	516	321	497	290	449	145	225	116	180
18,65	25			420	646	404	621	365	562	183	281	146	225
22,4	30			500	775	481	745	435	674	218	337	174	270
29,84	40			667	948	641	911	580	824	290	412	232	330
37,3	50			834	1 185	802	1 139	725	1 030	363	515	290	412
44,8	60			1 001	1 421	962	1 367	870	1 236	435	618	348	494
55,95	75			1 248	1 777	1 200	1 708	1 085	1 545	543	773	434	618
74,60	100			1 668	2 154	1 603	2 071	1 450	1 873	725	937	580	749
93,0	120			2 087	2 692	2 007	2 589	1 815	2 341	908	1 171	726	936
119,9	150			2 496	3 230	2 400	3 106	2 170	2 809	1 085	1 405	868	1 124
150	200			3 335	4 307	3 207	4 141	2 900	3 745	1 450	1 873	1 160	1 498
187	250									1 825	2 344	1 460	1 875
224	300									2 200	2 809	1 760	2 247
261	350									2 550	3 277	2 040	2 622
298	400									2 900	3 745	2 320	2 996
336	450									3 250	4 214	2 600	3 371
373	500									3 625	4 682	2 900	3 746

Paso 2

Se suman las corrientes a rotor bloqueado

$$I_{rb} = 363 + 25$$

$$I_{rb} = 388 \text{ A}$$

Paso 3

El medio de desconexión y el dispositivo de protección contra sobrecorriente más próximo es de 400 A.

Paso 4

Cálculo del conductor de alimentación

Se consulta la tabla 430-150

$I_{m\ 50\ CP} = 65\ A$

$I_{m\ 2\ CP} = 3,4\ A$

$I_{cond} = 65 \times 1,25 + 3,4$

Se consulta la tabla 310-16 en la columna a 60° C y resulta un conductor de tamaño 33,6 mm² (2 AWG) con una capacidad de conducción de 95 A.

Transformadores para la alimentación de bombas contra incendio

La capacidad mínima de un transformador que alimente exclusivamente a la bomba contra incendio debe ser como mínimo el 125% de la suma de las corrientes del motor de la bomba contra incendio, más la corriente de las bombas auxiliares, más la corriente de los accesorios de las bombas que estén conectados a los mismos.

$I_{transf} = 125\% (I_{b.c.i.} + I_{b\ jockey} + I_{accesorios})$

Dispositivos de protección contra sobrecorriente del transformador

- Lado secundario: No se debe instalar dispositivo de protección.
- Lado primario: Se permite instalar un dispositivo de protección mínimo de:

$I_{prot} = 600\% I_{pc\ transf}$

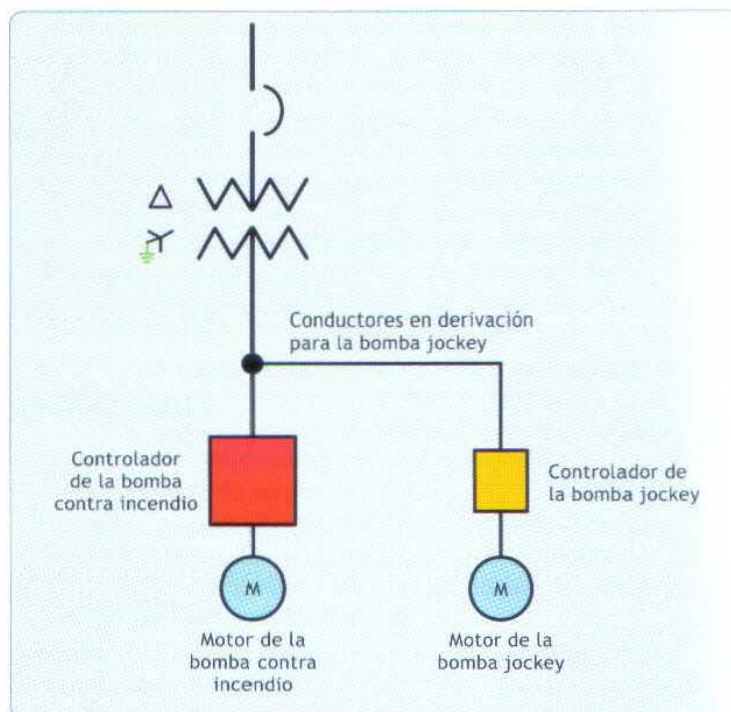


Fig. 23/10: Transformador alimentado a la bomba contra incendio y a la bomba jockey

Ejemplo: Un transformador alimenta una bomba eléctrica de 37,3 kW (50 C.P.), 480 V, 3 fases y una bomba jockey de 1,50 kW (2 C.P.) calcule la capacidad mínima del transformador con una tensión en el lado primario de 23 000 V, así como su dispositivo de protección del lado primario.

Paso 1

Se consulta la tabla 430-150 para conocer la corriente a plena carga de los motores:

$$I_{50} = 65 \text{ A}$$

$$I_2 = 3,4 \text{ A}$$

Paso 2

Se aplica la siguiente fórmula

$$I_{\text{transf}} = 125\% (I_{\text{b.c.}} + I_{\text{b jockey}} + I_{\text{accesorios}})$$

$$I_{\text{transf}} = 125\% (65 + 3,4)$$

$$I_{\text{transf}} = 1,25 \times 68,4$$

$$I_{\text{transf}} = 85,5 \text{ A}$$

Paso 3

Cálculo de la capacidad del transformador

$$\text{KVA} = E \times I_{\text{transf}} \times 1,73 / 1000$$

$$\text{KVA transformador} = 480 \times 85,5 \times 1,73 / 1000$$

$$\text{KVA transformador mínimo} = 70,99 \text{ kVA}$$

La capacidad mínima del transformador es de 75 kVA

Paso 4

Dispositivo de protección lado primario

$$I_{\text{transf prim}} = 75 \text{ kVA} / 1,73 \times 23$$

$$I_{\text{transf prim}} = 1,88 \text{ A}$$

$$I_{\text{protección}} = 6 \times 1,88$$

$$I_{\text{protección}} = 11,28 \text{ A}$$

Controlador de la bomba contra incendio. Se debe instalar lo más cercano posible a la bomba que controlan y a la vista de la bomba.

Métodos de alambrado

- Conductores de alimentación

Se deben instalar por la parte exterior de las construcciones y se tratan como conductores de acometida.

Si no se pueden instalar por la parte exterior se permite que se instalen dentro del edificio, siempre que estén enterrados o encerrados bajo concreto con un espesor de 50 mm mínimo.

- Métodos de alambrado del controlador a los motores de las bombas

Se permite utilizar:

- Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Tubo metálico a prueba de líquidos.
- Cables tipo MI.

- Los conductores deben estar protegidos únicamente contra cortocircuitos.
- Los controladores no se deben utilizar como cajas de empalmes de otros equipos.
No se permite conectar los conductores de las bombas auxiliares
- Tensión eléctrica en las terminales de la red.
Cuando se pongan en marcha los motores, la tensión eléctrica de las terminales de la red en el control no debe caer más de 15% por debajo de su valor normal (tensión eléctrica del controlador).
Cuando el motor funcione a 115% de su corriente eléctrica a plena carga, la tensión eléctrica en las terminales del motor no debe caer más de 5% de la tensión eléctrica del motor.
- Los métodos de alambrado permitidos para los cables de control de los motores de las bombas contra incendios son:
 - Tubo (conduit) metálico tipo pesado.
 - Tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
 - Tubo metálico a prueba de líquidos.
 - Cables tipo MI.

Métodos de alambrado

Código de colores

El código de colores de los aislamientos de los conductores que se deben de utilizar en cualquier instalación eléctrica, es el siguiente:

- Conductor puesto tierra (neutro) color --- blanco o gris
- Conductor de puesta a tierra color --- verde, verde con franjas amarillas, sin aislamiento (desnudo).
- Conductores de fase color --- cualquier otro color menos blanco, gris, verde o verde con franjas amarillas.

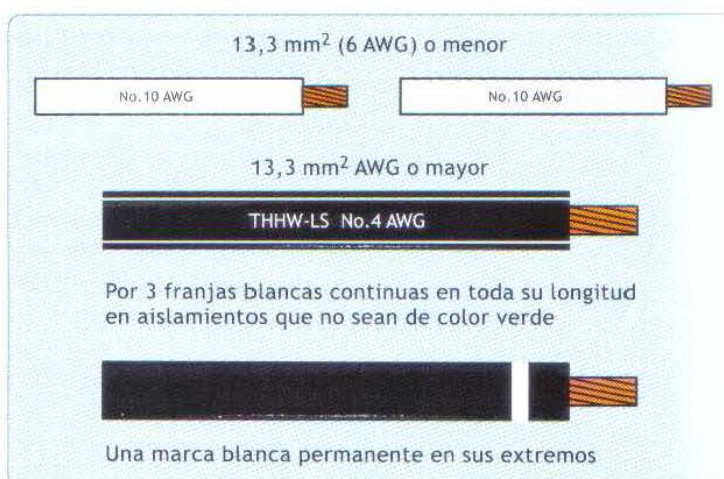


Fig. 24/10: Identificación del conductor puesto a tierra o neutro.

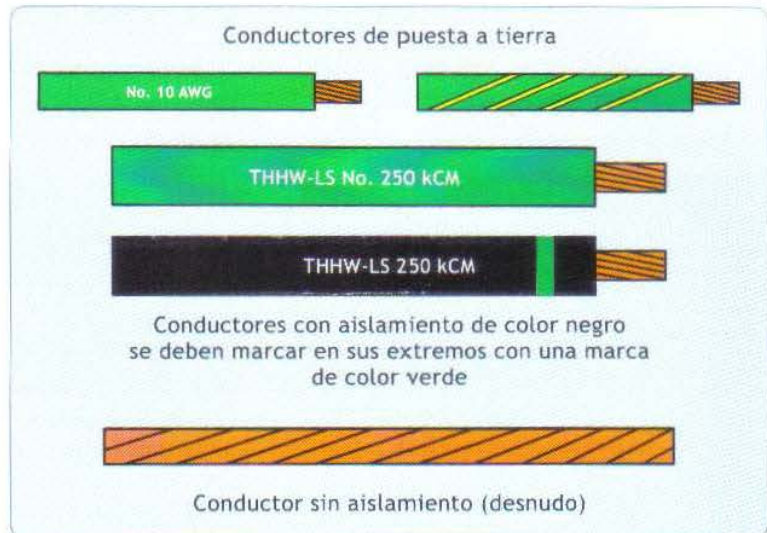


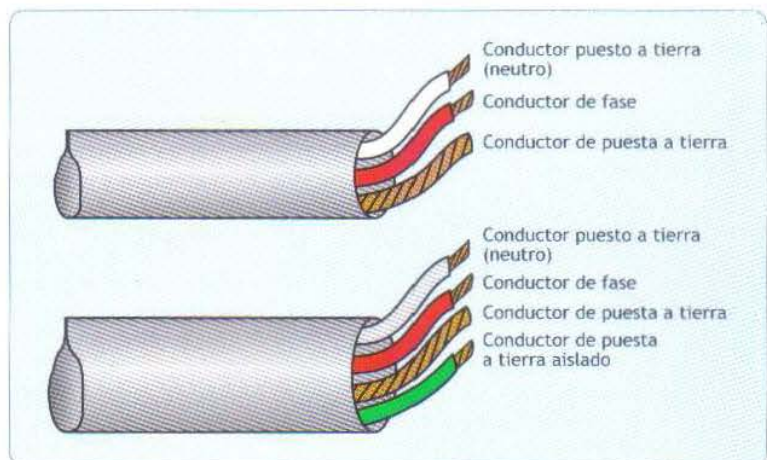
Fig. 25/10: Identificación del conductor de puesta a tierra.

