

PROTECCIÓN DE MOTORES

Los motores se deben proteger ante sobrecargas (cuando el par resistente aumenta por algún motivo) y sobreintensidades.

El relé térmico

El relé térmico es uno de los elementos más habituales para la protección de motores eléctricos. Es un dispositivo de acción lenta que basa su acción en la deformación paulatina de una lámina bimetálica, por efecto de la temperatura. Al estar compuesta de dos metales con coeficientes de dilatación diferentes, la lámina se arquea y es capaz de actuar sobre un resorte que hace saltar la protección.

Puesto que protege contra sobreintensidades y sobrecargas solamente, se debe combinar con algún dispositivo de protección electromagnética que proteja al motor ante cortocircuitos o sobretensiones transitorias (por ejemplo con disyuntores electromagnéticos o con fusibles). El relé dispara ante los siguientes eventos:

- Sobrecarga por aumento del par resistente
- Sobrecarga por fallo mecánico del motor (cojinetes desgastados por ejemplo)
- Exceso de arranques y paradas
- Fallo o desequilibrio de una fase de alimentación
- Disminución de la tensión de alimentación

El relé térmico consta de un dial para ajustar la corriente de disparo, además de un botón de reset. Dispone también de contactos auxiliares que permiten funciones adicionales como la señalización del fallo mediante la alimentación de pilotos luminosos. Suele contar con unas varillas conductoras que permiten su inserción directa en los bornes inferiores de los contactores.



El disyuntor guardamotor

Este dispositivo combina la protección contra cortocircuitos y la protección contra sobrecargas que brinda el relé térmico. Dispone también de un dial regulador, un botón de rearme y contactos auxiliares de montaje frontal o lateral.



Las sondas de temperatura

La protección de motores mediante sondas térmicas es otra técnica que se utiliza para salvaguardar los motores eléctricos contra el sobrecalentamiento, una de las principales causas de fallos en los motores. Las sondas térmicas, también conocidas como sensores térmicos o termistores, se instalan dentro del motor en puntos estratégicos, como los devanados y el núcleo, para monitorear continuamente la temperatura interna. Cuando la temperatura del motor excede un umbral predefinido, las sondas térmicas envían una señal a un dispositivo de control, como un relé de protección o un variador de frecuencia, que puede activar mecanismos de protección, como la disminución de la velocidad, o incluso el apagado del motor para evitar daños severos.

Estas sondas son termistores PTC, es decir resistencias variables con la temperatura

Las protecciones eléctricas

10

Contenidos

- 10.1. Fallos en las instalaciones eléctricas
- 10.2. El fusible
- 10.3. El interruptor automático magnetotérmico
- 10.4. El interruptor automático diferencial
- 10.5. La protección contra sobretensiones
- 10.6. Técnicas de selección para la protección eléctrica
- 10.7. Seguridad eléctrica
- 10.8. El trabajo en la zona de riesgo eléctrico
- 10.9. Actuación en caso de accidente

Objetivos

- Emplear la protección adecuada en función de las características del elemento a proteger.
- Dimensionar adecuadamente los diferentes elementos de protección.
- Aplicar las técnicas de filiación y selectividad para las protecciones eléctricas.
- Actuar adecuadamente frente a un accidente.



Toda instalación eléctrica debe contar con una serie de elementos de seguridad que la proteja contra los riesgos eléctricos que puedan ocurrir, tanto por una incorrecta instalación como por un deterioro a lo largo de la vida de esta.

Existen diferentes elementos de protección, desde elementos muy simples hasta algunos más complejos. Pero el ámbito de la seguridad no solo afecta a los dispositivos de la instalación eléctrica, sino que incluyen también al cableado eléctrico, y por supuesto, a la seguridad de las personas.

10.1. Fallos en las instalaciones eléctricas

Cuando se diseña, se instala y se prueba una instalación eléctrica, no significa que durante toda su vida útil vaya a funcionar sin problemas. Existen una serie de factores que pueden ocasionar que la instalación falle.

Los principales fallos que afectan a las instalaciones eléctricas son:

- **Daños en los aislantes de la instalación debido al tiempo de servicio.** Los aislantes de las diferentes partes de la instalación, incluidos los conductores, van sufriendo un envejecimiento y una disminución de sus prestaciones, agravado también por el calentamiento que sufren. Todos estos daños dan lugar a una perforación del aislante.
- **Daños en las partes móviles de la instalación debido al tiempo de servicio.** Las partes móviles de las instalaciones (sobre todo, en los motores por ser máquinas dinámicas), sufren de envejecimiento y su posterior rotura. Este fallo mecánico se puede trasladar a la parte eléctrica. Por ejemplo, un fallo en los cojinetes del eje de un motor, puede producir un agarrotamiento del mismo. Al estar en funcionamiento, el motor va a producir un fuerte calentamiento en el mismo, pudiendo llegar incluso a provocar un incendio.
- **Sobreesfuerzos en las condiciones de trabajo.** Al someter a una instalación eléctrica (conductores, motores, transformadores, etc.) a un exceso en las condiciones de trabajo y por tanto de dimensionamiento, todo ello da lugar a que la instalación falle.
- **Alteraciones en su espacio de trabajo.** Toda instalación eléctrica necesita de un área de trabajo. Cualquier alteración sobre dicha área puede producir daños. Por ejemplo, caída de un árbol sobre una línea eléctrica, caída de un objeto sobre una parte móvil de una máquina, etcétera.
- **Acciones climatológicas externas.** Alteración en las condiciones normales de trabajo por cuestiones climatológicas: descargas atmosféricas (rayos eléctricos), aumento de la humedad, etcétera.
- **Factores humanos.** Debidos a maniobras incorrectas. Por ejemplo, apertura de un seccionador en carga, incorrecta sustitución de un fusible por otro de mayor calibre, etcétera.
- **Factores de origen animal.** Los roedores son una fuente de problemas, debido a que suelen roer los cables eléctricos.

