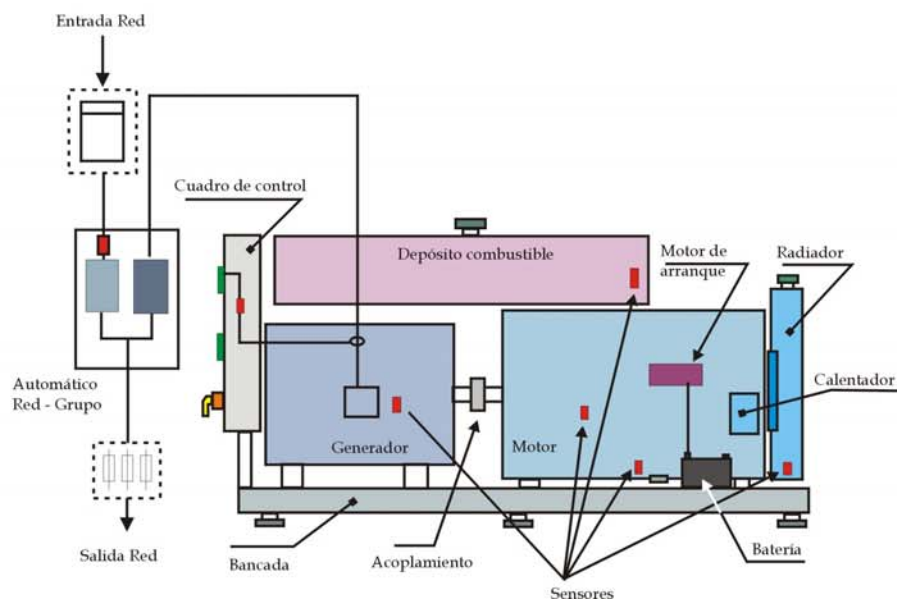




Tema 7

Sistemas alternativos de energía eléctrica: Grupos electrógenos, baterías, bloques autónomos



Tema 7

Sistemas alternativos de energía eléctrica. Tierras

Índice

1. Tipos de suministros	1
2. Fuentes propias de energía	2
3. Alumbrado de emergencia	2
4. Alumbrado de seguridad	3
5. Alumbrado de reemplazamiento	3
6. Batería de acumuladores	4
7. Carga del acumulador	5
8. Baterías	5
9. Indicios de fin de la carga	6
10. Sulfatación de las placas	7
11. Bloques autónomos	8
12. Alimentación continua	11
13. Grupos electrógenos	14
14. Suministro de corriente a instalaciones	14
15. Constitución de un grupo electrógeno	15
16. Cuadro de automatismos	16
17. Motor	17
18. Generador	19
19. Depósito de combustible	20
20. Sistema de conexión Red-Grupo	20
21. Modalidades de funcionamiento	21
22. Instrumentos de medida	23
ITC-BT 28 Instalaciones en locales de pública concurrencia	24
ITC-BT 18 Instalaciones de puestas a tierra	35

Tema 7

Sistemas alternativos de energía eléctrica. Tierras

1. TIPOS DE SUMINISTROS

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión clasifica los suministros eléctrico en **normales** y **complementarios**.

Son **suministros normales**, los efectuado a cada abonado por **una sola empresa, por la totalidad de la potencia contratada y con un único punto de entrega**.

Se llama **suministro complementario** o **de seguridad** los que:

Pueden realizare por **dos empresas distintas** o por **el mismo usuario con medios de producción propios**. También los de **una sola empresa con dos líneas independientes**

El **suministro complementario** se clasifica en:

Suministro de **socorro** destinado a cubrir un mínimo del **15 %** del suministro normal

El suministro de **reserva** debe cubrir al menos, el **25 %** del suministro normal

Suministro **duplicado** es el que debe de poder mantener en servicio normal una potencia mayor del **50 %** del suministro contratado. ART. 10.

Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de **alumbrado de emergencia o seguridad** ITC-BT-28.

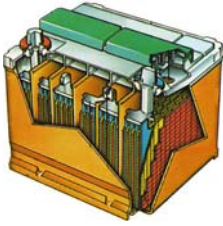
Se considera como locales de pública concurrencia **todos aquellos que se dediquen a actividades recreativas**, cualquiera que sea su aforo. También **todos los locales de reunión donde puedan haber una ocupación de 1 persona por cada 0'8 m² de superficie útil**

La **alimentación para los servicios de seguridad puede ser automática o manual**, se considera automática, cuando esta alimentación, no dependa de la intervención de un operador.

Duración entre el corte de suministro y la conmutación al suministro complementario:

Duración de conmutación	Categoría
15 segundos	Corte largo
Antes de 15 segundos	Corte mediano
0,5 segundos como máximo	Corte breve
0,15 segundos	Corte muy breve
Alimentación continua	Sin corte

2. FUENTES PROPIAS DE ENERGÍA

Baterías de acumuladores	Aparato autónomos	Grupos electrógenos
		

La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en el suministro normal o el suministro complementario, o cuando la tensión descienda por debajo del **70 %** del valor nominal (70 % de 230 V = 160 V).

3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Tiene por objeto asegurar, en caso de fallo en la alimentación al alumbrado, la iluminación de los locales y accesos hasta las salidas, que **permita la evacuación del público**, también se podrá iluminar automáticamente otros puntos que se señalen, y deberá entrar en funcionamiento en corte breve (antes de 0,5 segundos)

Dentro de la consideración de alumbrado de emergencia se incluye el **Alumbrado de seguridad** y el **Alumbrado de reemplazamiento**

4. ALUMBRADO DE SEGURIDAD

Este alumbrado debe **garantizar la seguridad de las personas** que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.



Figura 1 APLIQUE DE SEÑALIZACIÓN Y EMERGENCIA

Estará constituido por fuentes propias de energía (ver párrafo 2) que **solo podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga** (en tiempo de suministro normal).

El alumbrado de seguridad comprende:			
	Objeto	Nivel iluminación	Duración
Alumbrado de evacuación	Garantizar las rutas de evacuación y el uso de los medios de seguridad	1 lux a nivel de suelo	1 hora
Alumbrado ambiente o antipánico	Permita identificar las rutas de evacuación e identificar los obstáculos	0,5 lux a 1 metro del suelo	1 hora
Alumbrado de zonas de alto riesgo	Garantiza la seguridad de las personas ocupadas en actividades peligrosas	15 lux o el 10 % del alumbrado normal	El necesario, con un mínimo de 2 horas

5. ALUMBRADO DE REEMPLAZAMIENTO

Se denomina así al Alumbrado que permite la **continuación de las actividades normales** si el alumbrado de reemplazamiento **proporciona una iluminación inferior al alumbrado normal se usará únicamente para terminar los trabajos con seguridad**.

Al final de este tema se incluye la ITC-BT 28 donde se especifican las propiedades que deben de reunir los diferentes tipos de alumbrado complementarios o de seguridad

6. BATERÍA DE ACUMULADORES

Un acumulador es un dispositivo químico que al ser sometido al paso de la corriente continua **transforma la energía eléctrica en energía química** sin que se consuma esta energía, permaneciendo en estado potencial, **de tal modo que ésta pueda transformarse directamente en energía eléctrica cuando sea necesario.**



Figura 2 ACUMULADOR DE 6 VOLTIOS

La energía por así decirlo se halla **almacenada o acumulada** para poderse utilizar al cabo de un cierto tiempo; de aquí el nombre de **acumulador** con que se le designa (figuras 2 y 3)

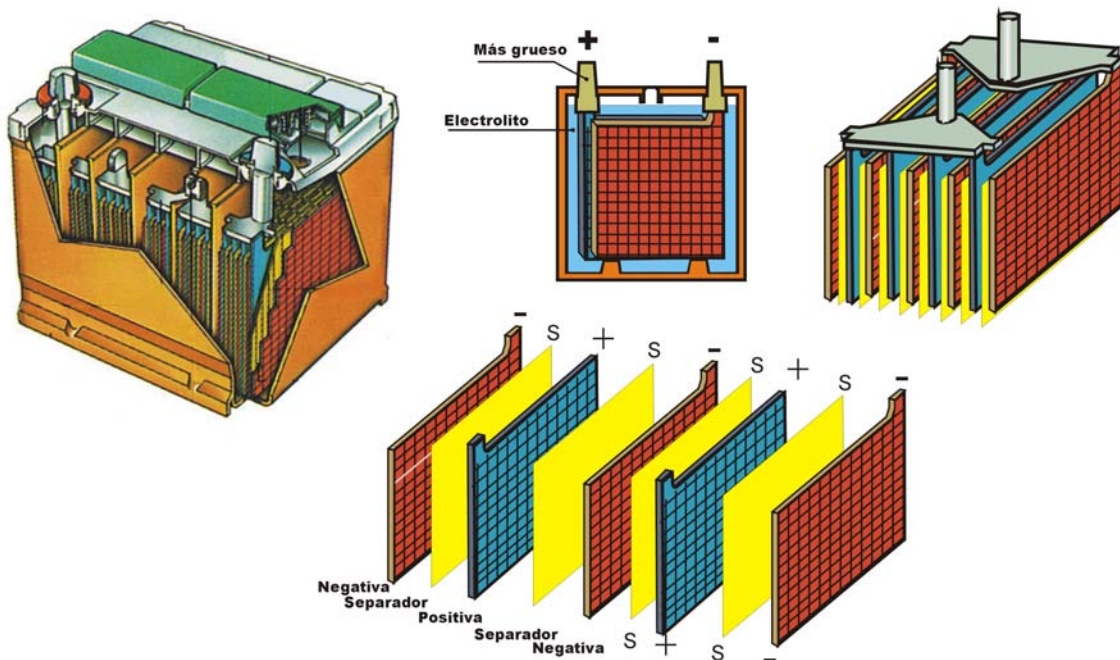


Figura 3 DISPOSICIÓN DE LAS PLACAS DE UN ACUMULADOR

7. CARGA DEL ACUMULADOR

Normalmente se colocan seis acumuladores, puesto en serie, para aumentar el voltaje del conjunto hasta 12 voltio; a esta disposición de seis, tres o más elementos formando un bloque se le da el nombre de **batería de acumuladores**.