Instalación de conductores de un circuito eléctrico

Los conductores que formen parte del mismo circuito como:

- El conductor puesto a tierra (neutro).
- El conductor de puesta a tierra del equipo.
- El conductor de puesta a tierra aislado (cuando se utilice).
- Los conductores de fase.

Siempre deben instalarse dentro de la misma canalización, soporte para cables tipo charola, zanja o cordón.

Fig. 26/10: Protección contra daño físico para conductores del tamaño 21,2 mm² (4 AWG) o mayores

Instalación de conductores de sistemas diferentes

A Tensión hasta 600 V

Los conductores de sistemas diferentes con una tensión hasta 600 V, de circuitos eléctricos de corriente alterna y de corriente directa, la norma vigente permite que puedan utilizar la misma: canalización, envolvente del equipo o cable.

La condición es que todos los conductores deben tener un aislamiento adecuado para la tensión máxima del circuito de cualquier conductor que se aloje dentro de la misma canalización.

B Tensión mayor de 600 V

Los conductores para tensiones mayores de 600 V, no deben ocupar la misma canalización, envolvente o cable, que los conductores con tensiones de 600 V o menores, solamente en lo que se indica a continuación:

- Se permite que el cableado secundario para lámparas de descarga eléctrica hasta 1 000 V, si está aislado para la tensión eléctrica del secundario, ocupe la misma envolvente del luminario, anuncio luminoso o de alumbrado de realce que los conductores del circuito derivado.
- Se permite que las terminales primarias de balastos de lámparas de descarga eléctrica aislados para la tensión eléctrica primaria del balastro, si están dentro de la envolvente individual del alambrado, ocupen la misma envolvente del luminario, anuncio luminoso o de alumbrado de realce que los conductores del circuito derivado.
- Se permite que los conductores de excitación, control, relevadores y amperímetros usados en conexión con cualquier motor o arrancador individual, ocupen la misma canalización de los conductores del circuito del motor.
- En motores, ensambles de tableros de distribución y control y equipos similares, se permiten conductores de diferentes tensiones.
- **En registros se permiten conductores de diferentes tensiones, si los conductores de cada sistema están separados de forma efectiva y permanente de los conductores de los otros sistemas y fijados firmemente a bastidores, aisladores u otros soportes aprobados.**

Los conductores con aislamiento sin pantalla y que operan a niveles de tensión diferentes no deben ocupar la misma envolvente, cable o canalización.

Protección contra daño físico

Cuando los conductores estén expuestos a daño físico, estos deben protegerse.

Cuando se instalen canalizaciones con conductores del tamaño $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o mayores, y terminen en una envolvente, caja o canalización, los conductores deben de protegerse con un accesorio que provea:

- Una superficie lisa y redondeada.
- Que la canalización tenga suficiente material aislante sujeto firmemente.

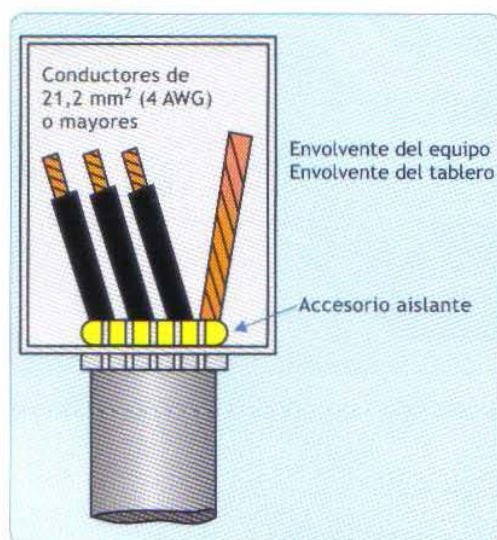


Fig. 27/10: Protección contra daño físico para conductores del $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o mayores.

Instalaciones subterráneas

Cuando se instalen canalizaciones o cables directamente enterrados, deben cumplir con la profundidad mínima indicada en la tabla 300-5.

Tabla 300-5.- Profundidad bajo tierra mínima para sistemas de 600 V

Lugar o método de alambrado o circuito	Método de alambrado o circuito				
	1	2	3	4	5
	Cable directamente enterrado	Tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado	Canalización no metálica aprobada para enterrarse directamente sin ahogar en concreto u otra canalización aprobada para tal uso	Circuitos derivados residenciales hasta 127 V con protección ICFT y protección de sobrecorriente máxima de 20 A	Circuito de control para riego e iluminación exterior limitado a 30 V e instalado con cable tipo UF u otros cables o canalizaciones
Todas las condiciones no especificadas abajo	60	15	45	30	15
En zanjas protegidas por concreto de 5 cm de espesor o equivalente	45	15	30	15	15
Bajo edificios	0 (sólo en canalizaciones)	0	0	0 (sólo en canalizaciones)	0 (sólo en canalizaciones)
Bajo banqueta de concreto con espesor mínimo de 10 cm, extendiéndose 15 cm mínimo más allá de la instalación subterránea	45	10	10	15 (directamente enterrado) 10 (en canalizaciones)	15 (directamente enterrado) 10 (en canalizaciones)
Bajo arroyo	60	60	60	60	60
En entradas y estacionamientos para viviendas unifamiliares	45	45	45	30	45
En aeropuertos, en pistas y lugares adyacentes en donde se prohíba el paso	45	45	45	45	45

La profundidad bajo tierra se define como la distancia más corta medida entre la superficie de cualquier conductor, cable, tubo u otras canalizaciones directamente enterrados y la superficie de la tierra, cubierta de concreto u otra cubierta similar.

- Las canalizaciones aprobadas para ser enterradas solamente cuando están ahogadas en concreto, deben tener un recubrimiento de concreto de espesor no menor que 5 cm.
- Cuando se requiera subir cables para realizar terminales o empalmes o donde se requiera acceso, se permiten menores profundidades.
- Cuando uno de los métodos de alambrado indicados en las columnas 1 a 3 esté combinado con uno de los tipos de circuito de las columnas 4 y 5, se permite utilizar la menor profundidad indicada.
- Cuando sea terreno rocoso, todas las instalaciones deben realizarse en tubo (conduit) metálico o no metálico permitidos para instalarse directamente enterrados. Las canalizaciones deben instalarse ahogadas en concreto con un espesor no menor que 5 cm.

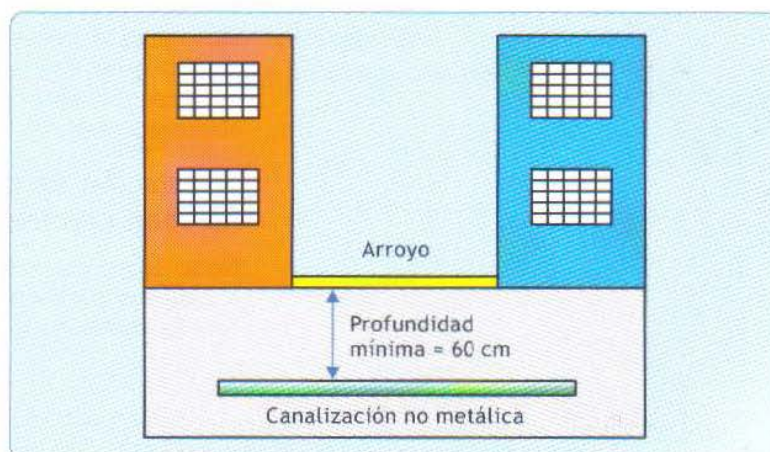


Fig. 28/10: Canalización no metálica bajo arroyo vial.

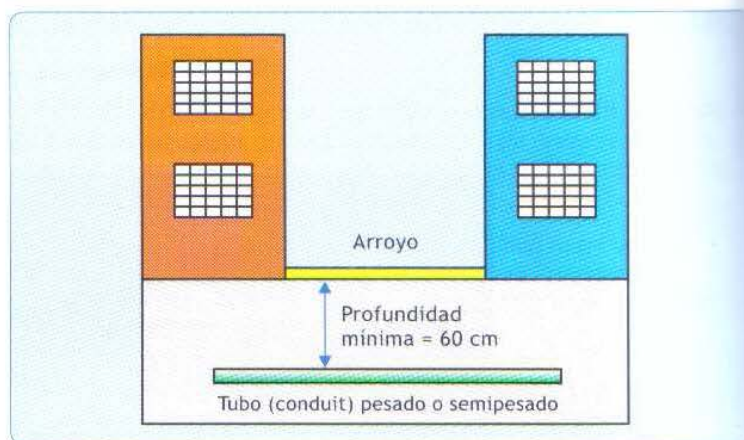


Fig. 29/10: Tubo (conduit) pesado o semipesado bajo arroyo vial.

Todas las instalaciones subterráneas deben estar puestas a tierra.

Empalmes. Se permite realizar empalmes o derivaciones de cables directamente enterrados, sin que se instalen cajas de empalme y se deben realizar adecuadamente.

Corrosión

Cuando se utilicen canalizaciones metálicas, armaduras metálicas y cubiertas de cables, cajas, gabinetes, codos metálicos, uniones, accesorios, soportes y sus herrajes, deben estar aprobados para el medio ambiente donde se instalen.

Además cuando al ambiente es corrosivo, se deben proteger adecuadamente contra la corrosión en su parte interior y exterior, excepto las rosas de unión, por medio de un material aprobado como el zinc, cadmio o esmalte.

En las rosas se permite utilizar una capa con un compuesto aprobado y que esté identificado como eléctricamente conductivo.

Lugares mojados en interiores.

Donde se laven frecuentemente las paredes o donde existan superficies de materiales absorbentes tales como el papel o madera húmedos, por ejemplo en lecherías, lavanderías, fábricas de conservas alimenticias y otros lugares mojados, el sistema de alambrado debe estar separado de las paredes mínimo 6 mm.

Instalación de conductores con otros sistemas que no sean eléctricos

No se deben instalar tuberías de vapor, agua, aire, gas, drenaje o cualquier otro servicio que no sea eléctrico dentro de canalizaciones o soportes para cables tipo charola.

Continuidad eléctrica de envoltentes y canalizaciones metálicas

Las canalizaciones metálicas, armaduras de cables y otras envoltentes metálicas para conductores, deben estar unidas metálicamente para formar un solo conductor eléctrico continuo.

Además deben estar unidas a todas las cajas, accesorios y gabinetes para proporcionar una continuidad eléctrica efectiva.

Número y tamaño de conductores en canalizaciones

La cantidad y el tamaño de los conductores cuando se instalen en cualquier canalización no debe ser mayor que lo que permita la disipación de calor y la fácil instalación y retiro de los conductores, sin que se dañen estos últimos o sus aislamientos.

Es importante indicar que se debe cablear solamente cuando las canalizaciones están completamente instaladas.

Conductores para alambrado en general

- Los conductores deben estar aislados al momento de la instalación.
- El material de los conductores debe ser de cobre o de aluminio.