Todos estos fallos producen los siguientes efectos:

- **Cortocircuito.** Es la unión física entre dos o más fases, entre fase y neutro o entre el positivo y el negativo. Produce un aumento muy elevado de la corriente eléctrica, y a su vez un rápido y elevado calentamiento, llegando a producir un incendio.
- **Sobrecarga.** Es todo aumento de la corriente por encima del nivel de diseño y dimensionamiento de la instalación eléctrica. Es peligrosa si se mantiene a lo largo del tiempo. Produce un aumento de la temperatura anormal.
- **Derivación a tierra.** Es cuando un conductor activo entra en contacto con alguna parte metálica de la instalación. Puede producir descargas eléctricas a los usuarios si estos la tocan. Así mismo, puede producir incendios.
- **Sobretensión.** Es el aumento del valor de la tensión eléctrica por encima de su valor nominal. Si los elementos de la instalación no están preparados para dicho incremento, puede producir la destrucción de los mismos.
- **Subtensión.** Es la disminución del valor de la tensión por debajo de su valor nominal.

Tabla 10.1. Relación de defectos y su método de protección

Defecto	Protección
Cortocircuito	Fusible. Interruptor automático electromagnético. Disyuntor motor. Interruptor automático magnetotérmico.
Sobrecarga	Relé térmico. Disyuntor guardamotor. Sondas de temperatura. Interruptor magnetotérmico.
Defecto de aislamiento	Interruptor diferencial.
Sobretensión	Limitador de sobretensión.
Subtensión	Relé disparador de mínima tensión.

Existen otros sistemas avanzados de protección, los cuales supervisan varias variables a la vez y reaccionan ante los defectos eléctricos, proporcionando una seguridad completa. Estos sistemas unen rapidez de respuesta, selectividad y especificaciones de fiabilidad para satisfacer los requisitos de resolución de averías, contando además con sistemas de telemedida y telegestión.

10.2. El fusible

El fusible es el elemento de protección más antiguo y a la vez el más simple en su concepción. En una instalación eléctrica, el fusible es el elemento más débil y por ello, en caso de una sobreintensidad, es este fusible el que se sacrifica. Por consiguiente, es un elemento destinado a la **protección contra cortocircuitos**.

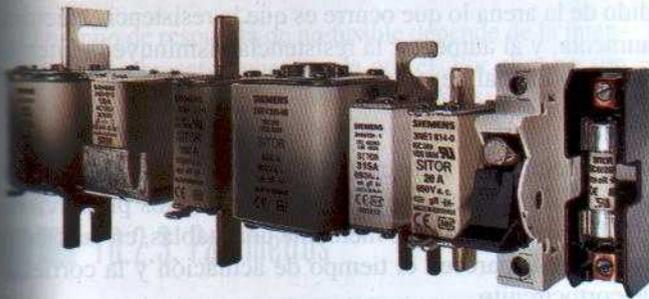


Figura 10.1. Conjunto de fusibles de diversos tipos. (Cortesía de Siemens.)

Una sobreintensidad es toda aquella corriente eléctrica que supera un valor para el cual se ha diseñado el elemento, receptor o línea eléctrica.

Una sobreintensidad se puede producir por un fallo en la línea eléctrica en la que se origina un contacto físico entre dos puntos que se encuentran a diferente potencial o bien por un funcionamiento anómalo en un elemento del circuito eléctrico.

Sabías que...

Los primeros fusibles eran de plomo, por ser este un material con un punto de fusión muy bajo (330 °C). Cuando se producía una sobrecarga en la instalación, el fusible se fundía, de aquí la expresión que «se han fundido los plomos».

El fusible está constituido por un hilo o lámina de un material conductor de la electricidad que tiene un punto de fusión bajo. De esta forma, al ser recorrido por una corriente eléctrica superior a cierto valor, el conductor del fusible se calienta por efecto Joule y una vez alcanzada la temperatura de fusión se rompe, interrumpiendo el paso de la corriente y protegiendo al resto de la instalación.

► Recuerda:

Una sobrecarga es una corriente ligeramente superior a la de funcionamiento o nominal, mientras que un cortocircuito es una corriente muy elevada.

Uno de los inconvenientes de los fusibles radica en su imprecisión. Los fabricantes indican un valor medio de entre una banda de actuación. Esta banda es mayor respecto a los otros sistemas de protección.

Otro problema radica en la independencia de cada fusible respecto al conjunto. En un sistema trifásico, la actuación de un fusible no afecta al resto y esto conlleva que el sistema trifásico pase a tener dos fases, con los inconvenientes que ello supone.

Cuando el fusible actúa, este se destruye, por ello es importante disponer de fusibles de repuesto. Nunca se debe reparar un fusible.

A pesar de estos inconvenientes, el fusible se sigue utilizando ampliamente, principalmente por su alto poder de corte.

10.2.1. Partes de un fusible

Un fusible se compone de varias partes, y aunque su forma física varíe de un tipo a otro, a nivel interno todas funcionan de igual manera, basándose en la fusión de un elemento conductor. Las partes de un fusible son las siguientes:

- Elemento fusible.
- Contactos.
- Cuerpo.
- Arena.
- Elemento de señalización.

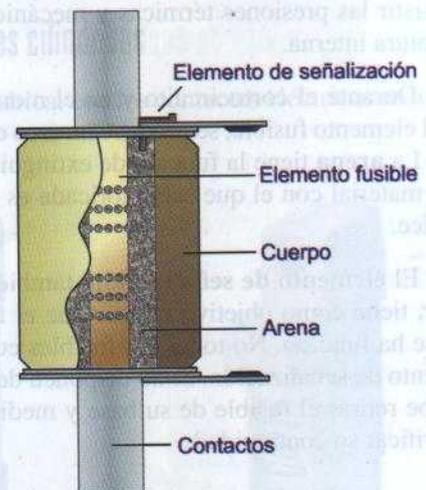


Figura 10.2. Partes de un fusible tipo NH.