La **carga y la descarga de una batería** se efectúa según el esquema de la figura 4.

El **generador**, es necesario que sea de tensión variable, por medio de un reóstato; sobre todo para la primera carga, en la que se produce la **formación de las placas**, en cuyo período, la resistencia interior del acumulador es muy pequeña; por lo que la corriente sería excesiva si no se disminuyera el voltaje de carga.

El amperímetro es imprescindible para **no sobrepasar el valor máximo permitido durante la carga**; en acumuladores que reciben su primera carga de formación, este valor suele ser el uno por ciento de su capacidad; mientras que, en acumuladores que ya han pasado este período, simplemente se somete a recarga, **el valor de la intensidad de corriente, es un diez por ciento del valor de su capacidad**.

Un acumulador de **95 Amperios hora** se carga a **9'5 Amperios**

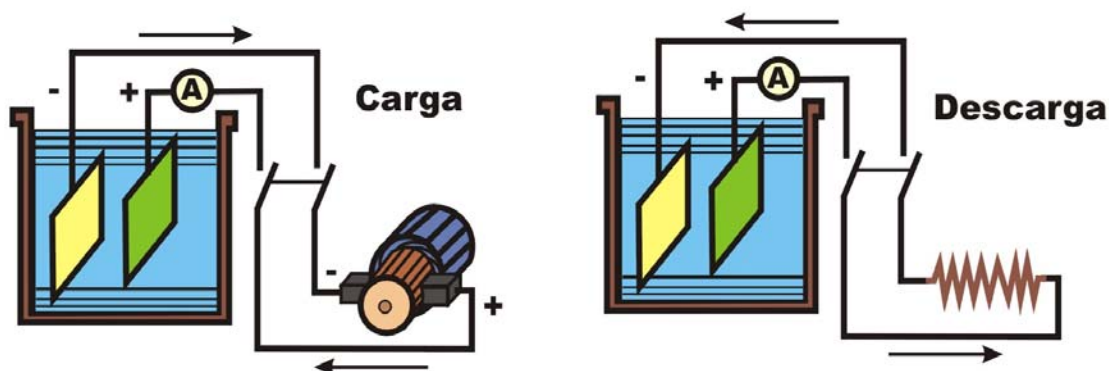


Figura 4 CARGA DE UNA BATERÍA DE ACUMULADORES

8. BATERÍAS

Varios acumuladores puestos en serie formando un bloque compacto reciben el nombre de **batería** (figura 5). El voltaje de cada batería se calcula por el número de vasos de que está compuesto, como la fuerza electromotriz es de **2'2 voltios** a plena carga y **1'8 voltios cuando están descargados**, la tensión que se toma es la de la diferencia de potencial a circuito cerrado, **dos voltios por acumulador**.

Por tanto, **una batería de seis vasos tiene 12 voltios**. Por costumbre, hoy día se llama **batería a todos los acumuladores aunque solo sea de un solo vaso**.

La capacidad que tiene una batería de acumular carga depende de sus dimensiones, **a mayores dimensiones mayor capacidad** de almacenamiento.

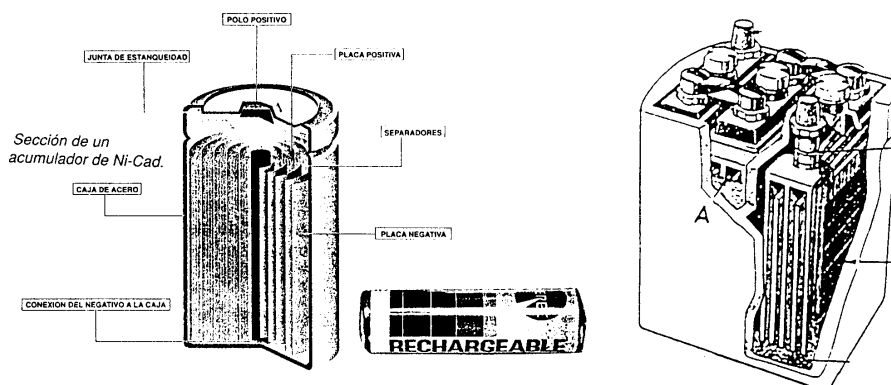


Figura 5 DOS TIPOS DISTINTOS DE BATERÍA DE ACUMULADORES

La capacidad de una batería, o acumulador, se mide en amperios horas. Decir que **una batería es de 54 amperios horas** se interpreta como que puede proporcionar **durante una hora 5'4 amperios**; o bien **54 amperios durante un minuto**; también que se puede sacar de ella **0'54 amperios durante 10 horas**. Todo dependerá del tiempo que esté conectada y de los amperios que se extraiga de ella durante los minutos que esté en servicio; **también depende de sí el servicio es ininterrumpido o es un consumo intermitente**.

Aunque esto último no influye mucho cuando los consumos son bajos en relación con la capacidad de la batería, si influye bastante cuando la descarga es elevada.

9. INDICIOS DE FIN DE LA CARGA

Existen varios procedimientos para determinar aproximadamente el estado de carga de una batería

El voltímetro no es un medio muy fiable cuando la batería está con los bornes libres, es decir, sin carga, **para medir el voltaje de una batería se hace sometiendo la batería a una descarga al mismo tiempo que se hace la medición**.

El otro método es por **la densidad del electrólito**, la mayor concentración de ácido indica que la batería está cargada mientras que la pérdida de densidad demuestra que

la batería está descargada. La medida de la densidad se hace por medio del **densímetro** (figura 6), que, por lo general, tienen marcadas varias señales en la que **la inferior corresponde a descarga total** y **la superior a la carga completa**, con el densímetro casi hundido en el electrolito.

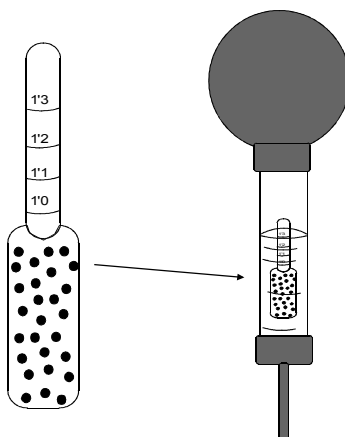


Figura 6 DENSÍMETRO

10. SULFATACIÓN DE LAS PLACAS

Una batería, que normalmente funcione a medio cargar, es como si estuviese suministrando una intensidad mayor para la que está construida; o bien, si se deja durante **grandes períodos de tiempo sin someterla a carga y descarga**, **sus placas se modifican; recubriéndose con una placa de sulfato que impide que se verifiquen las reacciones químicas y, por tanto, poco a poco se inutilizan**. Para impedir esto es preciso vigilarla; **no someterlas a descargas excesivas**, tenerlas **siempre a plena carga** y si se almacena durante grandes períodos de tiempo; someterlas a **cargas y descargas periódicas**, es muy importante almacenarlas a plena carga, y antes de que se descarguen por si solas (En realidad no se descargan, sino que se sulfatan), **someterlas a una descarga y después volverlas a cargar**, es decir, **cargar de ves en cuando una batería una y otra vez sin antes haberla sometido a una descarga, es tan perjudicial como si no se le hubiera dado carga alguna**.

Durante la descarga de la batería se producen unas reacciones químicas que producen oxígeno que se volatiliza y va la atmósfera, este oxígeno arrastra detrás de sí minúsculas partículas de ácido que contaminan el local, por lo que es peligroso respirarlo, igualmente el oxígeno desprendido es peligroso por lo inflamable.

Por tanto, **donde existen baterías de acumuladores; y sobre todo, donde se procede a su carga. No pueden encenderse llama, porque existe gran peligro de explosión debido a la acumulación del oxígeno; por ello, estos locales deben tener ventilación natural, si es posible, y si no lo es, de ventilación forzada, por medio de extractores de aire.** La instalación eléctrica de estos locales, se realizará cubriendo las partes metálicas con pintura anticorrosiva, y empleando tubos de plástico sellados, así como el mando de los interruptores y circuito de mando.

IMPORTANTE: Durante la descarga se consume parte del agua que hay mezclada con el ácido sulfúrico dentro de la batería, convirtiéndose en oxígeno que va a la atmósfera, por lo que el nivel del electrolito baja, cuando se pone una batería a cargar es preciso restituir el agua que se pierde, **añadiendo agua destilada**, es decir, agua pura sin sales, ni cal que dañen las placas y la sulfaten, **ácido no se añade nunca.**

11. BLOQUES AUTÓNOMOS

La construcción de acumuladores “secos” y con las mismas dimensiones de las pilas portátiles ha echo posible la construcción de aparatos de alumbrado de emergencia económico, y por añadidura, que se utilicen aún donde no son obligatorios, y donde son obligatorios se usan en mayor cantidad de lo estrictamente necesarios, sin que se considere un derroche o un lujo.