Para conductores de aluminio el tamaño debe ser 13,3 mm² (6 AWG)

Conductores en paralelo

Cuando se instalen conductores en paralelo, el tamaño mínimo permitido es el 53,5 mm² (1/0 AWG), para los conductores de:

- De fase.
- El conductor puesto a tierra o neutro.

Las características que deben cumplir los conductores cuando se conecten en paralelo son:

- Ser de la misma longitud.
- Ser del mismo material.
- Ser del mismo tamaño (calibre) o sección transversal.
- Ser del mismo tipo de aislamiento.
- Con terminales de las mismas características.

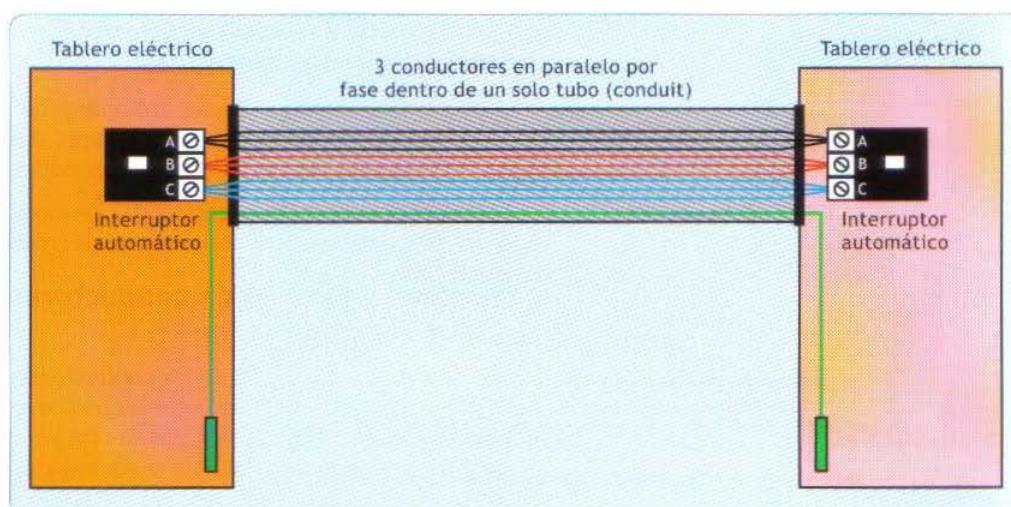


Fig. 30/10: Ejemplo de conductores en paralelo utilizando un solo tubo (conduit).

Tamaño mínimo de los conductores

Los tamaños mínimos de los conductores que permite la norma vigente, que se deben utilizar en una instalación eléctrica se indican en la siguiente tabla:

Tabla 310- 5.- Tamaño mínimo de los conductores

Tensión del conductor (V)	Tamaño o designación mínima del conductor mm ² (AWG)	
	Cobre	Aluminio
0-2 000	2,08 (14)	13,3 (6)
2 001-5 000	8,37 (8)	13,3 (6)
5 001-8 000	13,3 (6)	13,3 (6)
8 001-15 000	33,6 (2)	33,6 (2)
15 001-28 000	42,4 (1)	42,4 (1)
28 001-35 000	53,5 (1/0)	53,5 (1/0)

Conductores expuestos a radiación solar.

Los conductores y cables aislados expuestos a la radiación solar directa deben estar aprobados y marcados con las letras "SR".

La capacidad de conducción de los conductores expuestos a la radiación solar, se debe afectar por un factor de ajuste del 0,85 a los valores indicados en las tablas 310-16 a 310-19.

Además se debe afectar la capacidad de conducción de los conductores por el factor de ajuste de la temperatura ambiente y de agrupamiento.

Nombre de archivo: CAPITULO 10 (PAG
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis
documentos\araliz_2008 2\INSTALACIONES ESPECIALES\Libro-
Instalaciones Electricas Comerciales e Industriales
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 16/09/2008 15:12:00
Cambio número: 2
Guardado el: 16/09/2008 17:12:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 85 minutos
Impreso el: 16/09/2008 17:15:00
Última impresión completa
Número de páginas: 54
Número de palabras: 8 (aprox.)
Número de caracteres: 47 (aprox.)



HVLCC



- Compacto.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Compartimentado.

Planos y selección de equipos eléctricos

Contenido

Planos eléctricos.....	244
Selección de equipo eléctrico.....	249
A Alumbrado	250
B Receptáculos.....	252
C Carga de motores	252
D Cálculo de carga de circuitos derivados.....	254
F Cálculo del alimentador	255
H Cálculo de la carga del alimentador 480/277 V	257
I Cálculo de la carga de la acometida – 480/277 V	259
J Capacidad del transformador principal.....	260
Dispositivos eléctricos que se deben utilizar en una instalación eléctrica	261
Tabla de selección de equipo Federal Pacific.....	261
Tabla de selección de equipo Merlin Gerin	261
Tabla de selección de equipo Square D	262
Tabla de selección de equipo Telemecanique	263

Planos eléctricos

Un proyecto eléctrico consta de lo siguiente:

- Memoria de cálculo.
- Planos eléctricos.

El **procedimiento** de evaluación de la conformidad para la verificación de las instalaciones eléctricas define lo siguiente:

Responsable del proyecto: persona física que sea ingeniero electricista, ingeniero mecánico electricista o ingeniero en ramas afines, es decir, con conocimientos en seguridad de instalaciones eléctricas, titulado con cédula profesional en ingeniería, con conocimientos para intervenir en el proyecto de una instalación eléctrica.

Plano eléctrico: dibujo que demuestra el diseño eléctrico.

Proyecto: conjunto de documentos correspondientes a una instalación que se ha de construir o a partir de los cuales se ha construido.

Para instalaciones eléctricas de 100 kW o menores de carga instalada

El proyecto debe estar integrado por:

- Un diagrama unifilar.
- Relación de cargas.
- Lista de materiales.
- Equipo por utilizar de manera general.

Para instalaciones eléctricas mayores de 100 kW de carga instalada

El proyecto eléctrico debe estar integrado por:

- Planos eléctricos.
- Memoria técnica; solamente en el caso de que tales instalaciones sean suministradas para alta tensión, las cuales deben contener la información que permita determinar el grado de cumplimiento con las disposiciones indicadas en la NOM, conforme a lo siguiente:

A Diagrama unifilar, el cual debe contener lo siguiente:

- Acometida.
- Subestación, en su caso, mostrando las características principales de los equipos que la integran.
- Alimentadores hasta los centros de carga, tableros de fuerza, alumbrado, etc., indicando en cada caso el tamaño (calibre) de los conductores (conductores activos, neutro y de puesta a tierra), la longitud y la corriente demandada en amperes.
- Tipo, capacidad interruptiva e intervalo de ajuste de cada una de las protecciones de los alimentadores.

B Cuadro de distribución de cargas por circuito, el cual debe contener lo siguiente:

- Alumbrado. Número de circuito, número de lámparas, receptáculos, dispositivos eléctricos por cada circuito, fase o fases a que va conectado el circuito, carga en watts y corriente en amperes de cada circuito, tamaño de los conductores.

protección contra sobrecorriente por cada circuito y el desbalanceo entre fases expresado en por ciento.

- Fuerza. Número del circuito, fases a que va conectado el circuito, características de los motores o aparatos y sus dispositivos de protección y control, carga en watts y corriente en amperes de cada circuito, tamaño de los conductores (calibre) y el resumen de cargas indicando el desbalanceo entre fases expresado en por ciento.

C Plano eléctrico, el cual debe contener lo siguiente:

- Para que el plano eléctrico sea legible la escala mínima debe ser de 1:100. El plano eléctrico debe indicar la escala utilizada y las acotaciones. La altura mínima de la letra o caracteres debe ser de 2 mm.
- Utilizar el Sistema General de Unidades de Medida, de acuerdo con la norma NOM-008-SCFI vigente y en todas sus leyendas en idioma español.
- Contener los datos relativos a las instalaciones eléctricas, ser claros e incluir la información para su correcta interpretación de manera que permita construir la instalación. Pueden indicarse notas aclaratorias a los puntos que el proyectista considere necesarios.
- Utilizar los símbolos que se indican en NMX-J-136-ANCE (Abreviaturas, números y símbolos usados en planos y diagramas eléctricos). En caso de utilizar algún símbolo que no aparezca en dicha norma, debe indicarse su descripción en los planos eléctricos.
- Contener la información mínima siguiente:
 - Nombre o razón social del cliente del servicio.
 - Domicilio (calle y número, colonia, código postal, delegación o población, municipio y entidad).
 - Uso al que se vaya a destinar la instalación (giro o actividad).
 - Nombre, número de cédula profesional y firma del responsable del proyecto. En el caso de la elaboración de planos eléctricos de instalaciones ya construidas, el que firma como responsable asume tal carácter.
 - Fecha de elaboración del proyecto.
- Los planos eléctricos de planta y elevación, deben incluir lo siguiente:
 - Localización del punto de la acometida, del interruptor general y del equipo principal incluyendo el tablero o tableros generales de distribución.
 - Localización de centros de control de motores, tableros de fuerza, de alumbrado y receptáculos.
 - Trayectoria de alimentadores y circuitos derivados, tanto de fuerza como de alumbrado, identificando cada circuito, e indicando su tamaño y canalización, localización de motores y equipos alimentados por los circuitos derivados, localización de los controladores y sus medios de desconexión, localización de receptáculos y unidades de alumbrado con sus controladores, identificando las cargas con su circuito y tablero correspondiente.

- Localización, en su caso, de áreas peligrosas indicando su clasificación de acuerdo con la NOM.

D Lista de materiales y equipo a utilizar de manera general, la cual debe contener:

- Cada uno de los materiales y equipos principales especificando sus características.

E Croquis de localización, indicando la manzana y las calles que la circundan, la ubicación del predio dentro de la manzana, número de lote o número oficial, la orientación, colonia, población y otras referencias que faciliten su localización.

F Memoria técnica, la cual debe contener:

- Los cálculos de corriente de cortocircuito trifásico para la adecuada selección de la capacidad interruptiva de las protecciones de la instalación.
- Los cálculos de corriente de falla de fase a tierra (monofásico y bifásico), para el diseño de la malla de tierra de la subestación eléctrica.
- Los cálculos correspondientes a la malla de tierra (incluyendo la resistividad del terreno) para subestaciones considerando las tensiones de paso, contacto, su resistencia a tierra, así como la selección del tamaño (calibre) del conductor, longitud del conductor de la malla y la selección de los electrodos.

Nota: En los casos en que el neutro sea corrido no se requieren los cálculos de la malla de tierra.