El **elemento fusible** es la parte más importante, ya que es esta la que actuará ante una sobreintensidad. Es de un material conductor, principalmente de cobre, cobre platea-

do o plata. Se dimensiona en función de la corriente que deberá circular de manera permanente y cuando esta se supere se funde en un tiempo determinado. Se fabrica en forma de hilo (corrientes pequeñas) o de láminas (corrientes más elevadas). Estas láminas están perforadas o tienen variaciones de sección.

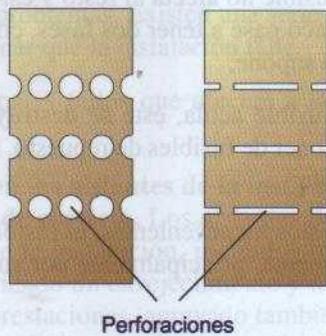


Figura 10.3. Láminas empleadas como elemento fusible.

Los **contactos** tienen la función de asegurar la continuidad eléctrica entre el elemento fusible y el circuito eléctrico. Los contactos están diseñados para permitir adaptarse a la base portafusible donde se insertará.

El **cuerpo** es la envolvente del elemento fusible. Los primeros fusibles carecían de ella y en el momento de un cortocircuito el elemento de fusión salía despedido pudiendo provocar incendios o accidente a las personas cercanas. Por tanto, realizan una tarea de protección y apantallamiento, y para realizar esta función están fabricadas de material resistente. Suelen estar fabricadas de vidrio, fibra de vidrio, esteatita, porcelana, etc., que son materiales capaces de resistir las presiones térmicas y mecánicas del proceso de ruptura interna.

Durante el cortocircuito y en el momento de la fusión del elemento fusible, se produce un arco eléctrico importante. La **arena** tiene la función de extinguir el arco eléctrico. El material con el que está fabricada es arena de cuarzo o sílice.

El **elemento de señalización**, también llamado **percutor**, tiene como objetivo indicar que el fusible ha actuado y se ha fundido. No todos los fusibles cuentan con un elemento de señalización. Si no disponen de este elemento, se debe retirar el fusible de su base y mediante un polímetro verificar su continuidad.

10.2.2. Funcionamiento

El proceso de fundido se inicia con una sobreintensidad y consta de dos fases. En la primera fase, llamada prearco, la sobreintensidad provoca que, por efecto Joule, se caliente

el elemento fusible. Dependiendo del valor de esta sobreintensidad, el elemento fusible irá aumentando su energía térmica hasta que llega al punto de fusión.

La segunda fase, llamada arco, se inicia con la fusión. El elemento conductor, al fundirse, se divide en dos partes y entre ellas, y debido a la elevada corriente, se inicia un arco eléctrico por el cual aún sigue circulando la corriente eléctrica. La temperatura sigue aumentando hasta que llega a fundir la arena que lo rodea. Durante este proceso de fundido de la arena lo que ocurre es que la resistencia eléctrica aumenta, y al aumentar la resistencia disminuye la intensidad, con lo cual llega un momento en el cual se extingue el arco eléctrico.

El tiempo de actuación del fusible es la suma de los tiempos de prearco y arco. Estos tiempos los proporciona el fabricante de fusibles mediante unas tablas, en las cuales en los ejes aparecen el tiempo de actuación y la corriente de cortocircuito.

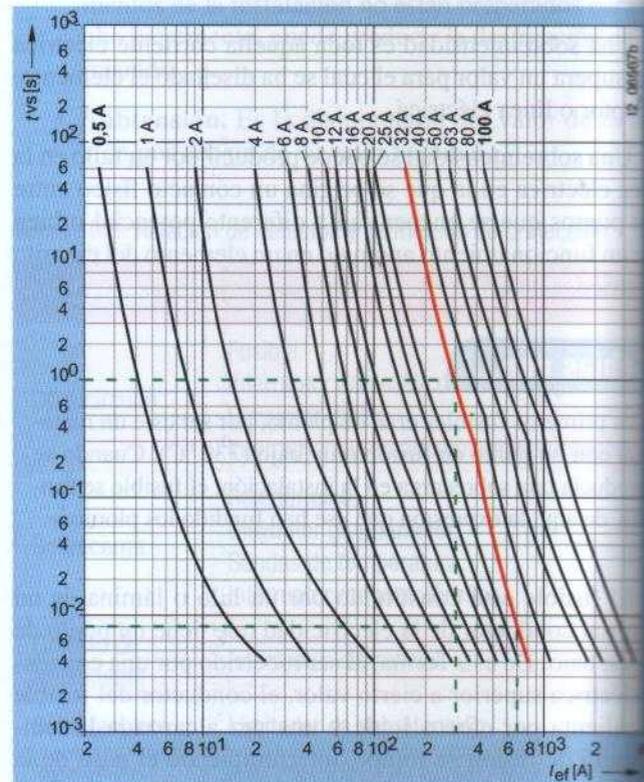


Figura 10.4. Curva de fusible cilíndrico tipo aM de Siemens 3NW8.

En la gráfica de la Figura 10.4, el fabricante incluye curvas para los diferentes fusibles de esa gama.

Si, por ejemplo, nos fijamos en el fusible de 32 A, cuando circula una corriente de 300 A ($3 \cdot 10^2$), se fundirá en un tiempo de 1 segundo (10^0).

Se observa, para todas las curvas, que cuando aumenta la intensidad, disminuye el tiempo de respuesta.

Si para este mismo fusible, se aumenta la corriente hasta los 700 A, el tiempo de respuesta baja hasta los 0,08 segundos.

► Recuerda:

El tiempo de respuesta de un fusible depende de la intensidad de sobrecarga que circula por él. Por ello, no son adecuados para pequeñas sobreintensidades.