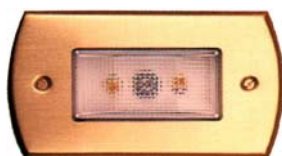


Figura 7 BALIZA PARA ESCALERAS

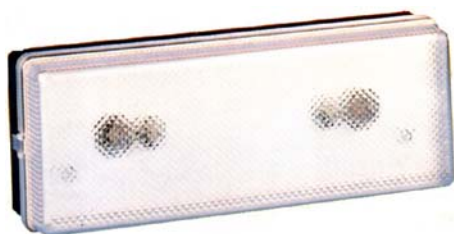


Figura 8 EQUIPO AUTÓNOMO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

La batería de estos grupos autónomos son de **Níquel Cadmio** y tamaño de las pilas cilíndricas, **con garantía de duración de más de una hora de funcionamiento**.

La envuelta es de material autoextinguible y suelen fabricarse con conexión para telemando y apagado manual.

Se conectan a redes generales, o derivaciones cuyo servicio se prevé permanente, nunca a líneas que parcialmente están durante horas desactivadas.

Interiormente, **consta de transformador, rectificador de corriente y relé de carga**. Contiene además una o dos lámparas incandescentes en serie con la lámpara principal de iluminación. Esta lámpara, al estar encendida mientras haya tensión, sirve como alumbrado de señalización permanente y como control de que la lámpara principal de luz de emergencia no está fundida. Cuando el bloque entra en funcionamiento la lámpara en serie se apaga y se enciende las dos principales, o una de tubo fluorescente, en ese momento comienza la descarga de la batería; al volver la tensión, automáticamente el relé de carga apaga la luz principal y comienza la carga a través de la lámpara en serie, si no enciende esta luz de señalización es que la batería no está cargando, y por tanto, es un medio de seguridad del servicio.

Variantes de iluminación de emergencia

El anterior Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 1975, prohibía expresamente la utilización de tubos fluorescentes en los alumbrado de emergencia, sin embargo el uso de reactancias electrónicas de encendido rápido (no usan cebador) permite que se utilice como de encendido rápido y el nuevo reglamento de 2002 olvida esta prohibición anterior (figura 9).

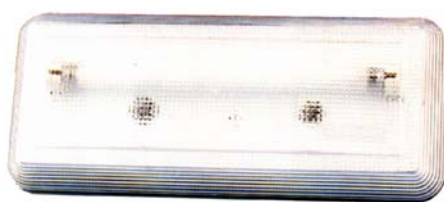


Figura 9 EQUIPO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA CON TUBO FLUORESCENTE

Para reparaciones en **situaciones de emergencia existen bloques transportables** como el de la figura 10 con lámparas de mayor consumo en focos orientables.



Figura 10 EQUIPO DE EMERGENCIA DE GRAN POTENCIA

A fin de que los equipos resulten más económicos se coloca **un solo cargador con una única batería** (figura 11) y de este equipo se sacan las líneas que van hasta los puntos de iluminación, que solo tendrá la lámpara sin cargadores individuales.



Figura 11 EQUIPO DE ALIMENTACIÓN PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Para hoteles y lugares **donde la decoración es muy importante**, la colocación de equipos como el de la figura 9 desentona mucho, se pueden sustituir por otros que se fabrican **imitando aparatos de iluminación clásicos**, como el de la figura 12, su único inconveniente es el mayor precio, pero estáticamente compensa al dar mejor presentación.



Figura 12 APARATO DE EMERGENCIA DECORATIVO

12. ALIMENTACIÓN CONTINUA

Hoy día, en todo tipo de negocios de gran volumen, medio y pequeño volumen, incluso para uso doméstico, se utilizan los ordenadores.

El funcionamiento interno de los ordenadores está basado en el uso de diversos tipos de memorias que en casos de micro cortes de corriente no se pierde, permanecen en la memoria llamadas ROM, PROM, EPROM y otras; pero una parte de la información, se almacena en otro tipo de memoria, como la **RAM, que se pierde**. Si la corriente se corta aunque sea por unas décimas de segundos, el resultado evidente es que se reinicia el sistema y toda la información que no se haya grabado previamente se pierde, **teniéndose que rehacer todo el trabajo previo al corte de la corriente que se almacenaba en la memoria RAM**. Para evitar este inconveniente (la falta de corriente), se emplean baterías que en caso de corte permite continuar el funcionamiento de los ordenadores, el tiempo suficiente para cerrarlos correctamente sin que se pierda la información acumulada desde que se puso en marcha.

El problema de alimentación con una batería alternativa es que al ordenador no se le puede cortar la corriente ni por unas décimas de segundo, el sistema de seguridad empleado es el de la alimentación continua.

El sistema de **alimentación continua** consiste en recibir **la corriente alterna de 220 V y transformar el voltaje a la tensión de la batería**, rectificarlo y cargar la batería con corriente continua. **Al mismo tiempo, que se suministra corriente a la batería se suministra corriente a un sistema llamado ondulator, que vuelve a aumentar el voltaje y transformarlo en corriente alterna de 220 V.** De esta forma se está suministrando constantemente tensión alterna al ordenador y cuando falte el suministro en alterna la batería deja de cargar, pero desde este momento, y hasta su agotamiento continúa suministrando energía al ordenador **sin que se pierda lo acumulado en la memoria RAM**, claro está que si no se cierra el ordenador lo antes posible y se continúa trabajando como si nada ocurriera la batería se agotará y acabará por dejar de funcionar el ordenador.



Figura 13 COMPARACIÓN DE TAMAÑO DE ALIMENTADOR CONTINUO CORRIENTE DE GRAN POTENCIA

Lo que ocurre con mucha frecuencia es que los cortes de corriente suelen ser de minutos, casi nunca de horas, los usuarios suelen confiarse a experiencias anteriores y no cierran el ordenador, esto es ya su responsabilidad no la del fabricante del equipo ni de la capacidad de la batería.

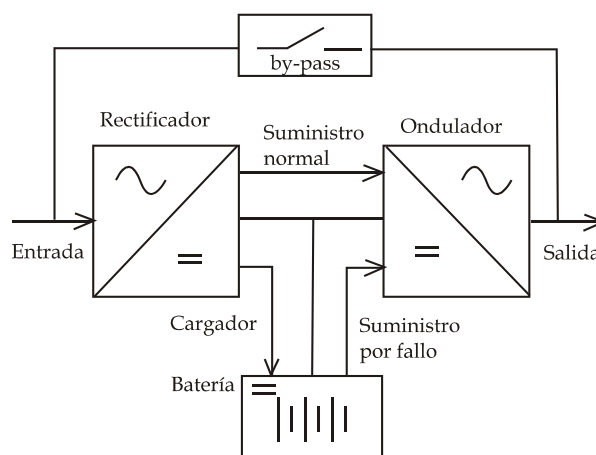
Existen alimentadores para un solo ordenador (figura 14) y de mayor capacidad que abarque a todos los equipos de una oficina como el de la figura 13. Incluso pueden acoplarse varios en paralelo para aumentar la capacidad de respuesta en situaciones de emergencia.



Figura 14 ALIMENTADOR CONTINUO PARA UN SOLO ORDENADOR

Funcionamiento

La corriente es totalmente regenerada por **transformación permanente de corriente alterna a continua**, lo que asegura una calidad constante, cualquiera que sean las perturbaciones de la red. Contrariamente a lo que se cree la batería sólo se utiliza en caso de emergencia. Un bypass automático actúa sin corte en caso de anomalía, el alimentador continuo optimiza constantemente el margen de tensión de entrada (figura 15). En consecuencia, los pasos por batería son más escasos y los tiempos de solicitud más cortos. De este modo la batería permanece disponible con una carga máxima para los incidentes más graves lo que mejora su duración de vida.



15 FUNCIONAMIENTO DEL DOBLE CONVERTIDOR PARA ALIMENTACIÓN CONTINUA

El cargador de batería está equipado con sistemas de última generación sometidos a patentes de las que **los fabricantes no suministran esquema** de pero sí características, se las que se dice que:

- < La gama de potencia de alimentadores continuos varía entre **5 y 30 Kva**.
- < Los cargadores reducen el tiempo de recarga de la batería
- < La instalación en ordenadores se hace mediante software
- < La vigilancia del estado de la batería es constante
- < Cuando existen anomalías se encienden en el frontal del alimentador luces de aviso.
- < El programa cargado en el ordenador, permite recuperar las baterías agotadas

13. GRUPOS ELECTRÓGENOS

Los grupos electrógenos tiene por misión asegurar el abastecimiento de energía eléctrica a las instalaciones que por sus condiciones de uso así lo requiera.

Los grupos electrógenos son elementos caros y su precio está en función de la potencia que puedan suministrar. Lo ideal es que si una instalación consume **30 Kva**, que el grupo sea también de 30 KVA o un **10% mayor**; pero, como normalmente el consumo imprescindible es sensiblemente menor a la potencia máxima, los grupos electrógenos suelen ser de menor potencia, **incluso pueden llegar a ser igual a la tercera parte del consumo total**.