En la elaboración del plano eléctrico (de detalle) de las instalaciones y de la memoria técnica, debe tomarse en cuenta lo siguiente:

A Para subestaciones:

- Mostrar el arreglo del equipo eléctrico que integra la subestación.
- Marcar la altura de montaje de cuchillas, interruptores, apartarrayos, postes y equipo asociado, cuando se trate de subestaciones abiertas. La vista de planta, elevación y detalles de la subestación, deben mostrar con claridad la acometida del servicio, subidas y bajadas de conductores, cruzamiento entre líneas, mufas, instalaciones de aisladores de suspensión, de alfiler, de tensores, retenidas y equipo asociado.
- Indicar la localización de lo siguiente: el registro para captación de aceite del transformador, la ventilación (indicando el área en cm^2), los extintores, los accesorios de seguridad, los accesos al local, cercas protectoras, sistemas de tierra, anuncios de peligro, las tarimas aislantes y las unidades de alumbrado normal y de emergencia que el proyecto incluya.
- Mostrar la localización e instalación de cables en ductos, excepto lo referente a la acometida del servicio, los registros y las vueltas que los cables efectúen en su recorrido. Asimismo, anotar las características de estos conductores.
- Indicar claramente la conexión realizada entre el interruptor de alta tensión y el primario del transformador, incluyendo sus medios de soporte y terminales, en su caso.

- Anotar el tipo de apartarrayos utilizado y su tensión de operación; el o los tipos de interruptores utilizados, su corriente en amperes, su calibración o ajuste del disparo y la capacidad interruptiva simétrica de los mismos; cuando se utilicen fusibles, se indicará si son de expulsión o no, si son limitadores de corriente o son de potencia y si son del tipo indicador, así como el valor del elemento fusible y el valor de su capacidad interruptiva.
- Anotar la capacidad de cortocircuito disponible en el punto de suministro, consultando para el efecto al suministrador.
- Señalar la existencia de mecanismos que impidan operar con carga los desconectadores y abrir las puertas de los gabinetes cuando existan partes energizadas en el caso de subestaciones compactas.
- Anotar las características del o los transformadores (potencia, relación de transformación, si el transformador es seco).
- Indicar tipo y mecanismos de operación de desconectadores e interruptores, material, tipo y tensión de operación de los aisladores utilizados; material y capacidad de conducción de corriente de las barras o conductores de alta tensión.

B Para conductores:

Indicar tamaño (calibre), tipo de material, clase de aislamiento y tensión, así como el tipo y material de sus aislamientos y si cuenta con pantallas semiconductoras.

C Para protección contra sobrecorriente:

Indicar el tipo de la protección (si es fusible, anotar si es de doble elemento, limitador de corriente o del tipo convencional); tensión y corriente (especificar el valor del elemento fusible o la calibración, en caso de termomagnéticos y electromagnéticos con disparo ajustable); marco y capacidad interruptiva en amperes simétricos y tipo de gabinete y de los relevadores en su caso.

D Para canalizaciones en los siguientes casos:

- Tuberías.- indicar tipo, material y designación.
- Ducto metálico embisagrado.- indicar el área o sección transversal del ducto.
- Soportes tipo charola para cables.- indicar tipo de material y ancho de la charola y especificar el acomodo de los cables dentro de ellas.
- Canalizaciones diferentes a las anteriores.- indicar su tipo de material y características particulares.

E Para motores y otras cargas:

- Indicar para cada carga, sus datos eléctricos tales como: corriente, tensión, potencia, factor de potencia y datos relacionados.
- Indicar el tipo de controlador, si es automático o manual y si es a tensión reducida o tensión plena, así como el tamaño y tipo de envolvente.
- Anotar el valor en amperes de la protección contra sobrecarga del motor.
- Anotar el tipo de protección contra sobrecarga del motor.

- Indicar las características de la envolvente: tipo, capacidad y tensión del medio de desconexión.

F Para sistemas de puesta a tierra:

La instalación referente a la puesta a tierra del sistema eléctrico y a la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de corriente del equipo eléctrico, pueden representarse en planos o describirse en la memoria técnica, pero en cualquier caso, debe indicarse las características del electrodo(s), dimensiones, tipo de material y longitud enterrada; especificar las características del puente de unión principal, del conductor del electrodo de puesta a tierra, así como de los conductores de puesta a tierra de los equipos o aparatos.

Las áreas en donde pueda existir peligro o riesgo de incendio o explosión debido a la presencia y manejo de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras inflamables dispersas en el aire, deben estar indicadas en el proyecto conforme a lo dispuesto en la NOM.

El usuario debe presentar el plano de las áreas peligrosas (clasificadas) indicando:

- Los límites en vistas de planta.
- Cortes transversales y longitudinales.

incluyendo las disposiciones contenidas en la NOM, aplicables a cada clasificación.

La clasificación de las áreas debe hacerse por personas calificadas, bajo la responsabilidad del cliente, teniendo en cuenta la información contenida en la NOM y en otras disposiciones legales aplicables.

Esquema de información requerida para proyectar un sistema eléctrico

El siguiente esquema indica la información necesaria que permite especificar y seleccionar adecuadamente los equipos eléctricos:

- Información general
 - Diagrama unifilar. El diagrama unifilar es útil para el análisis del sistema eléctrico.
- Nivel de tensión.
 - Sistemas de corriente alterna.** Se debe especificar el nivel de tensión eléctrica, el número de fases y el número de hilos.
 - Transformadores.** Especificar los niveles de tensión del lado primario y del lado secundario, capacidad del transformador, impedancia en por ciento, tipo de enfriamiento, tipo de conexión.
 - Sistema de corriente directa.** Se debe especificar el nivel de tensión, el sistema si es de 2 ó 3 hilos.
- Características de la carga a alimentar
 - Carga instalada y carga demandada.
- Dispositivos de protección.
 - Protección contra sobrecargas.
 - Protección contra cortocircuitos y fallas a tierra.
- Ubicación del equipo

Especificar:

- Temperatura ambiente.
- El lugar de la instalación: interior, exterior.
- Protección contra: atmósferas peligrosas, atmósferas corrosivas, polvo, lluvia, inmersión, etc.

Selección de equipo eléctrico

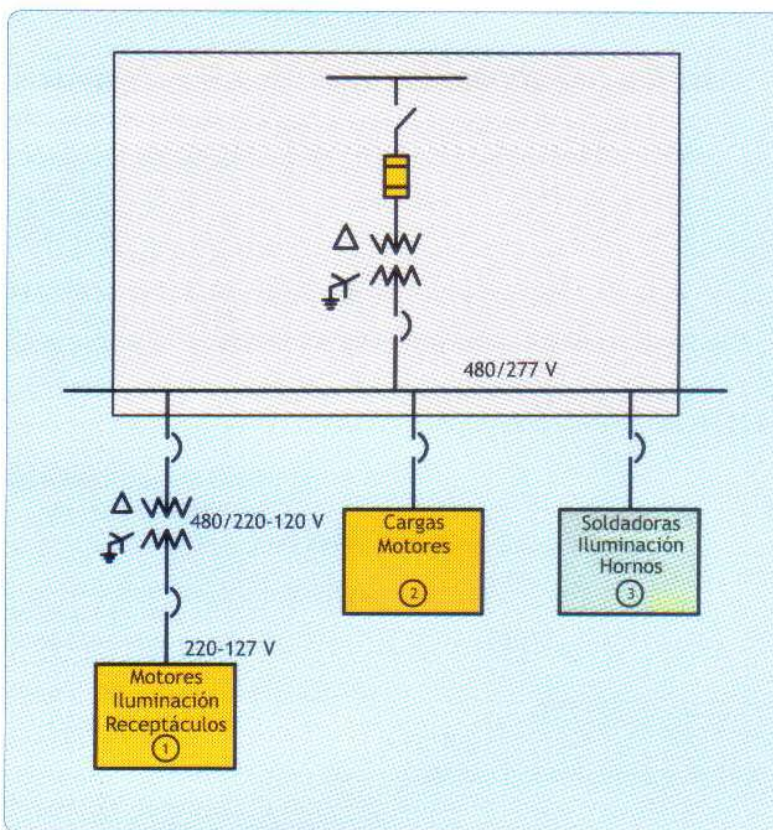


Fig. 1/11: Diagrama Unifilar.

Ejemplo de cálculo

De acuerdo al diagrama unifilar, calcular:

- Número de circuitos de iluminación, receptáculos.
- La capacidad de los transformadores.

Datos del ejemplo:

Cargas 1, iluminación, motores, receptáculos

Cantidad	Descripción	Tensión	fases	W, A, VA
120	100 W lámparas incandescentes	120	1F	100W
50	Luminarios fluorescentes 2X32 W	120	1F	0,66 A
50	Receptáculos	120	1F	180 VA
24 m	Receptáculos múltiples	120	1F	20 A
10	Motores 1,5 kW	120	1F	22,3 A
20	Motores 7,46 kW	460	3F	13,4A

Cargas 2 motores

Cantidad	Descripción	Tensión	fases	W, A, VA
10	Motores de 11,2 kW	460	3F	20 A

Cargas 3 iluminación, hornos, soldadoras

Cantidad	Descripción	Tensión	fases	W, A, VA
50	400 W aditivos metálicos	480 V	2F	1,041 A
2	Hornos de 15 KW	480V	3F	18,06 A
5	Soldadoras	277V	1F	40 A

Las secciones de la norma vigente que se utilizarán son:

Secciones 220-3(a); 220-3(b)

(a)	Iluminación:	220-3(a)
(b)(1)	Aparatos electrodomésticos	Valores de placa
(b)(2)	Secadoras eléctricas y aparatos electrodomésticos de cocción:	220-18 o 220-19
(b)(3)	Motores	430-22, 430-24, artículo 440
(b)(4)	Luminario empotrado:	Valor máximo lámpara y luminario
(b)(5)	Portalámpara de trabajo pesado:	600 VA
(b)(6)	Alumbrado de anuncios y de realce:	Mínimo 1200 VA por circuito
(b)(7)	Escaparates	200 VA por 305 mm (1 pie), (o por salida como se especifique)
(b)(8)	Receptáculos múltiples no unidades de vivienda	180 VA por 305 mm (1 pie) o 180 VA por 1,5 m (5 pies)
(b)(9)	Salidas de tomacorriente:	180 VA por conjunto o 90 VA por tomacorriente para 4 o más tomacorrientes
(b)(10)	Inmuebles para viviendas:	Salidas en baños, exteriores, garajes e iluminación están incluidas en la carga general de alumbrado
(b)(11)	Otras salidas no consideradas de (b)(1) a (b)(10):	180 VA por salida

De acuerdo a las secciones 220-3(a), 220-10(b), 215-2(a), las cargas no continuas se consideran al 100% y las **cargas continuas** se consideran al 125%.

A Alumbrado

Calcular:

Cargas de alumbrado por tipo de fuente luminosa y tensión, la carga total, el número de circuitos.

1 Cálculo de la carga total de alumbrado

● Alumbrado fluorescente 120 Volts

Secciones 220-3(a); 220-4(a)

I por luminario = 0,66 A

Potencia en VA = $0,66 \times 120 \text{ A} = 79,2 \text{ VA}$ por Luminario (vs $2 \times 32 = 64 \text{ W}$)Se tienen 50 Luminarios $\times 79,2 \text{ VA} = 3960 \text{ W}$

● Alumbrado incandescente 120 Volts

Secciones 220-3(a); 220-4(a)

Watts por luminario = 100

Se tienen 120 Luminarios $\times 100 \text{ W} = 12\,000 \text{ W}$

● Alumbrado de aditivos metálicos 480 V

Sección 220-3(a)

Potencia en VA = 400

Potencia en VA = $1,041 \text{ A} \times 480 \text{ V} = 499,68 \text{ VA}$ Se tienen 50 luminarios $\times 499,68 = 24\,984 \text{ VA}$

● Resumen de cargas de alumbrado

120 V alumbrado fluorescente	3 960 VA
120 V alumbrado incandescente	12 000 VA
480 V alumbrado de aditivos metálicos	24 984 VA
Carga total de alumbrado	40 944 VA

2 Cálculo del número de circuitos

● Alumbrado fluorescente 120 V

Secciones a utilizar:

210-19(a); 210-3; 210-20(1); 220-4(b); 220-3(a); 210-23(a)

El número de circuitos se calculan a partir de la carga en VA y de la capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente.