10.2.3. Parámetros

A la hora de seleccionar un fusible, es preciso conocer los parámetros que definen su comportamiento. Estos son los siguientes:

- **Tensión nominal.** Es el valor máximo de la tensión al cual puede estar sometido el fusible. No se debe sobrepasar este valor. La tensión nominal del fusible debe ser igual o superior a la tensión del circuito eléctrico, es decir, que un fusible de 400 V se puede colocar en un circuito cuya tensión sea de 230 V. Los valores para baja tensión son de 250, 400, 440, 500, 600 y 690 V.
- **Intensidad nominal.** Es el valor de corriente máxima que puede circular a través de él de manera permanente sin causar ningún daño. También recibe el nombre de **calibre**.

Tabla 10.2. Valores de calibre de fusibles más usuales

Calibres de fusibles (en amperios)
2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500, 630, 800

- **Poder de corte.** Es la máxima corriente que el fusible puede cortar. Es un valor muy alto que alcanza varios cientos de miles de amperios.
- **Intensidad convencional de fusión.** Es el valor de la intensidad para la cual el fabricante asegura que el fusible se fundirá.
- **Intensidad convencional de no fusión.** Es el valor de la corriente que puede circular por el fusible sin que se funda. Entre la intensidad de fusión y la de no

fusión hay un margen en el cual no se puede asegurar cuál será el comportamiento del fusible.

- **Característica $t-i$.** Es la curva en la cual se representa el tiempo de actuación de un fusible respecto a la corriente que circula por él.



Figura 10.5. Parámetros sobre un fusible.

10.2.4. Tipos de fusibles

Existen diferentes tipos de fusibles, tal y como vemos a continuación.

Fusibles cilíndricos

Tienen forma cilíndrica, con los contactos eléctricos en ambos extremos.



Figura 10.6. Fusible cilíndrico. (Cortesía de Siemens.)



Figura 10.7. Portafusible unipolar para fusible cilíndrico. (Cortesía de Siemens.)



Figura 10.8. Fusibles cilíndricos en portafusible tripolar. (Cortesía de Siemens.)



Figura 10.9. Portafusible tripolar. (Cortesía de Siemens.)

Estos fusibles tienen unas medidas comerciales establecidas (diámetro x longitud), tal y como recoge la Tabla 10.3.

Tabla 10.3. Características eléctricas de fusibles cilíndricos

Medidas (mm)	Intensidad (A)	Tensión nominal	Poder de corte
8 x 31	0,5 a 20 A	400 / 500 / 690 V	80 / 120 kA
10 x 30	0,5 a 32 A		
14 x 51	1 a 50 A		
22 x 38	2 a 125 A		

Los **portafusibles** son los elementos en los cuales se inserta el fusible y que facilitan el cambio cuando uno de ellos actúa y se funde.

Fusibles de cuchillas o NH

Se emplean en aquellas aplicaciones por donde circulan altas corrientes, existiendo calibres superiores a los 1000 A. Por ello, se utilizan en la protección de edificios terciarios (hospitales, hoteles, etc.) e industriales, así como en los cuadros de distribución de las compañías suministradoras de electricidad.

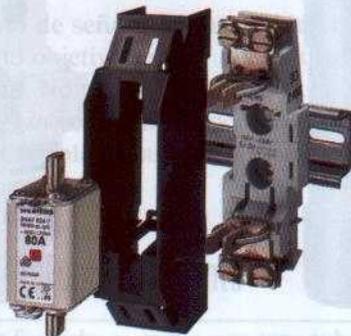


Figura 10.10. Conjunto de base portafusible y fusible de cuchilla. (Cortesía de Siemens.)

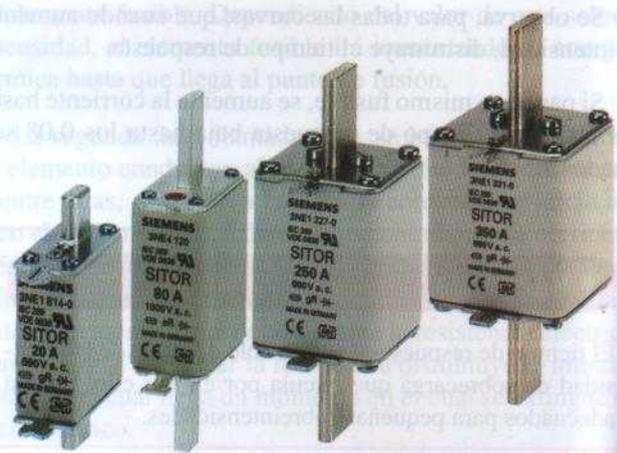


Figura 10.11. Fusibles de cuchillas de diferentes calibres. (Cortesía de Siemens.)

Los calibres comerciales que se pueden encontrar son los recogidos en la Tabla 10.4.

Tabla 10.4. Calibres de los fusibles NH

Talla	Ancho (mm)	Intensidad (A)
000	21 mm	10 a 100 A
00	30 mm	10 a 160 A
1	30-50 mm	50 a 250 A
2	50-58 mm	50 a 400 A
3	58-68 mm	200 a 630 A
4	102 mm	500 a 1000 A
4A	102 mm	500 a 1250 A

Este tipo de fusibles tiene una tensión nominal de 400 / 500 / 690 V y un poder de corte de 80 / 100 kA.

Los fusibles NH requieren de la intervención de un especialista para su manipulación, y debido al riesgo eléctrico, se emplean unas herramientas llamadas **manetas** para poder intervenir en el cambio de un fusible.



Figura 10.12. Maneta. (Cortesía de Siemens.)



Figura 10.13. Maneta con manguito. (Cortesía de Siemens.)

Recuerda:

Para instalar o sustituir un fusible de tipo NH o cuchilla se necesitan herramientas adecuadas, entre ellas, las manetas.



Fusibles Diazed

También llamados de botella o tipo D. Es un sistema de fusible de **tipo roscado**. En el interior de la base dispone de una reducción del diámetro, de tal manera que impide que se coloque un fusible de la intensidad no adecuada al diseño. El calibre de estos va codificado mediante colores (Tabla 10.5).



Figura 10.14. Fusible Diazed. (Cortesía de Siemens.)