La instalación de grupos electrógenos para una parte del consumo total requiere estudio y colocación de dispositivos que eviten la falta de suministro a la parte de la instalación considerada como prioritaria, este problema requiere soluciones especiales por lo que en este capítulo solo se verá el más sencillo de los casos, que el grupo sea igual a la potencia total instalada.

14. SUMINISTROS DE CORRIENTE A INSTALACIONES

El suministro de una instalación tiene **caja de acometida contador de energía y medidas de protección** como fusibles, interruptores de potencia líneas interiores de distribución y al final de cada una de ellas las medidas de protección correspondiente, como diferenciales e interruptores magnetotérmicos o fusibles.

El grupo electrógeno suministra corriente **directamente a la entrada de los fusibles generales** colocados inmediatamente tras el contador (figura 16), de esta forma caso de fundirse un fusible, la falta de tensión en una fase no provoca el arranque del grupo.

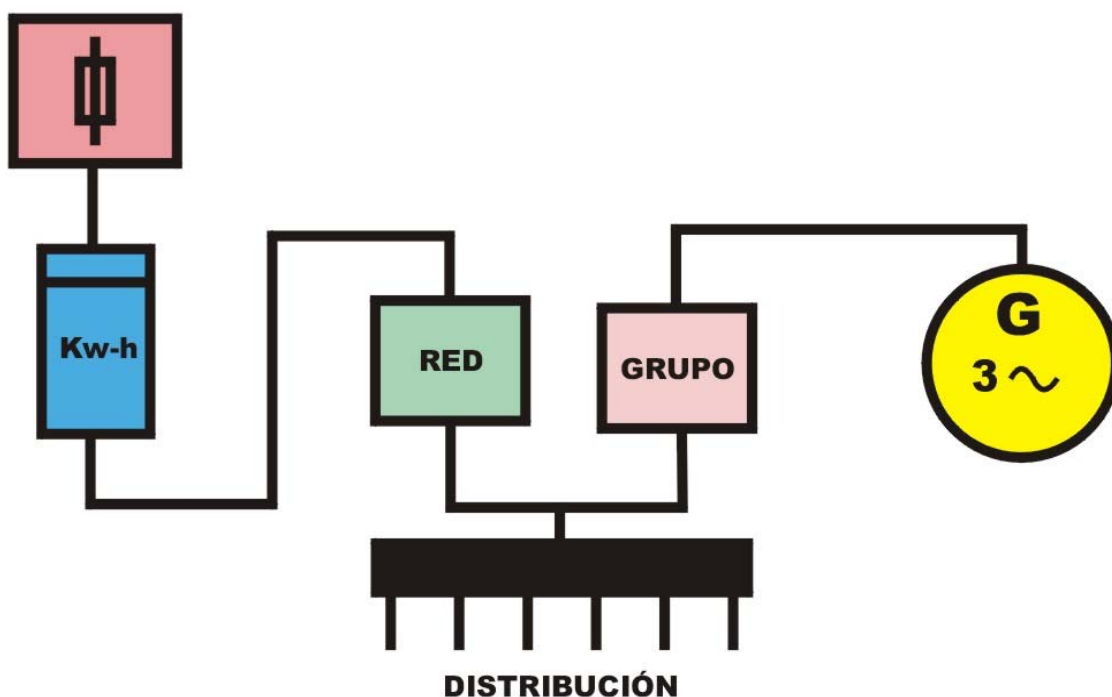


Figura 16 ACOMETIDA CON RED DE DISTRIBUCIÓN - GRUPO ELECTRÓGENO

Normalmente **la instalación eléctrica consume corriente de la red**, en caso de fallo en el suministro **el sistema de vigilancia del grupo arranca el motor y lo conecta de forma inmediata y automática operación que puede tardar entre 4 y 6 segundos**. Cuando se restablece el suministro **el sistema de vigilancia del grupo vigila durante unos ocho minutos sin desconectar el grupo**. Si durante estos minutos no detecta un nuevo fallo, **desconecta el generador sin pararlo y vuelve conectar el servicio la red**, aguarda otros tantos minutos y **si no se repite ningún fallo, entonces para el generador**, quedando en servicio de vigilancia hasta nuevo fallo.

15. CONSTITUCIÓN DE UN GRUPO ELECTRÓGENO

Dividido en bloques, en un grupo electrógeno se aprecian (figura 17) cinco partes principales:

Cuadro de automatismos, Motor, Generador, Depósito de combustible, y Sistema automático de conexión Red- grupo

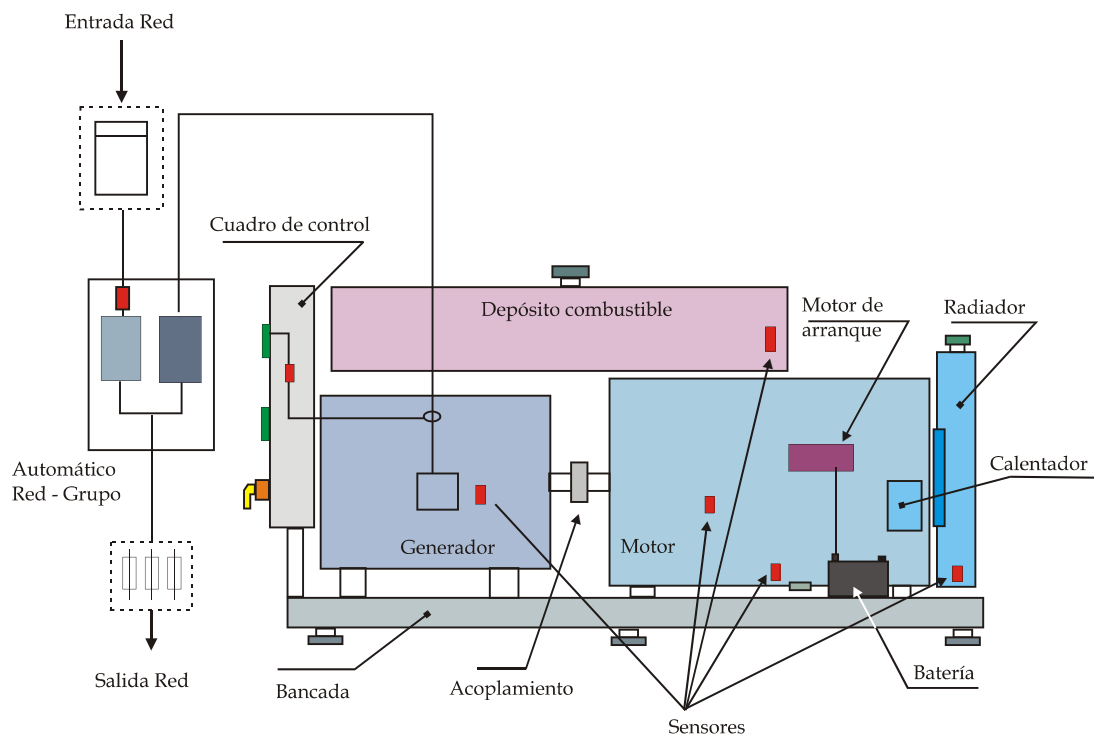


Figura 17 BLOQUES DE GRUPO ELECTRÓGENO

16. CUADRO DE AUTOMATISMOS

Donde se concentra todos los relés, programador, pilotos, aparatos de medida fusibles, selector de funcionamiento y transformadores **que son necesarios para la vigilancia de la red y del grupo que hace posible el funcionamiento automático sin que tenga que intervenir ningún operario.**

El cuadro de automatismos viene montado sobre la misma bancada del grupo, por la parte opuesta al radiador, es decir en la parte donde está el generador. **También puede ser fijado a la pared o sobre un armario anclado al suelo, pero siempre próximo al grupo** ya que entre el grupo y el cuadro haya una serie cables de muy diversas secciones para el control eléctrico del funcionamiento tanto del motor como del generador.

17. MOTOR

Para mover al generador se usa un motor de explosión **generalmente de gasoil**, aunque **también puede ser de gasolina**, sobre todo cuando el grupo está montado sobre remolque. **Como motor de explosión necesita un sistema de arranque que lo ponga en marcha** (figura 18)

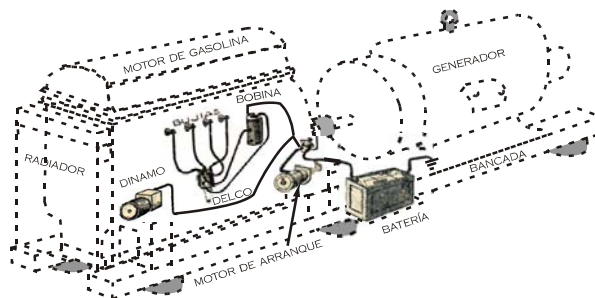


Figura 18 situación del dispositivo de arranque

El sistema de arranque consta de **Batería**, **motor de arranque**, **dinamo** (en realidad es un alternador, pero para no confundirlo con el principal se dirá dinamo que es lo que llevaban hace ya tiempo), **bobina**, **delco** y **bujías**. **Caso de funcional a gasoil lleva resistencia de preincandescencia y bomba de inyección en vez de bujía, bobina y delco**. Con el motor en marcha la dinamo suministra corriente de carga a la batería, pero cuando está en reposo, la carga de la batería la mantiene un pequeño rectificador situado en el cuadro de control. Un relé se encarga de desconectar la dinamo cuando el motor está parado, y la vuelve a conectar cuando el motor funciona. El motor de arranque actúa por el mando de un relé de tiempo que primero caldea los inyectores y luego actúa como pulsador sobre el relé del motor de arranque, **si por alguna causa el motor no arranca al primer impulso, en un segundo se repite el impulso y si vuelve a fallar al segundo impulso lo vuelve a intentar por tercera y última vez y si tampoco arranca se da paso a la bocina de alarma que solo se parará cuando un operador acuda y actúe sobre el silencio de alarma**.