Paso 1 Se calcula la carga en Amperes.

$$I = 3960 \text{ VA} / 120 \text{ V} = 33 \text{ A}$$

Paso 2 Se calcula el número de circuitos derivados de 20 A

El dispositivo de protección no está certificado para operación al 100%

$$I = 33 \text{ A} \times 1,25 = 41,25 \text{ A (Carga Calculada)}$$

$$\text{Número de circuitos} = 41,25 / 20 \text{ A} = 2,06 \text{ circuitos o 3 circuitos de 20 A}$$

● Alumbrado incandescente 120 V

Secciones a utilizar:

210-19(a); 210-3; 210-20(1); 220-3(a); 210-23

Paso 1 Se calcula la carga en A.

$$12\,000 \text{ VA} / 120 \text{ V} = 100 \text{ A}$$

Paso 2 Se calcula el número de circuitos.

$$I = 100 \text{ A} \times 1,25 = 125 \text{ A}$$

$$\text{Número de circuitos} = 125 \text{ A} / 20 \text{ A} = 6,25 \text{ circuitos o 7 circuitos de 20 A}$$

Paso 3 Se realiza la prueba de carga por circuito:

$$120 \text{ luminarios} / 7 \text{ circuitos} = 17,14 \text{ o } 18 \text{ luminarios por circuito}$$

$$I = 100 \text{ VA} / 120 \text{ V} = 0,83 \text{ A}$$

$$18 \text{ luminarios} \times 0,83 \text{ A} = 15 \text{ A}$$

● Alumbrado de aditivos metálicos 480 V

Secciones a utilizar:

210-19(a); 210-3; 210-20(1); 220-4(b); 220-3(a); 210-23

Paso 1 Se calcula la carga en amperes, conectadas a las fases A-B, B-C, A-C

$$P = 24\,984 \text{ VA} \times 1,25 = 31\,230 \text{ VA}$$

$$31\,230 \text{ VA} / 3 = 10\,410 \text{ VA por circuito de } 2\emptyset$$

$$I = 10\,410 \text{ VA} / 480 \text{ V} = 21,68 \text{ A}$$

Paso 2 Los dispositivos de protección que se utilizarán serán 3 de 2 x 30 A.

B Receptáculos**1 Salidas de receptáculos de uso general 120 V****Sección 220-3(c)(7)**

Se tienen 50 Salidas x 180 VA = 9 000 VA.

2 Receptáculos múltiples fijos, salidas 120 V**Sección 220-3(c) (7) exc.1**

Se calcula la carga de los circuitos derivados

Carga en VA.

10 Secciones x 2,40 m = 24 m

24 m x 180 VA / 0,30 m = 14 400 VA

3 Salidas de receptáculos a 120 V

Secciones a utilizar: 220-3(c)(7); 210-21(b); 210-23(a)

Paso 1

Cálculo de la carga en VA

$P = 120 \text{ V} \times 20 \text{ A} = 2400 \text{ VA}$

Paso 2

Cálculo del número de salidas

Número de salidas = $2400 \text{ VA} / 180 \text{ VA} = 13,3$ o 14 salidas por circuito

Paso 3

Cálculo del número de circuitos

Número de circuitos = $50 \text{ salidas} / 14 \text{ salidas por circuito}$.

= 3,57 circuitos o 4 circuitos de 20 A

4 Receptáculos múltiples fijos 120 V

Secciones a utilizar: 220-3(c)(7) exc 1; 210-21(b); 210-23(a); 210-19(a)

Paso 1

Cálculo de la carga en Amperes.

$I = 14\,400 \text{ VA} / 120 \text{ V} = 120 \text{ A}$

Paso 2

Cálculo del número de circuitos

No. de circuitos = $120 \text{ A} / 20 \text{ A} = 6$ circuitos de 20 A

C Carga de motores**1 Cálculo de las cargas de motores en VA**

- Carga de motores 7,46 kW, 480 V, 3F

Secciones a utilizar: 220-3(c)(2); 430-6(a); tabla 430-150

Potencia

$P = 480 \text{ V} \times 14 \text{ A} \times 1,73 = 11\,625,6 \text{ VA}$

- Carga de motores 11,2 kW, 480 V, 3 F

Secciones a utilizar: 220-3(c)(2); 430-6(a); tabla 430-150

Potencia

$$P = 480 \text{ V} \times 21 \text{ A} \times 173 = 17\,438,4 \text{ VA}$$

- Carga de motores 2 CP, 120 V, 1 F

Secciones a utilizar: 220-3(c)(2); 430-6(a); tabla 430-148

Potencia

$$P = 120 \text{ V} \times 24 \text{ A} = 2\,880 \text{ VA}$$

- Circuito del motor 7,46 kW, 480 V, 3 F

Secciones a utilizar: 430-22(a); 430-32(a); 430-52

Paso 1 Cálculo del conductor por capacidad de corriente, en tubería (conduit).

$$125\% \times 14 \text{ A} = 17,5 \text{ A} \text{ corresponde un tamaño de } 3,31 \text{ mm}^2 \text{ (12 AWG) (20 A).}$$

Paso 2 Cálculo de la protección contra sobrecarga (F. S. 1,15)

$$125\% \times 14,4 \text{ A} = 18 \text{ A}$$

Paso 3 Cálculo de la protección contra cortocircuito y fallas a tierra, máxima.

$$\text{Interruptor automático} = 250\% \times 14 \text{ A} = 35 \text{ A} \quad 40 \text{ A}$$

$$\text{Fusible} = 175\% \times 14 \text{ A} = 24,5 \text{ A} \quad 25 \text{ A Fusible}$$

- Circuito del motor 11,2 kW, 480 V, 3 F

Secciones a utilizar: 430-22(a); 430-32(a); 430-52

Paso 1 Cálculo del conductor por capacidad de corriente

$$1,25 \times 21 \text{ A} = 22,25 \text{ A} \text{ Corresponde un tamaño de } 5,26 \text{ mm}^2 \text{ (10 AWG) (30 A)}$$

Paso 2 Cálculo de la protección contra sobrecarga

$$1,25 \times 20 \text{ A} = 25 \text{ A}$$

Paso 3 Cálculo de la protección contra cortocircuito y fallas a tierra

$$\text{Interruptor automático} = 250\% \times 21 \text{ A} = 52,5 \text{ A} \text{ Corresponde a } 50 \text{ A}$$

$$\text{Fusible } 175\% \times 21 \text{ A} = 36,75 \text{ A} \quad \text{Fusible de } 40 \text{ A}$$

- Circuito del motor 1,5 kW, 120 V, 1 F

Secciones a utilizar: 430-22(a); 430-32; 430-52; 430-53(a)

Paso 1 Cálculo del conductor por capacidad de corriente

$$I = 1,25 \times 24 \text{ A} = 27,875 \text{ A} \text{ Corresponde un tamaño de } 5,26 \text{ mm}^2 \text{ (10 AWG) (30 A)}$$

Paso 2 Cálculo de la protección contra sobrecarga

Ver las secciones 430-32(b) o (c)

Paso 3 Cálculo de la protección contra cortocircuito y fallas a tierra, máxima.

$$\text{Interruptor automático} = 250\% \times 24 \text{ A} = 60 \text{ A}$$

$$\text{Fusible} = 175\% \times 24 \text{ A} = 42 \text{ A} \text{ Fusible de } 40 \text{ A}$$

D Cálculo de carga de circuitos derivados

Secciones a utilizar 220-3(c)(1)

- Hornos 15 kW, 480 V, 3 F

Paso 1 Cálculo de la corriente

$$I = 15\,000 / (1,73 \times 480) = 18,06\text{ A}$$

- Soldadores de arco 40 A, 480 V, 1 F, 80% ciclo de servicio

Secciones a utilizar: 630-11(a)

Paso 1 Cálculo de la corriente

$$I = 40\text{ A} \times 0,89 \text{ multiplicador} = 35,6\text{ A}$$

Paso 2 Cálculo de la potencia

$$P = 35,6\text{ A} \times 480\text{ V} = 17\,088\text{ VA}$$

- Hornos 480 V

Secciones a utilizar 210-19(a); tabla 310-16; 110-14(c); 210-20; 240-3(b)

Paso 1 Cálculo del tamaño del conductor

$$I = 18,06\text{ A} \quad \text{tabla 310-16 columna de } 60^\circ\text{C}$$

Corresponde a un tamaño No. 12 AWG de cobre (20 A)

Paso 2 Cálculo del dispositivo de protección contra sobrecorriente

Capacidad de conducción del No. 12 AWG = 20 A

Dispositivo de protección = 3 x 20 A

- Soldadoras eléctricas 480 V

Secciones a utilizar: 240-3(k); 630-12(a); 630-11(a); 630-12(b)

Paso 1 Cálculo del tamaño del conductor

$$I = 35,9\text{ A} \quad \text{tabla 310-16, columna a } 60^\circ\text{C}$$

Corresponde a un tamaño de 8,37 mm² (8 AWG) de cobre

Paso 2 Cálculo del dispositivo de protección

$$I_{\text{prot}} = 200\% \times 35,9\text{ A} = 71,8 \quad \text{Corresponde a } 70\text{ A}$$

Paso 3 Protección de la soldadora

$$I_{\text{prot}} = 200\% \times 52\text{ A} = 71,8\text{ A} \quad \text{Corresponde a } 70\text{ A}$$

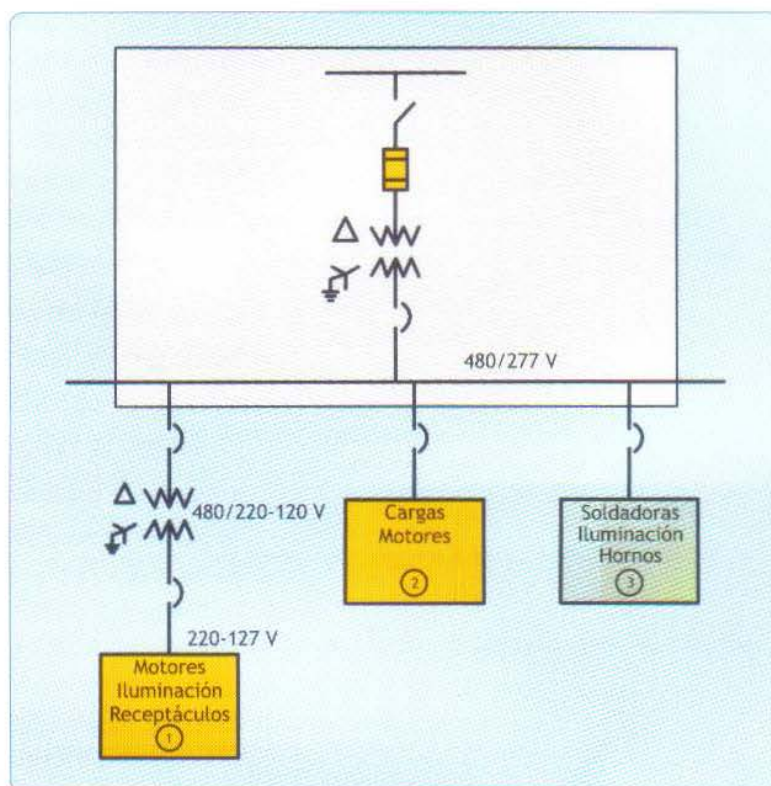


Fig. 2/11: Diagrama Unifilar.