Tabla 10.5. Colores de los tornillos de ajuste

Calibre	Color identificativo
2 A	Rosa
4 A	Marrón
6 A	Verde
10 A	Rojo
16 A	Gris
20 A	Azul
25 A	Amarillo
35 A	Negro
50 A	Blanco
63 A	Cobre
80 A	Plata
100 A	Rojo

Los calibres comerciales que se pueden encontrar son los que recoge la Tabla 10.6.

Intensidad (A)
10 a 100 A
10 a 160 A
50 a 250 A
50 a 400 A
200 a 630 A
500 a 1000 A
500 a 1250 A

nominal de 400/100 kA.

ención de un es al riesgo eléctrico. las manetas para le.



Maneta con Cortesía de Siemens.)

Tabla 10.6. Calibres de los fusibles tipo Diazed

Talla	Rosca	Intensidad (A)
DI	E16	2 a 25 A
DII	E27	2 a 25 A
DIII	E33	35 a 63 A
DIV	R1¼"	80 a 100 A

Este tipo de fusibles tiene una tensión nominal de 500 V y un poder de corte de 50 kA.

Fusibles Neozed

Son una evolución de los fusibles de tipo Diazed, de un tamaño ligeramente más pequeño y por ello la tensión nominal también es más baja. Básicamente, tienen la misma estructura interna que los del tipo Diazed y al igual que estos, también constan de unos anillos de ajuste para imposibilitar el intercambio de calibres. Se emplean para la protección de conductores eléctricos. Reciben el nombre de fusibles DO.



Figura 10.15. Fusible Neozed. (Cortesía de Siemens.)



Figura 10.16. Fusible Neozed con su base. (Cortesía de Siemens.)

Los calibres comerciales que se pueden encontrar son los que recoge la Tabla 10.7.

Tabla 10.7. Calibres de fusibles tipo Neozed

Talla	Rosca	Intensidad (A)
D01	E14	2 a 16 A
D02	E18	20 a 63 A
D03	M30	80 a 100 A

Este tipo de fusibles tiene una tensión nominal de 500 V y un poder de corte de 50 kA.

10.2.5. Clasificación de los fusibles

Los fusibles se clasifican en función de la manera de responder ante una sobreintensidad. Existen elementos, como los motores eléctricos, donde durante la conexión o arranque se producen unos picos de corrientes que son varias veces la intensidad nominal. En estos casos, el fusible no debe actuar. Hay otros, por ejemplo para la protección de equipos electrónicos, donde se desea que actúen lo más rápido posible para evitar daños, ya que el elemento a proteger es muy sensible.

Los fusibles se clasifican por dos letras, donde la primera letra indica la función de ese fusible y la segunda letra indica el objeto a proteger.

Primera letra, **función**:

- g: Fusible de uso general.
- a: Fusible de acompañamiento.

Segunda letra, **objeto a proteger**:

- G: Uso general.
- M: Motor.
- L: Líneas eléctricas.
- R: Semiconductores, equipos electrónicos.
- Tr: Transformadores.
- C: Condensadores.
- Pv: Aplicaciones fotovoltaicas.



Figura 10.17. Clases de fusibles.

10.2.6. Simbología eléctrica

Hay varias formas de asociar un cartucho fusible.

Cuando un fusible forma parte de la instalación tal cual se le denomina **fusible**. Pero cuando ese fusible va asociado a un sistema de corte, se tienen dos variantes:

- **Seccionador fusible.** Permite la apertura del circuito. El seccionador no está preparado para poder cortar con carga, por tanto **debe utilizarse siempre en vacío**. Además, un seccionador (por normativa) debe disponer de un corte visible, es decir que deben estar a la vista los polos del seccionador.
- **Interruptor seccionador fusible.** Permite la apertura del circuito. Está preparado para poder cortar el circuito con carga. Este elemento combina las características del interruptor (trabajo en carga) con las del seccionador (corte visible).

► Recuerda:

Antes de actuar sobre un seccionador, asegúrate de que la carga no esté conectada de la red eléctrica. Recuerda que un seccionador puede trabajar en tensión, pero no debe circular la corriente eléctrica a través de él.



Figura 10.18. Fusible. (Cortesía de Siemens.)

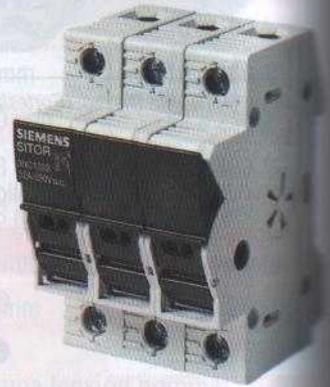


Figura 10.19. Seccionador fusible. (Cortesía de Siemens.)

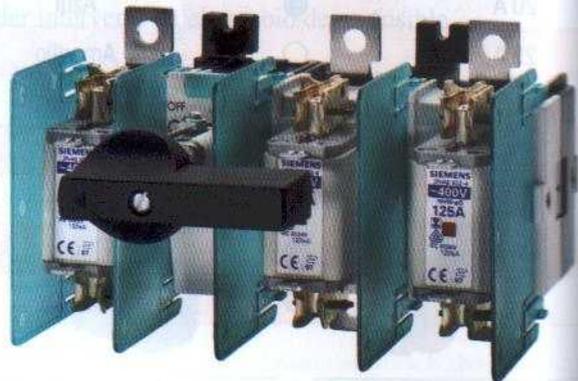


Figura 10.20. Interruptor seccionador fusible. (Cortesía de Siemens.)

La simbología eléctrica que representa a los fusibles es la mostrada en la Tabla 10.8.

Tabla 10.8. Representación gráfica del fusible

Elemento	Símbolo
Fusible	
Seccionador fusible	
Interruptor seccionador fusible	

Sabías que...

La letra identificativa F se emplea con los dispositivos de protección. Un fusible tal cual es un elemento de protección. La letra identificativa Q se emplea con los aparatos de maniobra de altas intensidades y entre ellos se encuentran los seccionadores y los interruptores de potencia. Un interruptor o seccionador fusible entraría en el grupo Q.