Sistema de **refrigeración del motor**. La parte principal de la refrigeración es **el radiador, y la bomba de agua**, el termostato, y el ventilador, su apoyo principal (figura 19).

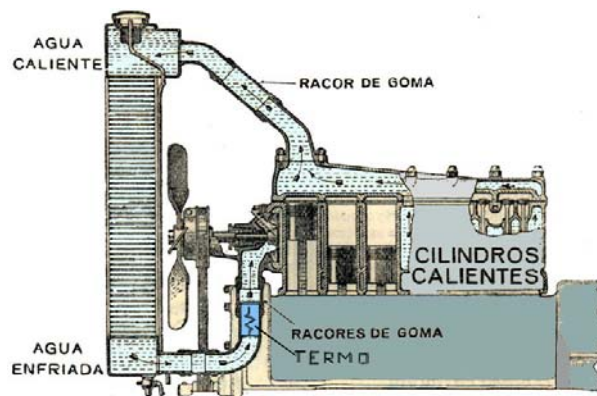


Figura 19 CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR

La única diferencia de este circuito de agua con un motor ordinario, es que al de un grupo electrógeno se le añade un depósito con una resistencia de termo, graduada entre 40 y 60 °C, con ello el agua se mantiene caliente para facilitar el arranque en cualquier momento, **este circuito de termo funciona mientras el motor está parado y se desconecta cuando se pone en marcha**, al grupo electrógeno se le añade dos sensores, uno para controlar **la temperatura** y otro para controlar **la falta de nivel de agua**. Su misión es parar **el grupo en cuanto se rebase la temperatura máxima o que falte agua en el radiador por alguna rotura**.

Niveles de aceite. Para evitar roturas por falta de engrase, al motor se le añaden sensores de presión y de temperatura **que paran el motor en el mismo momento que no se cumplan las condiciones de funcionamiento normales**.

Regulador de velocidad. La parte más importante del motor es su regulador de velocidad, ya que **la frecuencia de la tensión de salida tiene que ser constante e igual a 50 hercios durante todo el tiempo de funcionamiento, un aumento de la velocidad, aumenta la frecuencia y una disminución del número de revoluciones hace que baje la frecuencia**.

El **regulador de velocidad es una bobina** (figura 20) **que actúa directamente sobre el paso de combustible a los inyectores (acelerador), se regula por la tensión de salida del grupo** y es muy sensible a pequeñas variaciones de tensión.

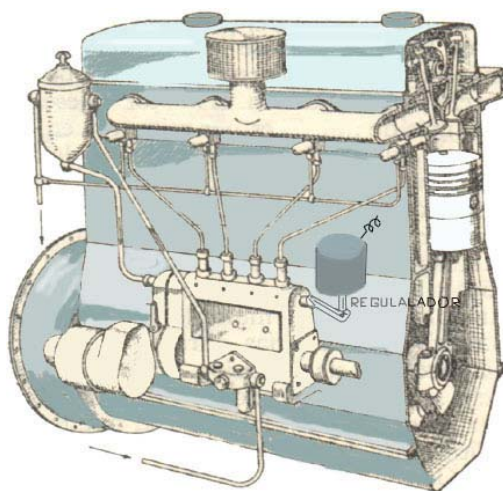


Figura 20 INYECTOR CON SOLENOIDE REGULADOR DE VELOCIDAD

Tubo de escape. Teniendo presente que los gases de la combustión son peligrosos para la vida, porque consume el oxígeno del aire necesario para respirar, el lugar donde se coloca el grupo **debe de estar muy bien ventilado**, y además se debe de tener mucho cuidado de que no se produzcan perforaciones en el tubo, en la colocación se procura **evitar hacer codos, y buscando en lo posible los tramos rectos, también de ser posible, el tubo de escape debe de estar opuesto a la puerta de entrada, para que el viento no lleve los gases liberados al interior del local.** El extremo final del tubo de escape estará dispuesto de forma que cuando el motor esté parado no pueda entrar el agua de lluvia en el tubo, además, el silenciador debe de absorber todo el ruido posible, por lo que **estos silenciadores suelen tener unas dimensiones algo mayores que los de los motores móviles.**

18. GENERADOR

Lo normal es que estén **conectados en estrella**, y **con excitación por corriente continua** en una dinamo adosada al eje o montada en el interior de forma que exteriormente no destaca, los alternadores antiguos necesitaban que se les repasara las escobillas de la dinamo adosada, pero **los alternadores modernos con diodos y sistemas electrónicos de conversión en continua no necesitan mantenimiento.**

Para controlar que el grupo no se vaya a quemar por sobrecarga el cuadro de control lleva **amperímetros por cada fase**, con limitador de máxima que **desconecta el grupo cuando se rebasa el límite**, pudiendo llegar a parar el grupo antes de que se rebasen los límites de seguridad. Los amperímetros sirven para ver el grado de carga en condiciones normales de funcionamiento, si marcan dentro de los niveles máximos habrá de preverse que en condiciones de crisis no entren en funcionamiento todos los circuitos, algunos deberán de quedar fuera de su conexión al grupo

19. DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

Como los grupos electrógenos funcionan a velocidad fija y esta es relativamente alta, **el consumo de combustible también es alto, en comparación con un motor de un automóvil es como si se condujera sin levantar nunca el pie del acelerado**, aunque se estuviera detenido en un semáforo el acelerador siempre a tope.

Porque el consumo, siempre, es elevado, y para no tener problema debido al abastecimiento, **el depósito de construye de gran capacidad, lo máximo que permita las dimensiones del grupo**; la ubicación física del depósito suele ser inmediatamente encima del generador, lo que facilita la entrada del combustible por gravedad. En otros casos, el depósito es la estructura de la bancada a fin de disminuir el volumen total del grupo.

Es buena política de mantenimiento **tener el depósito de combustible siempre al máximo**, y un bidón de reserva para casos de crisis. **Cada vez se pare el grupo revisar la lectura del aforador y reponer el combustible consumido.**

Cuando un motor se para por falta de combustible, además de la interrupción del servicio, **se produce el llenado de las tuberías de inyección con aire**. La reanudación del servicio requiere: llenar el depósito, **extraer el aire de las tuberías** (purgado), y por último arrancar el motor.

Evitar estos inconvenientes se logra con **un sensor de nivel mínimo que dispare la alarma de poco combustible y caso de no ser reabastecido parar el grupo de forma automática antes de que se quede del todo sin gasoil.**

En grupos electrógenos pequeños y medianos hace falta una bomba de llenado que pase el combustible del bidón al depósito, normalmente la bomba es manual nunca eléctrica por problemas de seguridad. Cuando el grupo es grande el depósito de combustible está enterrado en el suelo y se reabastece directamente con un camión de transporte.

20. SISTEMA DE CONEXIÓN RED GRUPO

El sistema de conmutación red-grupo no va incluido en el cuadro de automatismos, **está instalado dentro de un armario distinto y muy próximo al lugar de acometida de la red general inmediatamente después del contador y antes de los fusibles generales**, el sistema de vigilancia de cuadro de automatismos toma sus datos de la salida de contador, y si son correctos permite que el contactor de red permanezca cerrado, cuando el margen de seguridad previsto es rebasado **desconecta el contactor de red, pone en servicio el grupo y conecta el contactor de grupo**, cuando los márgenes de entrada de corriente vuelven a estar dentro de límites desconecta grupo y vuelve a restablecer el servicio de red.

21. MODALIDADES DE FUNCIONAMIENTO

El sistema de control de un grupo electrógeno tiene un selector de cuatro posiciones que permita:

- < Desconexión y paro de emergencia
- < Arranque manual y funcionamiento en prueba
- < Arranque automático
- < Servicio en red

Desconexión y paro de emergencia

Permite desconectar tanto el grupo como la red, interrumpe totalmente el servicio, esta posición sólo está justificada ante un grave caso de accidente, como puede ser una electrocución o un incendio, y en algunos obedeciendo a programas de mantenimiento preventivo o de intervención inmediata.

Debe de tenerse mucho cuidado de no provocar por mala manipulación del conmutador la parada el todo el sistema. Por esta razón algunos constructores no incluyen la parada total en este conmutador, la parada sólo se refiere al grupo electrógeno, sin incluir la de red, que en estos casos, se hace abriendo los fusibles.

Arranque manual y funcionamiento en prueba

La razón de ser de los grupos electrógenos de emergencia es que en cualquier momento de las **8.760 horas que tiene el año** que el grupo puede sustituir el abastecimiento normal de energía eléctrica de la red en un tiempo **menor a los cuatro segundos**, pero esto sólo sucede muy de tarde en tarde, afortunadamente. Con el motor parado la mayor parte del tiempo, no es raro que surjan desgastes en parte del sistema mientras el resto **conserva la apariencia de nuevo**, conviene prever un programa de mantenimiento que **mensualmente mantenga el grupo funcionando en vacío al menos durante media hora**, para comprobar que no existen fugas y que todos los controles se mantienen dentro de márgenes.