F Cálculo del alimentador

Secciones a utilizar: 220-10; 215-2(a); tabla 220-11; 220-13

• Cargas de no motores

Alumbrado fluorescente 1,25 x 3 960 VA	= 4 950 VA	3 960 VA
Alumbrado incandescente 1,25 x 12 000 VA	= 15 000 VA	12 000 VA
50 Tomacorrientes 50 x 180 VA	= 9 000 VA	9 000 VA
24 m de receptáculos múltiples fijos 80 x 180 VA	= 14 440 VA	14 440 VA
Subtotal	= 43 390 VA	39 400 VA

• Cargas de motores

Secciones a aplicar: 220-14; 430-24

10 Motores 1,5 kW	10 x 2 880 VA	= 28 880 VA
25% de motor mayor	0,25 x 2 880 VA	= 720 VA
Subtotal		29 600 VA
Carga no de motores	43 390 VA	(39 400 VA)
Carga de motores	29 600 VA	(29 600 VA)
Total	72,990 VA	(69 000 VA)

1 Circuito del alimentador 220 / 120 V

Secciones a utilizar: 215-2(a); tabla 310-16

Paso 1

Tamaño del conductor del alimentador

$$I = 72\,990 \text{ VA} / (1,73 \times 220) = 191,77 \text{ A} \quad \text{Capacidad de corriente mínima del conductor}$$

Paso 2

Consultando la tabla 310-16 Columna 75 °C, resulta:

3/0 de cobre = 200 A

2 Protección del alimentador contra cortocircuito y falla a tierra

Secciones a utilizar: 215-2(a); 430-63

• Carga de no motores

$$I = 43\,390 / (1,73 \times 220) = 114 \text{ A}$$

• Carga de motores

Se tienen 10 motores de 1,5 kW

$$9 \times 2880 \text{ VA} = 25\,920 \text{ VA}$$

$$I = 25\,920 \text{ VA} / (1,73 \times 220 \text{ V}) = 68,1 \text{ A}$$

$$I_{\text{prot motores}} = 68,1 + 60 \text{ (IA)} = 128,1 \text{ A}$$

$$I_{\text{prot alimentador}} = 114 \text{ A} + 128,1 \text{ A} = 242,1 \text{ A}$$

$$\text{Dispositivo de protección máximo} = 250 \text{ A}$$

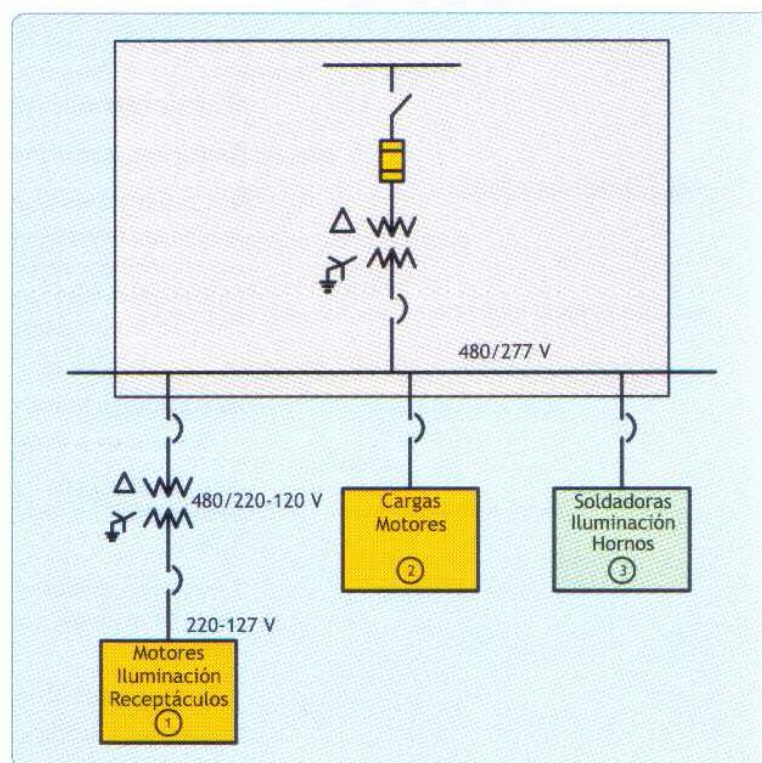
G Tamaño del transformador y protección contra sobrecorriente

Fig. 3/11: Diagrama Unifilar.

Paso 1

Cálculo de la capacidad del transformador

Carga total: 70 819 VA

Transformador seleccionado de: 75 kVA

Paso 2

Secciones a utilizar: 450-3(b), Nota 1, 240-6(a)

Paso 3

Cálculo de la corriente en el lado primario

$$I_p = 75\,000 / (1,73 \times 480) = 90,31 \text{ A}$$

Paso 4

Cálculo del dispositivo de protección del lado primario

Se consulta la tabla 450-3(b)

$$I_{prot} = 125\% \times 90,31 \text{ A} = 112,89 \text{ A}$$

Corresponde a un dispositivo de protección de 3 x 125 A

Paso 5

Cálculo del tamaño del conductor alimentador del lado primario

$$I_{cond} = 125\% \times 90,31 \text{ A} = 112,89 \text{ A}$$

Consultando la tabla 310-16 en la columna de 75 °C
corresponde a un tamaño de 33,6 mm² (2 AWG) (115 A)

H Cálculo de la carga del alimentador 480/277 V

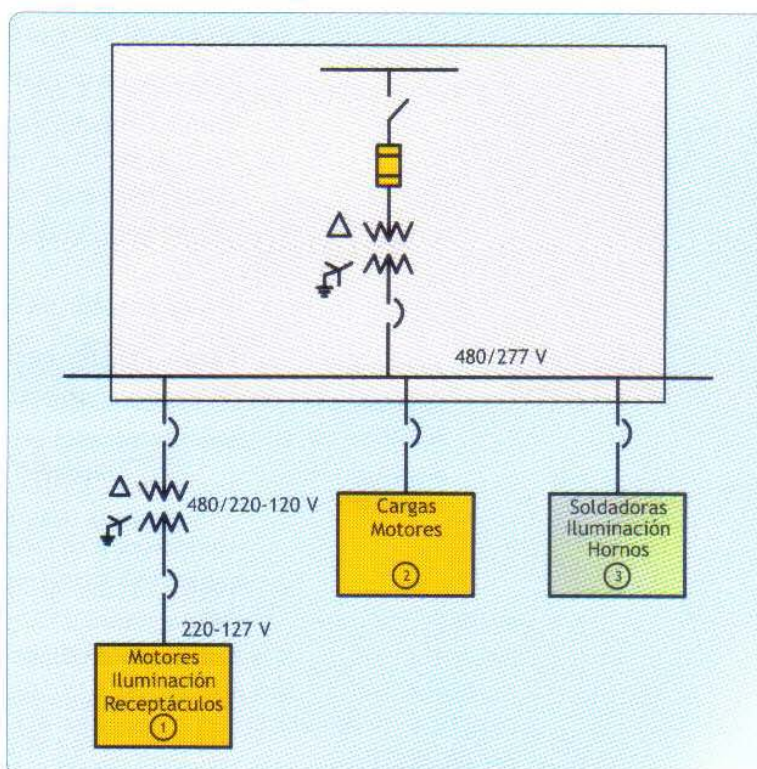


Fig. 4/11: Diagrama Unifilar.

Paso 1 Cálculo del alimentador 480/277 V**Secciones a utilizar** 220-10; 215-2(a); 220-3(c)(1)

- Hornos

$$2 \times 15\,000\text{ VA} = 30\,000\text{ VA}$$

- Alumbrado aditivos metálicos

$$24\,984\text{ VA} \times 125\% = 31\,230\text{ VA}$$

- Soldadoras

$$5\text{ Soldadoras } 17\,088\text{ VA} = 85\,440\text{ VA}$$

Paso 2 Resumen de cargas

• Hornos		30 000 VA
• Alumbrado		31 230 VA
• Soldadoras	5 x 17 088 VA	85 440 VA
	Total =	146 670 VA

Paso 3 Cálculo del alimentador 480/277 V

$$I = 146\,670 / (1,73 \times 480) = 176,62\text{ A}$$

Se consultan las secciones: tabla 310-16; 215-2(a); 240-3Corresponde a un tamaño de 85,0 mm² (3/0 AWG) (200 A) de cobre en la columna a 75 °C**Paso 4** El dispositivo de protección contra sobrecorriente es de: 200 A**1 Cálculo de la carga del alimentador 480 V****Secciones a utilizar:** 430-24**Paso 1** Carga de motores

(20) 7,46 kW	20 x 14 A =	280 A
(10) 11,2 kW	10 x 21 A =	210 A
25% del mayor	0,25 x 21 A =	5,25 A
	Total =	495,25 A

2 Alimentador de motores 480 V**Paso 1** Cálculo del conductor alimentador**Secciones a utilizar:** 310-4; tabla 310-16

Se utilizarán dos conductores en paralelo.

$$I = 495,25\text{ A} / 2 = 247,62\text{ A por fase}$$

Consultando la tabla 310-16, en la columna a 75 °C corresponde a un tamaño de 127 mm² (250 kcmil) (255)**Paso 2** Cálculo del dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra.**Secciones a utilizar:** 430-62; 240-6

Interruptor automático

$$50\text{ A} + (9 \times 21\text{ A}) + (20 \times 14\text{ A}) = 519\text{ A} \quad 500\text{ A I.A.}$$

Fusible

$$40\text{ A} + (9 \times 21\text{ A}) + (20 \times 14\text{ A}) = 509\text{ A} \quad 500\text{ A Fusible}$$

I Cálculo de la carga de la acometida - 480/277 V

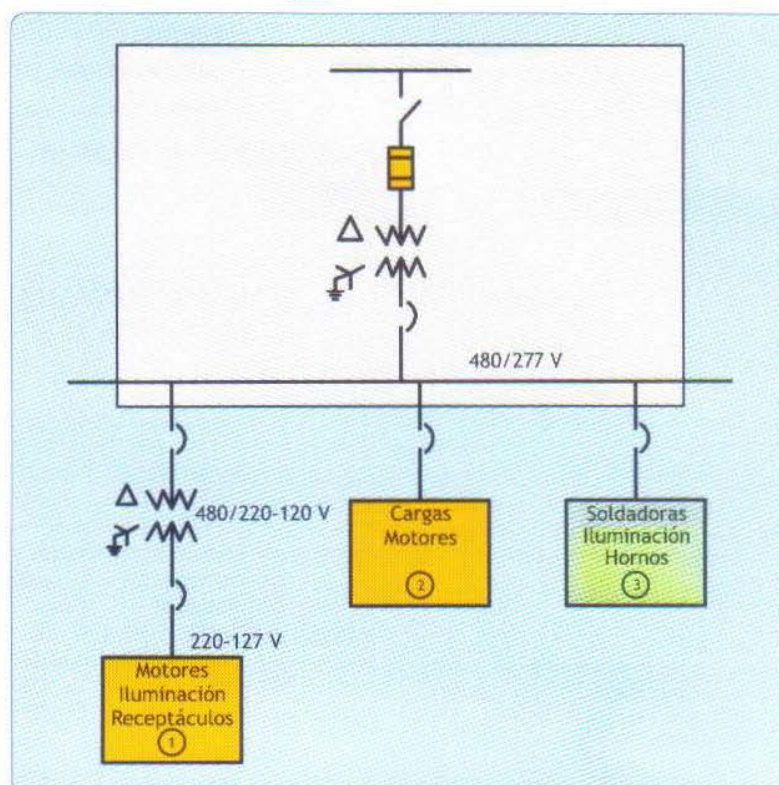


Fig. 5/11: Diagrama Unifilar.