10.3. El interruptor automático magnetotérmico

El interruptor automático magnetotérmico es un elemento de protección contra sobrecargas, tanto sobrecargas como cortocircuitos. Su funcionamiento es similar al del disyuntor motor, con la salvedad de que el interruptor automático magnetotérmico no cuenta con ningún sistema de regulación externa, siendo calibrado internamente de fábrica. El valor de disparo se indica por su calibre o intensidad nominal.

Internamente consta de dos tipos de disparadores que dan lugar a la apertura del circuito:

- **Disparador magnético.** Consta de un electroimán, el cual al ser recorrido por una fuerte corriente eléctrica provoca el movimiento de un dispositivo mecánico generando la apertura del circuito. Protege contra los cortocircuitos.

- **Disparador térmico.** Costa de unas láminas bimetálicas que por efecto de la temperatura, debido a una sobrecarga, provocan el disparo y la apertura del circuito.

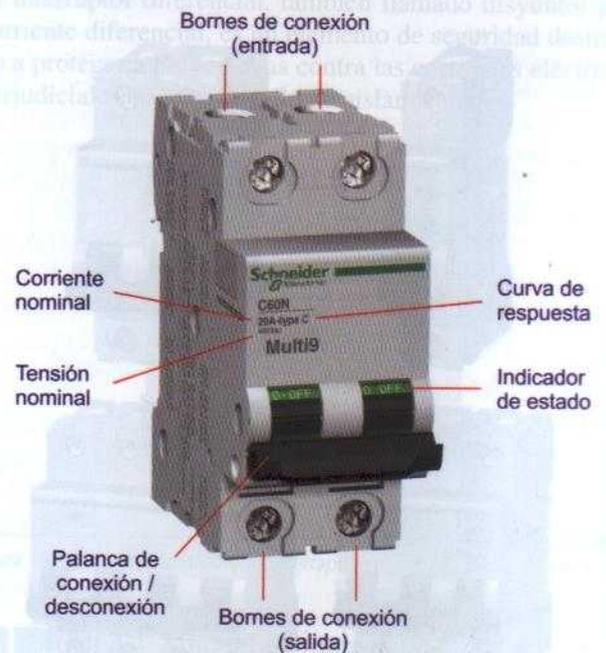


Figura 10.21. Partes del interruptor automático magnetotérmico.

Aparte de la protección, también ofrece comportamiento como interruptor manual, el cual por medio de una palanca permite la conexión y la desconexión de la red eléctrica. Esta palanca también realiza la función de mecanismo de rearme para cuando el magnetotérmico se dispare. No obstante, si perdura el origen de la sobrecarga, el interruptor magnetotérmico no podrá rearmarse, volviendo instantáneamente a disparar.

Sabías que...

En el argot técnico del electricista, el interruptor automático magnetotérmico se le conoce comúnmente por magnetotérmico.

10.3.1. Parámetros

Las características que definen a un interruptor automático magnetotérmico son las siguientes:

- **Corriente nominal.** También denominado **calibre.** Es el valor de la corriente a partir de la cual se produce el disparo y la apertura del circuito.
- **Tensión nominal.** Es el valor máximo de voltaje para el cual está diseñado.

- **Número de polos.** Es la cantidad de conductores eléctricos que el interruptor automático magnetotérmico maneja. Existen cuatro tipos: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares.



Figura 10.22. Interruptores magnetotérmicos según sus polos: unipolar, bipolar, tripolar y tetrapolar. (Cortesía de Schneider.)

- **Poder de corte.** Es la máxima corriente que el dispositivo puede cortar. Es un valor muy alto que alcanza varios cientos de miles de amperios.
- **Curva de respuesta.** Es una gráfica en la cual se muestra el modo de comportamiento frente a una sobrecorriente en función del tiempo. Existen los siguientes tipos:
 - Curva B: se emplean para sobrecorrientes bajas (disparan en su zona magnética entre tres y cinco veces la intensidad nominal); por ejemplo, en la protección de líneas generadoras y en receptores sin picos de corriente.
 - Curva C: se emplean para sobrecorrientes medias (entre cinco y diez veces la intensidad nominal); por ejemplo, en la protección de líneas para receptores y pequeños motores eléctricos. Permiten evitar disparos de receptores con pequeños picos de corriente.
 - Curva D: se emplean para sobrecorrientes elevadas (entre diez y veinte veces la intensidad nominal); por ejemplo, para la alimentación de las líneas de alimentación de grandes motores eléctricos con fuertes picos de arranque.

- Curva ICP (limitador de corriente): se emplean en viviendas y van sellados por la compañía suministradora de energía. Su calibre va en función de la potencia contratada. Disparan entre cinco y ocho veces la corriente nominal.

Todos ellos disparan en su zona térmica para valores comprendidos entre 1,1-1,4 veces la intensidad nominal.

10.3.2. Tipos de interruptores automáticos magnetotérmicos

Se pueden clasificar atendiendo al tipo de corriente:

- **De corriente alterna.** Son los diseñados para funcionar bajo corriente alterna. Por ejemplo, para la protección de las instalaciones domésticas e industriales.
- **De corriente continua.** Son los diseñados para funcionar bajo corriente continua. Por ejemplo, para la protección de las instalaciones generadoras de tipo fotovoltaico.



Figura 10.23. Magnetotérmicos para corriente continua. (Cortesía de Schneider.)

Existe un tipo de interruptor automático magnetotérmico llamando **DPN**. Este tipo de magnetotérmico ofrece protección solo para la fase, aunque el corte lo realiza sobre fase y neutro. Otra característica importante es el hecho de ocupar la mitad del espacio físico.



Figura 10.24. Magnetotérmico DPN. (Cortesía de Schneider.)

10.3.3. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa al interruptor automático magnetotérmico está en función del número de polos y oscila entre un polo (unipolar) y cuatro polos (tetrapolar). En el caso de dos polos, hay dos variantes: una para dos fases y la otra para fase y neutro. Su representación es la mostrada en la Tabla 10.9.