Con este fin **el selector de posición debe permitir el funcionamiento de puesta en marcha del grupo** y tenerlo en funcionamiento durante el tiempo que sea necesario sin desconectar la red, el único inconveniente es que, **si durante el período de prueba ocurre un corte de suministro el grupo no cubre el servicio de forma automática, ya que la automatización queda anulada, en este apoteótico caso hay que pasar el conmutador a servicio automático para restablecer el servicio** en primer lugar y seguir con la revisión en carga en segundo caso.

Con el selector de posición **en arranque manual o pruebas**, la puesta en marcha se realiza **desde el pulsador de marcha (o llave)** y la parada desde el pulsador de paro (o llave).

Al pulsar el pulsador de la marcha el sistema inicia la secuencia de marcha, y si todo está en condiciones arrancará a la primera, en caso de que algún sensor esté en posición de indicar avería el grupo no iniciará la marcha, si los sensores no indican anomalías el motor de marcha hará el intento, repitiendo dos veces más, si no lo logra saltará la **alarma que puede ser silenciada mediante pulsador, nunca por interruptor**.

Detectado el fallo por arranque programado se puede intentar el arranque de forma manual, con la llave de arranque, que permite tener al motor de arranque durante un tiempo más largo, de no lograrse la puesta en funcionamiento del motor se requerirá la intervención de un mecánico de motores para que revise, localice y repare la avería en el sistema de arranque del motor.

Una vez arrancado el grupo, y tenido en funcionamiento durante el tiempo previsto, lo normal es pararlo y repostar, **hacer las anotaciones en la ficha de mantenimiento, pero una vez al año conviene observar el funcionamiento en carga**, la manipulación de red grupo se realiza desde el cuadro de automatismo mediante pulsadores de marcha y paro.

Arranque automático

Es la posición normal del selector en esta posición el sistema está vigilante y actúa por sí solo la puesta en marcha del sistema, como se ha descrito anteriormente.

Servicio en red

En esta posición el contactor de red no se desconecta en caso de fallo de suministro el contactor principal de servicio red se abre pero el grupo no se pone en marcha, es el equivalente en otras marcas al paro. Con esta posición, se asegura que el grupo no se pondrá en marcha aunque se produzca fallo de suministro, **es la posición que debe de seleccionarse antes de proceder a cualquier manipulación en el motor y evitar accidentes por arranque repentino**.

22. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

En todos los grupos electrógenos son imprescindibles los siguientes aparatos de medida:

- < Voltímetro
- < Amperímetro por cada fase
- < Frecuencímetro
- < Cuenta horas
- < Amperímetro de carga de batería
- < Indicador del nivel del depósito de combustible

Otros elementos de seguridad y control

- < Selector de posición de funcionamiento
- < Conmutador de voltímetro para medir tensión de red o tensión de grupo
- < Pilotos de aviso
- < Fusibles principales (en el interior)
- < Fusibles auxiliares (en el interior)
- < Transformadores de intensidad (en el interior)
- < Cargador de batería (en el interior)
- < Pulsador silencio alarma

INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA

ITC-BT-28

INDICE

1. CAMPO DE APLICACIÓN
2. AUMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SEGURIDAD
 - 2.1 Generalidades y fuentes de alimentación
 - 2.2 Fuentes propias de energía
 - 2.3 Suministros complementarios o de seguridad
3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA
 - 3.1 Alumbrado de seguridad
 - 3.1.1 Alumbrado de evacuación
 - 3.1.2 Alumbrado ambiente o anti-pánico
 - 3.1.3 Alumbrado de zonas de alto riesgo
 - 3.2 Alumbrado de reemplazamiento
 - 3.3 Lugares en que deberán instalarse alumbrado de emergencia
 - 3.3.1 Con alumbrado de seguridad
 - 3.3.2 Con alumbrado de reemplazamiento
 - 3.4 Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia
 - 3.4.1 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia
 - 3.4.2 Luminaria alimentada por fuente central
4. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL
5. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTÁCULOS y ACTIVIDADES RECREATIVAS
6. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNIÓN Y TRABAJO

1 CAMPO DE APLICACIÓN

La presente instrucción se aplica a locales de pública concurrencia como:

Locales de espectáculos y actividades recreativas:

- **Cualquiera que sea su capacidad de ocupación**, como por ejemplo, cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones deportivos, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones y ferias fijas, salas de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.

Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios:

- **Cualquiera que sea su ocupación**, los siguientes: Templos, Museos, Salas de conferencias y congresos, casinos, hoteles, hostales, bares, cafeterías, restaurantes o similares, zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, hospitales, ambulatorios y sanatorios, asilos y guarderías

- Si la ocupación prevista es de **más de 50 personas**: bibliotecas, centros de enseñanza, consultorios médicos, establecimientos comerciales, oficinas con presencia de público, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos

La ocupación prevista de los locales se calculará como 1 persona por cada 0,8 m² de superficie útil, a excepción de pasillos, repartidores, vestíbulos y servicios.

Para las instalaciones en quirófanos y salas de intervención se establecen requisitos particulares en la ITC-BT-38

Igualmente se aplican a aquellos locales clasificados en condiciones BD2, BD3 y BD4, según la norma UNE 20.460 -3 y a todos aquellos locales no contemplados en los apartados anteriores, cuando tengan una capacidad de ocupación de **más de 100 personas**.

Esta instrucción tiene por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad, **en especial aquellas dedicadas a alumbrado que faciliten la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios**.

1. ALIMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SEGURIDAD

En el presente apartado se definen las características de la alimentación de los servicios de seguridad tales como alumbrados de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores u otros servicios urgentes indispensables que están fijados por las reglamentaciones específicas de las diferentes Autoridades competentes en materia de seguridad.

La alimentación para los servicios de seguridad, en función de lo que establezcan las reglamentaciones específicas, puede ser **automática** o **no automática**.

En una alimentación automática la puesta en servicio de la alimentación no depende de la intervención de un operador.

Una alimentación automática se clasifica, según la duración de conmutación, en las siguientes categorías:

- **Sin corte:** alimentación automática que puede estar asegurada de forma continua en las condiciones especificadas durante el periodo de transición, por ejemplo, en lo que se refiere a las variaciones de tensión y frecuencia.
- **Con corte muy breve:** alimentación automática disponible en **0,15 segundos** como máximo.
- **Con corte breve:** alimentación automática disponible en **0,5 segundos** como máximo.
- **Con corte mediano:** alimentación automática disponible en **15 segundos** como máximo.
- **Con corte largo:** alimentación automática disponible en **mas de 15 segundos**.

2.1 Generalidades y fuentes de alimentación

Para los servicios de seguridad la fuente de energía debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo apropiado.

Para que los servicios de seguridad funcionen en caso de incendio, los equipos y materiales utilizados deben presentar, por construcción o por instalación, una **resistencia al fuego** de duración apropiada.

Se elegirán preferentemente medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto. En el esquema IT debe preverse un controlador permanente de aislamiento que al primer defecto emita una señal acústica o visual.

Los equipos y materiales deberán disponerse **de forma que se facilite su verificación periódica**, ensayos y mantenimiento.

Se pueden utilizar las siguientes fuentes de alimentación:

- **Baterías de acumuladores.** Generalmente las baterías de arranque de los vehículos no satisfacen las prescripciones de alimentación para los servicios de seguridad
- **Generadores independientes**
- Derivaciones separadas de la red de distribución, efectivamente independientes de la alimentación normal

Las fuentes para servicios para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal. Además, con excepción de los equipos autónomos, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- se instalarán en emplazamiento apropiado, accesible **solamente a las personas cualificadas o expertas**.
- el emplazamiento **estará convenientemente ventilado**, de forma que los gases y los humos que produzcan no puedan propagarse en los locales accesibles a las personas.
- no se admiten derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública, salvo si se asegura que las dos derivaciones no puedan fallar simultáneamente.

- cuando exista una sola fuente para los servicios de seguridad, ésta no debe ser utilizada para otros usos. Sin embargo, cuando se dispone de varias fuentes, pueden utilizarse igualmente como fuentes de reemplazamiento, con la condición, de que en caso de fallo de una de ellas, la potencia todavía disponible sea suficiente para garantizar la puesta en funcionamiento de todos los servicios de seguridad, siendo necesario generalmente, el corte automático de los equipos no concernientes a la seguridad.

2.2 Fuentes propias de energía

Fuente propia de energía es la que esta constituida por **baterías de acumuladores**, **aparatos autónomos** o **grupos electrógenos**.

La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la Empresa o Empresas distribuidoras de energía eléctrica, o **cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal**.

La capacidad mínima de una fuente propia de energía será, como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de seguridad en las condiciones señaladas en el apartado 3.1. de esta instrucción.

2.3 Suministros complementarios o de seguridad

Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de alumbrado de emergencia.

Deberán disponer de **suministro de socorro** los locales de espectáculos y actividades recreativas cualquiera que sea su ocupación y los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios con una ocupación prevista de **más de 300 personas**.