Paso 1 Cálculo de la acometida 480/277 V

• Carga continua

$$\text{Alumbrado } 40\,944 \text{ VA} \times 1,25 = 51\,180 \text{ VA}$$

• Cargas no continuas

$$5 \text{ Soldadoras} = 85\,440 \text{ VA}$$

$$50 \text{ Tomacorrientes} = 9\,000 \text{ VA}$$

$$\text{Receptáculos Múltiples Fijo} = 15\,480 \text{ VA}$$

$$2 \text{ Hornos} = 30\,000 \text{ VA}$$

$$\text{Subtotal} = 139\,920 \text{ VA}$$

• Carga de motores

$$10 \text{ } 1,5 \text{ kW} \times 2\,880 \text{ VA} = 28\,800 \text{ VA}$$

$$20 \text{ } 7,46 \text{ kW} \times 11\,625,6 \text{ VA} = 232\,512 \text{ VA}$$

$$10 \text{ } 11,2 \text{ kW} \times 17\,438,4 \text{ VA} = 174\,384 \text{ VA}$$

$$25\% \text{ del mayor } 0,25 \times 17\,438,4 \text{ VA} = 4\,359,6 \text{ VA}$$

$$440\,055,6 \text{ VA}$$

Paso 2**Resumen de cargas**

- Cargas continuas = 51 180 VA
- Cargas no continuas = 139 920 VA
- Cargas de motores = 440 055,6 VA
- Total = 631 155,6 VA

Paso 3 Cálculo de la corriente

Carga calculada (A)

$$I = 631\,155,6 / (1,73 \times 480) = 760,06 \text{ A}$$

Paso 4 Cálculo del conductor alimentador de la acometida**Secciones a consultar: tabla 310-16; 310-4; 240-3; 240-6(a)**

Se utilizarán 3 conductores en paralelo por fase,

$$760,06 / 3 = 253,35 \text{ A}$$

Consultando la tabla 310-16 en la columna a 75 °C corresponde a 3 conductores en Paralelo de 127 mm² (250 kcmil) (255 A) de cobre**Paso 5 Cálculo del dispositivo de protección contra sobrecorriente.**Se tienen 3 conductores de 127 mm² (250 kcmil)

$$3 \times 255 = 765 \text{ A}$$

Se utilizará un dispositivo de protección contra sobrecorriente de 3 x 800 A

Paso 6 Cálculo del neutro de la acometida**Secciones a utilizar 220-22; 230-42(c); 250-24(b); 310-4**El tamaño mínimo a instalar será de 53,5 mm² (1/0 AWG).**J Capacidad del transformador principal****Resumen de Cargas**

- Cargas continuas = 51 180 VA
- Cargas no continuas = 139 920 VA
- Cargas de motores = 440 055,6 VA
- Total = 631 155,6 VA

Paso 1

Corresponde a un transformador de 750 kVA.

Dispositivos eléctricos que se deben utilizar en una instalación eléctrica*

* Para mayores detalles y selección de los productos, favor de consultar el CD anexo al final de este libro.

Tabla de selección de equipo Federal Pacific

Equipo	Descripción
Centro de Carga FQD	Residencial 2, 3 y 4 Circuitos a 120 / 240 V~, 3F 220 Y / 127 V~.
Centro de Control de Motores en Baja Tensión A12R FPower NS	De 600 A hasta 1200 A en 480 V~
Interruptor Automático FPower NS	De 16 A a 1200 A, de 127 V hasta 600 V~ máx.
Interruptor Miniatura FPower VS	Enchufable 1, 2 y 3 Polos de 10 A a 63 A, de 127 V~ hasta 240 V~ (10 kA)
Interruptor de Seguridad	Servicio Residencial 2 y 3 Polos, 30 A, 120 / 240V ~
Tablero de Alumbrado FQT	De 12 a 42 Circuitos 240 V~, capacidad de la barra de 100 A y 225 A
Tablero de Distribución Autosoportado FPower NS	Para 5000 A y 6300 A, tensión de 600 V~
Tablero de Distribución BDP, NDP y NHDP	Tipo Panel de 100 A a 1600 A, Sistema 3F · 4H, 600 V~
Subestación Eléctrica Compacta FPower	De 4,16 kV hasta 23 kV y secundario de 220 V ó 440 V~

Nota: Los equipos listados arriba cumplen con las normas oficiales mexicanas y/o normas mexicanas, de no existir estas con las normas internacionales o normas regionales, que les aplique. Si requiere mayor información acerca de la certificación comuníquese al tel: 55 58045202.

Tabla de selección de equipo Merlin Gerin

Equipo	Descripción
Banco de Capacitores Fijo Rectibloc Plus o Automático Secomat Plus	De 240 a 480 V, capacidades de 3 hasta 142,5 Kvar para el Rectibloc y de 19,5 hasta 792 Kvar para el Secomat, con una corriente de 300 hasta 4000 A.
Indicador de Falla en Líneas Aéreas Talus	De 15 kV y 23 kV, FLITE 110, 112 y 117 de 15 kV y 23 kV
Indicador de Falla en Líneas Subterráneas Easergy Flair 219 y 279	De disparo de 100 - 800 A, en tensiones de 4 kV a 69 kV
Interruptor Automático Miniatura MULTI 9	De 1, 2, 3 y 4 polos, de 0,5 A hasta 125 A a 415 V ~
Interruptor en Hexafluoruro de Azufre SF6	Para tablero de media tensión Metal Clad o Metal Enclosed, tensión de 1 a 40,5 kV y de 400 A a 3150 A
Interruptor en Caja Moldeada Compact NS	De 80 A a 630 A y Compact C de 600 A a 1250 A
Interruptor de Potencia en Baja Tensión MASTERPACT	Tipos NT de 630 A hasta 1600 A y NW de 800 A hasta 6300 A
Interruptor de Potencia en Vacío tipo EVOLIS	De 7,2 kV hasta 17,5 kV con 60 kV, 75 kV y 95 kV, de 630 A hasta 2500 A
Tablero de Distribución en Baja Tensión PRISMA	Gama P hasta 3200 A, A y G hasta 800 A y tensión de operación hasta 600 V
Tablero Metálico de Media Tensión MCset	Tipo blindado compartimentado (Metal Clad) hasta 24 kV
Transferencias Unidades Básicas Compact NS	Transferencias de 15 A a 6300 A, 600 V~, transferencias automáticas desde 15 A hasta 6300 A
Relevador Multifuncional Sepam 1000+	Serie 20, 40 y 80 para aplicaciones de subestación, transformador, motor y generador
Seccionador en SF6	Líneas de distribución aéreas hasta 34,5 kV, 600 A
Sistemas de Energía Ininterrumpible MGE UPS	De 250 VA a 3 kVA 1F, de 5 a 10 kVA 2F, 12 kVA a 4800 kVA 3F
Transformadores MT / BT Encapsulados TRIHAL	En tensiones hasta 36 kV y capacidades desde 300 kVA hasta 10 000 kVA

Nota: Los equipos listados arriba cumplen con las normas oficiales mexicanas y/o normas mexicanas, de no existir estas con las normas internacionales o normas regionales, que les aplique. Si requiere mayor información acerca de la certificación comuníquese al tel: 55 58045202.