Tabla 10.9. Representación gráfica del interruptor automático magnetotérmico

Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo
Unipolar		Tripolar	
Fase + neutro		Tetrapolar	
Bipolar		Unifilar	

10.4. El interruptor diferencial

El interruptor diferencial, también llamado disyuntor por corriente diferencial, es un elemento de seguridad destinado a proteger a las personas contra las corrientes eléctricas perjudiciales en caso de fallo de aislamiento.



Figura 10.25. Interruptor diferencial tetrapolar. (Cortesía de Schneider.)

10.4.1. Funcionamiento

El funcionamiento del interruptor diferencial consiste en hacer pasar el cableado principal, que es el que une la alimentación eléctrica con la carga del receptor, por un núcleo toroidal y formar un bobinado por cada hilo. Se crea, además, otro bobinado secundario.

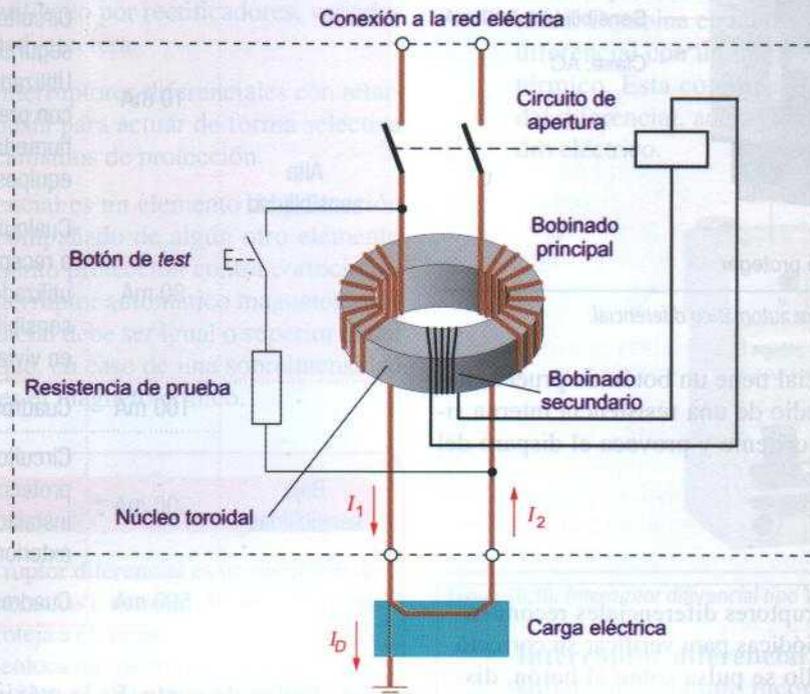


Figura 10.26. Esquema de las partes internas de un interruptor diferencial.

En condiciones normales (sin corrientes de fuga) la corriente I_1 es igual a I_2 . Esas corrientes, al circular por el bobinado principal del núcleo toroidal, crean un campo magnético. Pero al ser iguales y de sentido contrario, ambos campos se anulan.

Cuando ocurre un fallo de aislamiento en el receptor (carga eléctrica) existe una corriente de derivación I_D y, por tanto, ya no se cumple que $I_1 = I_2$, sino que ahora $I_1 = I_D + I_2$. Estas corrientes (I_1 e I_2) crean sus respectivos campos magnéticos en el núcleo toroidal, pero al ser de diferente valor, el campo resultante ya no se anula sino que tiene un determinado valor. Este campo magnético induce una corriente en el bobinado secundario, el cual produce el disparo del circuito de apertura interrumpiendo el paso de corriente a la carga.

Esta corriente de fuga o de derivación I_D se llama sensibilidad y su valor se determina en miliamperios. El REBT fija que ese valor para viviendas debe ser como máximo de 30 mA, lo que significa que cuando se produzca una corriente de derivación a tierra igual o superior a 30 mA, el interruptor diferencial disparará, protegiendo el sistema.

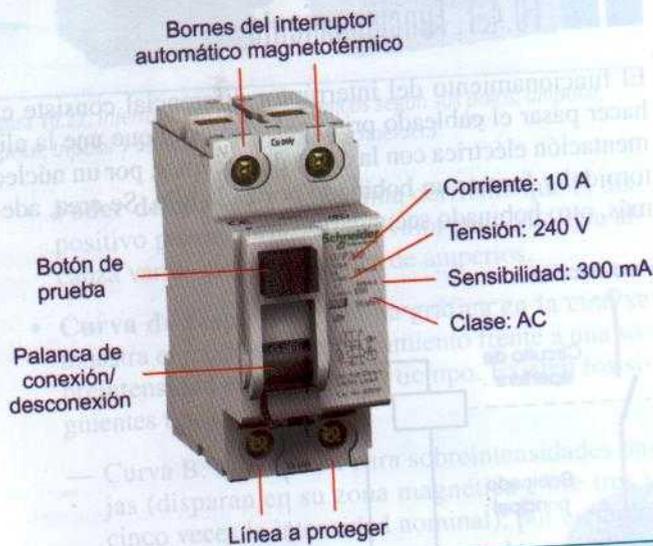


Figura 10.27. Partes del interruptor automático diferencial.

El interruptor diferencial tiene un botón de prueba, llamado *test*, el cual por medio de una resistencia interna simula una derivación de corriente y provoca el disparo del interruptor diferencial.

Sabías que...

Los fabricantes de interruptores diferenciales recomiendan realizar pruebas periódicas para verificar su correcto funcionamiento, para ello se pulsa sobre el botón, dispuesto para tal fin, con la indicación impresa de *test*.

Recuerda:

Los dispositivos de protección anteriormente vistos estaban destinados hacia la protección de las líneas de suministro y de los receptores eléctricos, sin embargo el interruptor diferencial está diseñado para la protección de las personas.