Deberán disponer de **suministro de reserva**:

- Hospitales, clínicas, sanatorios, ambulatorios y centros de salud
- Estaciones de viajeros y aeropuertos
- Estacionamientos subterráneos para **más de 100 vehículos**
- Establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de **más de 2.000 m² de superficie**
- Estadios y pabellones deportivos

Cuando un local se pueda considerar tanto en el grupo de locales. que requieren suministro de socorro como en el grupo que requieren suministro de reserva, se instalará suministro de reserva

En aquellos locales singulares, tales como los establecimientos sanitarios, grandes **hoteles de más de 300 habitaciones**, locales de **espectáculos con capacidad para mas de 1.000 espectadores**, estaciones de viajeros, **estacionamientos subterráneos con más de 100 plazas**, aeropuertos y **establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m² de superficie**, las fuentes propias de energía deberán poder suministrar, con independencia de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes indispensables cuando sean requeridos por la autoridad competente.

3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Las instalaciones destinadas a **alumbrado de emergencia** tienen por objeto asegurar, en caso de **fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas**, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será **automática con corte breve**.

Se incluyen dentro de este alumbrado el **alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento**.

3.1 Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para **entrar en funcionamiento automáticamente** cuando se produce el fallo del alumbrado general o **cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal**.

La instalación de este alumbrado será **fija y estará provista de fuentes propias de energía**. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores aparatos autónomos automáticos.

3.1.1 Alumbrado de evacuación.

Es la parte del **alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación** cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, **una iluminancia horizontal mínima de 1 lux**.

En los puntos en los **que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios** que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, **la iluminancia mínima será de 5 lux**.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo **durante una hora**, proporcionando la iluminancia prevista.

3.1.2 Alumbrado ambiente o anti-pánico

Es la **parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico** y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que **permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos**.

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una **iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux** en todo el espacio considerado, desde el suelo **hasta una altura de 1 m**

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

El alumbrado ambiente o anti-pánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, **como mínimo durante una hora**, proporcionando la iluminancia prevista.

3.1.3 Alumbrado de zonas de alto riesgo

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de **15 lux o el 10% de la iluminancia normal**, tomando siempre el mayor de los valores.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo **el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo**.

3.2 Alumbrado de reemplazamiento

Parte del alumbrado de emergencia que permite la continuidad de las actividades normales.

Cuando el alumbrado de reemplazamiento proporcione una iluminancia inferior al alumbrado normal, se usará únicamente para terminar el trabajo con seguridad.

3.3 Lugares en que deberán instalarse alumbrado de emergencia

3.3.1 Con alumbrado de seguridad

Es obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas de los locales de pública concurrencia:

- a) en todos los recintos cuya ocupación sea **mayor de 100 personas**
- b) los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a usos residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de **más de 100 personas**.
- c) en los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- d) en los estacionamientos cerrados y cubiertos para **más de 5 vehículos**, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- e) en los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- f) en las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
- g) en todo cambio de dirección de la ruta de evacuación.
- h) en toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.

- i) en el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida
- j) cerca ⁽¹⁾ de las escaleras, de manera que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.
- k) cerca ⁽¹⁾ de cada cambio de nivel.
- l) cerca ⁽¹⁾ de cada puesto de primeros auxilios.
- m) cerca ⁽¹⁾ de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.
- n) en los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente

(1) **Cerca significa a una distancia inferior a 2 metros**, medida horizontalmente

En las zonas incluidas en los apartados m) y n), el alumbrado de seguridad proporcionará una iluminancia mínima de **5 lux** al nivel de operación.

Solo se instalará alumbrado, de seguridad para zonas de alto riesgo, en las zonas que así lo requieran, según lo establecido en 3.1.3.

También será necesario instalar alumbrado de evacuación, aunque no sea un local de pública concurrencia, **en todas las escaleras de incendios**, en particular toda escalera de evacuación de **edificios para uso de viviendas** excepto las unifamiliares; así como toda zona clasificada como de riesgo especial en el Artículo 19 de la Norma Básica de Edificación NBE-CPI-96

3.3.2 Con alumbrado de reemplazamiento

En las zonas de hospitalización, la instalación de alumbrado de emergencia proporcionará una iluminancia no inferior de **5 lux y durante 2 horas como mínimo**. Las salas de intervención, las destinadas a tratamiento intensivo, las salas de curas, paritorios, urgencias dispondrán de un alumbrado de reemplazamiento que proporcionará un nivel de iluminancia **igual al del alumbrado normal durante 2 horas como mínimo**.

3.4 Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia

3.4.1 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a 1 m de ella.

Los aparatos autónomos destinados a alumbrado de emergencia deberán cumplir las normas UNE-EN 60.598 -2 -22 y la norma UNE 20.392 o UNE 20.062 según sea la luminaria para lámparas fluorescentes o incandescentes, respectivamente.

3.4.2 Luminaria alimentada con fuente central

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente y que está alimentada, a partir de un sistema de alimentación de emergencia central, es decir, no incorporado en la luminaria.

Las luminarias que actúan como aparatos de emergencia alimentados por fuente central deberán cumplir lo expuesto en la UNE-EN 60.598 -2-22.

Los distintos aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones del alumbrado de emergencia por fuente central entre los que figurará **un voltímetro** de clase 2,5 por lo menos, se dispondrán en **un cuadro único**, situado **fuera de la posible intervención del público**.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central, estarán protegidas por **interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 A como máximo**. Una misma línea **no podrá alimentar más de 12 puntos de luz** o, si en la dependencia o local considerado existiesen varios puntos de luz para, alumbrado de emergencia, éstos **deberán ser repartidos, al menos, entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce**.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central se dispondrán, cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, **a 5 cm como mínimo, de otras canalizaciones eléctricas** y, cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de éstas por tabiques incombustibles no metálicos.

4. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan.

- a) **El cuadro general de distribución** deberá colocarse **en el punto más próximo posible a la entrada** de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. **Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.**

- b) **El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios**, se instalarán **en lugares a los que no tenga acceso el público** y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabines de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.
- c) **En el cuadro general de distribución o en los secundarios** se dispondrán dispositivos de **mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución** y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

- d) En las instalaciones para alumbrado de **locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas** en los ocales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.
- e) Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20 y estarán constituidas por:
- Conductores aislados, de **tensión asignada no inferior a 450/750 V**, colocados **bajo tubos o canales protectores**, preferentemente **empotrados en especial en las zonas accesibles al público**.
 - Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a **450/750 V**, con cubierta de protección, colocados **en huecos de la construcción totalmente contruidos en materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120, como mínimo**.
 - Conductores **rígidos aislados, de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV**, armados, colocados directamente sobre las paredes.
- f) Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.
- Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán **no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida**. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 o 5; o a la norma UNE 21.1002 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.
- Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como "no propagadores de la llama" de acuerdo con las normas UNE-EN 50.085 -1 y UNE-EN 50.086 -1, cumplen con esta prescripción.
- Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios como fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50.200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE-EN 21.123 partes 4 o 5, apartado 3.4.6, cumplen con la prescripción de emisión de humos y opacidad reducida.
- g) **Las fuentes propias de energía de corriente alterna a 50 Hz, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública** que alimenten al local de pública concurrencia.

h) PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTÁCULOS Y ACTIVIDADES RECREATIVAS

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo anterior, se cumplirán en los locales de espectáculos las siguientes prescripciones complementarias:

- a) A partir del cuadro general de distribución se instalarán **líneas distribuidoras generales**, accionadas por medio de **interruptores omnipolares** con la debida protección al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

- Sala de público
- Vestíbulo, escaleras y pasillos de acceso a la sala desde la calle, y dependencias anexas a ellos.
- Escenario y dependencias anexas a él, tales como camerinos, pasillos de acceso a éstos, almacenes, etc.
- Cabinas cinematográficas o de proyectores para alumbrado.

Cada uno de los grupos señalados dispondrá de su correspondiente cuadro secundario de distribución, que deberá contener todos los dispositivos de protección. En otros cuadros se ubicarán los interruptores, conmutadores, combinadores, etc. que sean precisos para las distintas líneas, baterías, combinaciones de luz y demás efectos obtenidos en escena.

- b) En las cabinas cinematográficas y en los escenarios así como en los almacenes y talleres anexos a éstos, se utilizarán únicamente canalizaciones constituidas por conductores aislados, de tensión asignada **no inferior a 450/750 V**, colocados **bajo tubos o canales protectores**, preferentemente empotrados. Los dispositivos de protección contra sobreintensidades estarán constituidos siempre por **interruptores automáticos magnetotérmicos**; las canalizaciones móviles estarán constituidas por conductores con **aislamiento del tipo doble o reforzado** y los receptores portátiles tendrán un aislamiento de la **clase II**.

- c) **Los cuadros secundarios de distribución deberán estar colocados en locales independientes o en el interior de un recinto construido con material no combustible.**

- d) Será posible cortar, **mediante interruptores omnipolares, cada una de las instalaciones eléctricas correspondientes a:**

Camerinos

Almacenes

Talleres

Otros locales con peligro de incendio

Los reóstatos, resistencias y receptores móviles el equipo escénico.