Tabla de selección de equipo Square D

Equipo	Descripción
Apartarrayos secundario SDSA	Protección contra transitorios de hasta 36 kA
Arrancador tensión plena clase 8536 tipo S	Tamaño 00 hasta 7, con relevador sobrecarga tipo aleación fusible relevadores electrónicos Motor Logic
Arrancador tensión reducida tipo autotransformador clase 8606 tipo S	Tamaño 2 a 5, con relevador sobrecarga tipo aleación fusible, 3 polos, 60 Hz, 600 V ~ máx.
Banco de capacitores automáticos Reactivar AV600	Antirresonantes corrección del factor de potencia en ambientes ricos en armónicas
Base medición	De 4 a 5 mordazas de 1Ø a 2Ø y 7 mordazas 3Ø, 100 A, 600 V ~
Botones operadores tipo K de 30 mm	Pulsadores, selectores y lámparas, para uso rudo y a prueba de polvo, agua y aceite, clase 9001
Centro de control de motores modelo 6 y 6HD	De 600 V, barras principales a 2 500 A
Centro de control de motores Metal Clad	Tipo ISOflex, clase 8198 de 400 A, 4,16 kV y 7,2 kV
Centro de control de motores Metal Clad	Contacto en vacío Motorpact para arranque a TPNR, TRTA y Sofstarter
Concentración de medidores EZ Meter Pak	De 4 a 7 Mordazas y de 3 a 6 Equipos de Medición
Centros de carga: tipo QO y QOD	De 2 a 30 circuitos y desde 30 A hasta 200 A
Concentrador de medidores	400 A a 1600 A, con zapata, interruptor o fusible
Contactores tipo S clase 8502	Tamaño 00 a 7, sin protección contra sobrecarga
Controles para grúas	Aplicaciones generales desde 3 kW (5 CP) a 187 kW (250 CP) en c.a. y c.d.
Contactores y arrancadores	De propósito definido de 2, 3 y 4 polos, de 20 A a 50 A
Contactores de alumbrado	De 2, 3, 4, y 5 polos, de 30 A a 800 A
Ducto cuadrado NEMA 1, 3R y 12	De 6 x 6, 10 x 10, 15 x 15, 20 x 20, 25 x 25 y 30 x 30
Electroducto I-LINE e I-LINE 11	De 225 A a 5000 A, en cobre o aluminio, 3F - 4H
Electroducto Power Bus 225	Conectores enchufables y envoltorio de aluminio
Electroducto Power Zone	Totalmente cerrado de fase no segregada, para tensiones de 4,16 kV y 13,8 kV
Equipos para monitoreo y control de la energía Power Logic	Power-Logic, Enercept, Energy-Meter, Power-Meter, hasta analizadores CM2000 y CM4000
Filtros activos	Para ambientes ricos en armónicas Accusine
Fusible no renovable	Clase K5, 50 kA de 30 A y 60 A, uso residencial y comercial
Gabinete metálico para interruptores automáticos	Según designación de NMJ-J-235-ANCE-1999 parte 1 y 2, las condiciones ambientales de protección
Interruptor domésticos y receptáculos	Línea PRIME, PRIME-DECOR, DUNA, LUNARE y UNICA
Interruptor termomagnético QO, QOW, QOGFI	Capacidades desde 10 A hasta 125 A, C. Int. 10 KA
Interruptor termomagnético FA, HA, KA, JA, LA, MA, PA	Termomagnéticos industriales con capacidades desde 15 A a 2000 A
Interruptor en caja moldeada "Power-Pact"	Marco H150A y J250A, Elec. M800A, P1200A y R2500A
Interruptor de seguridad	Línea doméstica, servicio ligero, servicio general y servicio pesado
Interruptor en vacío	Para tableros Metal Clad para 4,16 kV, 13,8 kV y 23 kV
Interruptor de límite clase 9007	De precisión y de servicio pesado a prueba de polvo, agua y aceite
Interruptor de presión clase 9012 y 9013	Tipo G, para uso industrial y comercial de 1PDT y DPDT
Interruptor de flotador clase 9036	Diseñado para controlar automáticamente bombas
Luminaria Juno campana	Luminaria de gran eficiencia energética
Luminaria Juno decorativa	Diseño vanguardista
Luminaria Juno empotrable	Diseño de iluminación "limpios"
Luminaria Juno exteriores	Gran durabilidad y resistencia
Luminaria Juno fluorescente	Mayor luz, menor consumo de energía
Luminaria Juno reflectores	Para una excelente exposición de espacios
Relevador de sobrecarga	De aleación fusible, bimetalicos y de estado sólido
Retrofit de silleta	Para centro de control de motores modelo 3
Tablero de alumbrado NQOD	De 12 a 54 circuitos, tensión: 480Y / 277 V~
Tablero de alumbrado tipo NF	De 12 a 54 circuitos, tensión: 480Y / 277 V~
Tablero grado electrónico y cómputo	De 12 a 54 circuitos, tensión: 480Y / 277 V~
Tablero de distribución baja tensión I-LINE	Montaje en pared de 6 a 22 circuitos 480Y / 277 V~
Tablero de aislamiento para hospitales	De 1 a 16 circuitos, tensión: 480Y / 277 V~
Tablero autoportado QD Logic	Tensión de servicio 220 Y / 127 Vac 6 480 Y / 277 V~
Tablero inteligente de alumbrado Powerlink G3	De 12 a 21 circuitos, tensión: 480Y / 277V~
Tableros blindados Metal Clad	De 4,16 kV, 13,8 kV y 23 kV, de 1200 A a 3000 A
Tablero de bedia tensión HVL/cc	En SF6 de 600 A, de 5 kV hasta 38 kV
Tablillas de terminales	Para tensiones máximas de 600 V y 215 A
Transformadores de control clase 7400	Tipo T, Seco 600 V~ y menores, control eléctrico de motores, equipo de rayos X y computadoras
Transformador ahorrador de energía	Para variadores de velocidad, tipo K y auto-transformadores
Transformadores en MT/BT	Secos, encapsulados o moldeados hasta 36 kV y 7500 kVA
Subestaciones unitarias S2 tipo compacta	Con interruptores de carga primaria de 400 A y 600 A
Sistema de Monitoreo y control de la Energía	Power Logic, Enercept, Energy Meter, Power Miter
Supresores de transitorios Surge Logic	De 50 kA a 240 kA y de 40 kA a 480 kA

Nota: Los equipos listados arriba cumplen con las normas oficiales mexicanas y/o normas mexicanas, de no existir estas con las normas internacionales o normas regionales, que les aplique. Si requiere mayor información acerca de la certificación comuníquese al tel: 55 58045202.

Tabla de selección de equipo Telemecanique

Equipo	Descripción
Arrancado magnético a plena tensión en gabinete NEMA 12 y abiertos	Desde 0,3 kW (0,5 CP) hasta 450 kW (600 CP) en 440 V
Arrancador autoprotegido "integral"	De 18, 32 y 63 A para motores de 3,73, 746 W y 14,92 kW (5 CP, 10 CP y 20 CP) en 220 V~ y 7,46, 14,92 W y 29,84 kW (10 CP, 20 CP y 40 CP) en 440 V~
Arrancador a tensión reducida tpo autotransformador	De 15 kW (20 CP) hasta 373 kW (500 CP) en 440 V~
Arrancador electrónico ATS 01	1F de 110 - 230 V, 3F de 200 - 480 V, 50 / 60 Hz 0,37 - 15 kW
Arrancador electrónico ATS 48	Tensión 230-415 V / 208-690 V, 50 / 60 Hz
Arrancador inteligente Tesys U LAB	Para motores de hasta 15 kW (20 CP) en 440 V y 7 kW (10 CP) en 220 V
Botonería y señalización	De 22 mm. y 16 mm., pulsadores, selectores, etc.
Centro de control de motores BT modelo TMD2	Hasta 2000 A en 600 V~ máximos y combinaciones hasta de 298,4 kW
Contactores magnéticos	Desde 6 A hasta 800 A de la línea TeSys
Contactores magnéticos reversibles	De 2,238 kW (3 CP) en 220 V hasta 920 A en 440 V
Computadoras industriales Magelis	Pueden incluir el software SCADA Vijeo Look (PLC)
Detectores de proximidad	Inductivos, capacitivos y fotoeléctricos CD/CA
Electroducto para alambrado y distribución de energía CANALIS	De 20 A a 5000 A para alumbrado monofásico y distribución de energía en 3F - 3H ó 3F - 4H en 600 V
Guardamotor GV2-GV3	De 14,92 kW (20 CP) en 220 V Hasta 44,76 kW (60 CP) en 440 V
Himel	Especialista en gabinetes y armarios de poliéster, metálicos, de acero inoxidable y climatización
Interruptores de posición metálicos	Diferentes cabezas, dispositivos de ataque
Interruptor magnético tripolar GV2	Para motores de 0,187 kW (0,25 CP) en 220 V hasta 14,92 kW (20 CP) en 440 V
Lexium 17 MHDA servo-accionadores	Para Redes RS232 enlace serie, CANopen Bus, FIPio Bus, Profi Bus DP Bus, Mod Bus Plus
PLC Twido	Comunicación Modbus, lenguaje de escalera o Grafcet dos versiones Compact y Modular
PLC TSX Modicon MICRO	Con Software PL7 Micro, PL7 junior o PL7 Pro
PLC TSX Modicon PREMIUM	Comunicación: FIPWAY, FIPio, Unitelway, ETHWAY, ETHERNET TCP / IP, Modbus, Modbus Plus, ProfiBus-DP, InterBus-S y CANopen
PLC TSX Modicon MOMENTUM	Comunicación: Ethernet TCP/IP, Modbus o Modbus Plus con velocidad de 1 Mbps en Redes FIPio, ETHERNET TCP / IP, Modbus Plus, ProfiBus-DP, InterBus-S y DeviceNet
PLC TSX Modicon QUANTUM	Comunicación: ETHERNET TCP / IP, Modbus, Modbus Plus, ProfiBus-DP, InterBus-S, AS-i, LonWorks y Device Net
Relevador Zelio Logic	Programación en escalera y bloque de funciones FBD
Sistema de entradas / salidas distribuidas ADVANTYS	Desde 24 V~ hasta 240 V~, a diferentes redes como Modbus TCP (sobre ethernet), FIPio, Modbus Plus, InterBus-S, ProfiBus-DP, DeviceNet
Software de programación de PLC's UNITY	UNITY PRO: Herramienta para configuración, desarrollo, simulación, operación y mantenimiento de sistemas de automatización (nueva plataforma Premium, Atrium y Quantum)
Software SCADA Vijeo Citect	Nuevo software de monitoreo y adquisición de datos tipo SCADA
Terminales de diálogo HMI Magelis	Se pueden conectar a diversos PLC's por medio de protocolos de comunicación
Variador de velocidad ALTIVAR 21	De 0,75 kW a 30 KW, 3 entradas lógicas, 2 analógicas, acceso al control Local / remoto, compacto, integración a sistemas de edificios automatizados
Variadores de velocidad ALTIVAR 31	De 0,18 kW a 15KW, alimentación trifásica 200 / 240 V, 380 / 480 V. Versiones UL Tipo 1 / IP20 e IP54 hasta 30 kW. Rango de velocidad: 1:50. Sobrecarga: 110 % - 60 s. Comunicación con los principales buses en el segmento "building automation": LonWorks, Metasys N2, BACnet, y Apolgoe FLN
Variador de velocidad ALTIVAR 61	De 0,75 kW a 630 kW, Alimentación trifásica 200 / 240 V, 380 / 480 V, Rango de velocidad: 1:100 en modo de lazo abierto, Modbus y CANopen integrados. Tarjetas de comunicación para la industria: Ethernet, FIPio, Modbus Plus, DeviceNet, Interbus-S, Unitelway y para building automation LonWorks, BACnet, Metasys N2 y Apogee FLN
Variador de velocidad ALTIVAR 71	De 0,37 kW a 500 kW, 200 V... 240 V alimentación monofásica, 200 V... 240 V / 380... 480 V alimentación trifásica, 50 / 60 Hz, regulación de velocidad por control vectorial de flujo con o sin encoder. Más de 150 funciones disponibles: regulador PID, control de lógica de freno adaptable a los diferentes tipos de movimiento: vertical, horizontal y traslación. Modbus y CANopen integrados, tarjetas de extensión E / S, tarjetas de interface para encoder, tarjetas de comunicación: Fipio, Ethernet, Modbus Plus, Profibus DP, DeviceNet, Uni-Telway, Interbus, tarjeta programable "Controller Inside"

Nota: Los equipos listados arriba cumplen con las normas oficiales mexicanas y/o normas mexicanas, de no existir estas con las normas internacionales o normas regionales, que les aplique. Si requiere mayor información acerca de la certificación comuníquese al tel: 55 58045202.

- Catálogo Compendiado No.26 Productos de Distribución y Control, Square D
- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas (Utilización) D.O.F.
- Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica.D.O.F.
- Reglamento de la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica.D.O.F.
- Libro de Oro de Puesta a Tierra Universal, Javier Oropeza Angeles, 2005
- Museo de la Historia IEEE (USA)
- Curso de electricidad e instalaciones eléctricas. Eusebio Fernández Rodas
- Guía para la Supervisión de Obras Eléctricas Industriales. Tesis Javier Oropeza Angeles, 1984
- Stallcup's Electrical Design Book, 1999
- National Electrical Code 1996, 1999, 2002
- Electrical Exam Preparation, 2002 Mike Holt

Este libro se terminó de imprimir en el mes de
diciembre de 2007, en Agencia de Servicios
Publicitarios S.A. de C.V.

Se tiraron 6000 ejemplares más sobrantes

Precio sugerido al público:

\$ 500⁰⁰ (m.n.)

Nombre de archivo: CAPITULO 11 (PAG
Directorio: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Mis
documentos\araliz_2008 2\INSTALACIONES ESPECIALES\Libro-
Instalaciones Electricas Comerciales e Industriales
Plantilla: C:\Documents and Settings\GALGRO04\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: GALGRO04
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 16/09/2008 15:13:00
Cambio número: 2
Guardado el: 16/09/2008 15:52:00
Guardado por: GALGRO04
Tiempo de edición: 27 minutos
Impreso el: 16/09/2008 15:58:00
Última impresión completa
Número de páginas: 24
Número de palabras: 3 (aprox.)
Número de caracteres: 22 (aprox.)