- e) Las resistencias empleadas para efectos o juegos de luz o para otros usos, estarán montadas a suficiente distancia de los telones, bambalinas y demás material del decorado y protegidas suficientemente para que una anomalía en su funcionamiento no pueda producir daños. **Estas precauciones se hacen extensivas a cuantos dispositivos eléctricos se utilicen y especialmente a las linternas de proyección y a las lámparas de arco de las mismas.**

f) El **alumbrado general deberá ser completado por un alumbrado de evacuación**, conforme a las disposiciones del apartado 3.1.1, el cual funcionará permanentemente durante el espectáculo y hasta que el local sea evacuado por el público.

g) Se instalará iluminación de balizamiento **en cada uno de los peldaños o rampas con una inclinación superior al 8%** del local con la suficiente intensidad para que puedan iluminar la huella. En el caso de pilotos de balizado, se instalará a razón de **1 por cada metro lineal de la anchura** o fracción. La instalación de balizamiento debe estar construida de forma que el paso de alerta al de funcionamiento de emergencia se produzca cuando el valor de la tensión de alimentación descienda por debajo del 70% de su valor nominal.

6. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNIÓN Y TRABAJO

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo 5, se cumplirán en los locales de reunión las siguientes prescripciones complementarias:

- A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores onipolares, al menos para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

Salas de venta o reunión, por planta del edificio

Escaparates

Almacenes

Talleres

Pasillos, escaleras y vestíbulos

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

ITC-BT-18

ÍNDICE

1. OBJETO
2. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA. DEFINICIÓN
3. UNIONES A TIERRA DEFINICIÓN
 - 3.1 Tomas de tierra
 - 3.2 Conductores de tierra
 - 3.3 Bornes de puesta a tierra
 - 3.4 Conductores de protección
2. PUESTA A TIERRA POR RAZONES DE PROTECCIÓN
 - 2.1 Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto
3. PUESTA A TIERRA POR RAZONES FUNCIONALES
4. PUESTA A TIERRA POR RAZONES COMBINADAS DE PROTECCIÓN Y FUNCIONALES
5. CONDUCTORES CPN (TAMBIÉN DENOMINADOS PEN)
6. CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD
7. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA
8. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES
9. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
10. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

1. OBJETO

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la presente instrucción.

2. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA. DEFINICIÓN

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

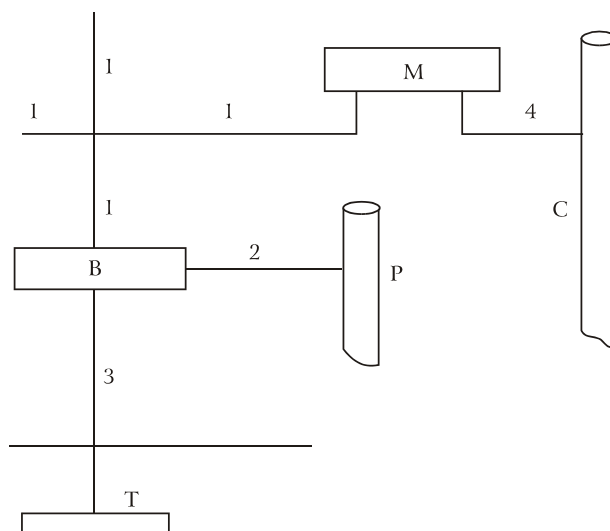
3. UNIONES A TIERRA

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

En la figura 1 se indican las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:



Leyenda

- 1 Conductor de protección.
- 2 Conductor de unión equipotencial principal.
- 3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra
- 4 Conductor de equipotencialidad suplementaria
- B Borne principal de tierra
- M Masa
- C Elemento conductor.
- P Canalización metálica principal de agua
- T Toma de tierra.

Figura 1. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra

3.1 Tomas de tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como toma de tierra, previa autorización del propietario, tornando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

3.2 Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tienen que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4 de esta Instrucción y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 1. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 1. Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm ² Cobre 16 mm ² Acero Galvanizado
No protegido Contra la corrosión	25 mm ² Cobre 50 mm ² Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

3.3 Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

3.4 Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

En otros casos reciben igualmente, el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas:

- al neutro de la red,
- a un relé de protección.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 2, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20.460 -5-54 apartado 543.1.1.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Sección de los conductores fase de la instalación	Sección mínima de los conductores de protección
S (mm ²)	S _p (mm ²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.

Los valores de la tabla 2 solo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductividad equivalente a la que resulta aplicando la tabla 2.

En todos los casos los conductores, de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de ese conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Cuando la instalación consta de partes de envolventes de conjuntos montadas en fábrica o de canalizaciones prefabricadas con envolvente metálica, estas envolventes pueden ser utilizadas como conductores de protección si satisfacen, simultáneamente, las tres condiciones siguientes:

- a) Su continuidad eléctrica debe ser tal que no resulte afectada por deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.
- b) Su conductibilidad debe ser, como mínimo, igual a la que resulta por la, aplicación del presente apartado.
- c) Deben permitir la conexión de otros conductores de protección en toda derivación predeterminada.

La cubierta exterior de los cables con aislamiento mineral, puede utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, si satisfacen simultáneamente las condiciones a) y b) anteriores. Otros conductos (agua, gas u otros tipos) o estructuras metálicas, no pueden utilizarse como conductores de protección (CP o CPN).

Los conductores de protección deben estar convenientemente protegidos contra deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y contra los esfuerzos electrodinámicos.

Las conexiones deben ser accesibles para la verificación y ensayos, excepto en el caso de las efectuadas en cajas selladas con material de relleno o en cajas no desmontables con juntas estancas.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección, aunque para los ensayos podrán utilizarse conexiones desmontables mediante útiles adecuados.

Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas mencionadas anteriormente.

4. PUESTA A TIERRA POR RAZONES DE PROTECCIÓN

Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver la ICT-BT-24.

Cuando se utilicen dispositivos de protección contra sobrecorrientes para la protección contra el choque eléctrico, será preceptiva la incorporación del conductor de protección en la misma canalización que los conductores activos o en su proximidad inmediata.

4.1 Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto.

La toma de tierra auxiliar del dispositivo debe ser eléctricamente independiente de todos los elementos metálicos puestos a tierra, tales como elementos de construcciones metálicas, conducciones metálicas, cubiertas metálicas de cables. Esta condición se considera como cumplida si la toma de tierra auxiliar se instala a una distancia suficiente de todo elemento metálico puesto a tierra, tal que quede fuera de la zona de influencia de la puesta a tierra principal.

La unión a esta toma de tierra debe estar aislada, con el fin de evitar todo contacto con el conductor de protección o cualquier elemento que pueda estar conectados a él.

El conductor de protección no debe estar unido más que a las masas de aquellos equipos eléctricos cuya alimentación pueda ser interrumpida cuando el dispositivo de protección funcione en las condiciones de defecto.

5. PUESTA A TIERRA POR RAZONES FUNCIONALES

Las puestas a tierra por razones funcionales deben ser realizadas de forma que aseguren el funcionamiento correcto del equipo y permitan un funcionamiento correcto y fiable de la instalación.

6. PUESTA A TIERRA POR RAZONES COMBINADAS DE PROTECCIÓN Y FUNCIONALES

Cuando la puesta a tierra sea necesaria a la vez por razones de protección y funcionales, prevalecerán las prescripciones de las medidas de protección.

7. CONDUCTORES CPN (TAMBIÉN DENOMINADOS PEN)

En el esquema TN, cuando en las instalaciones fijas el conductor de protección tenga una sección al menos igual a 10 mm^2 , en cobre o aluminio, las funciones de conductor de protección y de conductor neutro pueden ser combinadas, a condición de que la parte de la instalación común no se encuentre protegida por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual.

Sin embargo, la sección de mínima de un conductor CPN puede ser de 4 mm^2 , a condición de que el cable sea de cobre y del tipo concéntrico y que las conexiones que aseguran la continuidad estén duplicadas en todos los puntos de conexión sobre el conductor externo. El conductor CPN concéntrico debe utilizarse a partir del transformador y debe limitarse a aquellas instalaciones en las que se utilicen accesorios concebidos para este fin.

El conductor CPN debe estar aislado para la tensión más elevada a la que puede estar sometido, con el fin de evitar las corrientes de fuga.

El conductor CPN no tiene necesidad de estar aislado en el interior de los aparatos.

Si a partir de un punto cualquiera de la instalación, el conductor neutro y el conductor de protección están separados, no estará permitido conectarlos entre sí en la continuación del circuito por detrás de este punto. En el punto de separación, deben preverse bornes o barras separadas para el conductor de protección y para el conductor neutro. El conductor CPN debe estar unido al borne o a la barra prevista para el conductor de protección.

8. CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm^2 . Sin embargo, su sección puede ser reducida a $2,5 \text{ mm}^2$, si es de cobre.

Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

9. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los de, más casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

La tabla 3 muestra, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con objeto de obtener una primera aproximación de la resistencia a tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medios indicados en la tabla 4.

Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Lino	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 10
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.000
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.

Aunque los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia a tierra del electrodo, la medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla 5, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno. El conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados, en condiciones análogas

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de terreno en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
ρ, resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

10. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

11. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia del punto 10, entre las puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.
- La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (<100 ohmios.m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la fórmula:

$$D = \frac{\rho}{I_d \cdot \pi}$$

siendo:

- D: distancia entre electrodos, en metros
 ρ : resistividad media del terreno en ohmios.metro
 I_d : intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica

- u) 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

- c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d * R_t$) sea menor que la tensión de contacto máximo aplicada, definida en el punto 11 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

12. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.