10.4.2. Parámetros

Las características que definen a un interruptor diferencial son las siguientes:

- **Corriente nominal.** También denominado calibre. Es el valor de la corriente eléctrica a partir de la cual se produce el disparo y la apertura del circuito.
- **Tensión nominal.** Es el valor máximo del voltaje al cual está diseñado el aparato para funcionar.
- **Sensibilidad.** Es el valor de la corriente de fuga a partir de la cual se provoca el disparo y la apertura del circuito eléctrico.

Tabla 10.10. Valores de sensibilidad de los interruptores diferenciales

Sensibilidad	Aplicaciones
Alta sensibilidad	10 mA Circuitos críticos para la seguridad de las personas. Utilizados en ambientes con presencia constante de humedad, tales como saunas, equipos de hidromasaje, etc.
	30 mA Cualquier circuito que alimente a receptores que vayan a ser utilizados por personas (es la sensibilidad máxima permitida en viviendas según el REBT).
Baja sensibilidad	100 mA Cuadros eléctricos secundarios.
	300 mA Circuitos eléctricos generales, protección de maquinaria, instalaciones de alumbrado exterior.
	500 mA Cuadros eléctricos generales.

- **Poder de corte.** Es la máxima corriente que el dispositivo puede cortar.

► Recuerda:

Un valor de sensibilidad bajo no significa que el aparato ofrezca mejor protección, sino que responde ante corrientes de fuga de menor valor. Un valor bajo puede ocasionar disparos no deseados, con la consiguiente desconexión de la línea.

- **Número de polos.** Es la cantidad de conductores eléctricos que el interruptor diferencial maneja. Existen dos tipos: bipolares y tetrapolares.



Figura 10.28. Interruptores diferenciales tetrapolar y bipolar. (Cortesía de Siemens.)

- **Clase.** Existen las siguientes clases de interruptores diferenciales:
 - Clase AC: diseñado para funcionar con corrientes senoidales. Es el utilizado en las viviendas.
 - Clase A: diseñado para corrientes alternas o pulsantes. Es el utilizado por rectificadores, variadores de velocidad, etcétera.
 - Clase S: son interruptores diferenciales con retardo en la respuesta para actuar de forma selectiva con otros mecanismos de protección.

El interruptor diferencial es un elemento de protección que siempre debe ir acompañado de algún otro elemento que proporcione al conjunto protección contra cortocircuitos, generalmente un interruptor automático magnetotérmico. El calibre del diferencial debe ser igual o superior al del magnetotérmico, para que, en caso de una sobreintensidad muy elevada, actúe antes el magnetotérmico.

► Recuerda:

A pesar de que el interruptor diferencial es un elemento de protección (hacia las personas), necesita de otro elemento de protección que le proteja a él mismo ante un cortocircuito; por eso siempre se coloca un interruptor magnetotérmico y luego el interruptor diferencial.

10.4.3. Tipos de interruptores diferenciales

Aparte del interruptor diferencial convencional clásico, existen otros tipos debido a la evolución de este dispositivo:

- **Interruptor diferencial superinmunizado.** Dispone de filtros que eliminan las perturbaciones en la red, evitando disparos intempestivos.
- **Interruptor diferencial con rearme automático.** Permite la reconexión de manera automática después de un disparo y una vez cesa la causa del disparo. Estos dispositivos son interesantes en aquellas aplicaciones que no cuentan con supervisión y un disparo intempestivo o inoportuno provoca dejar fuera de servicio a la instalación.



Figura 10.29. Interruptor diferencial con rearme automático. (Cortesía de Siemens.)

- **Interruptor automático diferencial magnetotérmico.** Combina en un único dispositivo el interruptor diferencial con un interruptor automático magnetotérmico. Esta combinación garantiza la protección del diferencial, además de reducir espacio en el cuadro eléctrico.



Figura 10.30. Interruptor diferencial tipo Vigi. (Cortesía de Schneider.)

- **Interruptor diferencial programable.** Es el más sofisticado, ya que incorpora circuitos de control electrónico. Cuenta con varios tipos de reglajes.



Figura 10.31. Interruptor diferencial programable. (Cortesía de Siemens.)

10.4.4. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa al interruptor diferencial es la que se puede observar en la Tabla 10.11.

Tabla 10.11. Representación gráfica del interruptor diferencial

Elemento	Símbolo
Interruptor diferencial bipolar	
Interruptor diferencial tetrapolar	
Interruptor diferencial unifilar	

Estos símbolos se identifican con la letra Q.

10.5. La protección contra sobretensiones

Una sobretensión es un aumento no esperado del voltaje eléctrico que puede ser transitorio (operaciones de maniobra en la red eléctrica, descargas atmosféricas, etc.), o permanente (descompensación en la red eléctrica), lo cual da lugar a un pico de tensión que el equipo no puede soportar y acaba siendo destruido, provocando incluso un incendio.

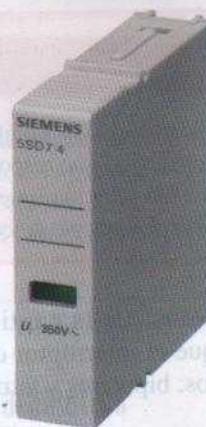


Figura 10.32. Cartucho descargador. (Cortesía de Siemens.)

Para evitar estos daños está el **descargador o limitador de sobretensiones**, el cual actúa en paralelo con la línea a proteger y, en caso de detectar una subida de tensión, deriva esta hacia tierra.

Existen varios tipos de descargadores (varistores, descargadores de gas, etc.), aunque en esta unidad solo nos centraremos en los descargadores de tipo varistor por ser los que más se emplean en protección de equipos.

Un descargador o limitador es una resistencia variable con la tensión (también llamado varistor), la cual con bajos valores de tensión tiene una resistencia muy alta y con valores de mayor tensión tiene una resistencia muy pequeña que facilita la conexión a tierra.

Cuando un descargador actúa ante una sobretensión, en función de este valor de voltaje, su vida útil disminuye o incluso finaliza. Para conocer el estado, los descargadores incluyen un sistema de visualización, de tal manera que cuando marca que ya no es útil para el trabajo debe ser sustituido.

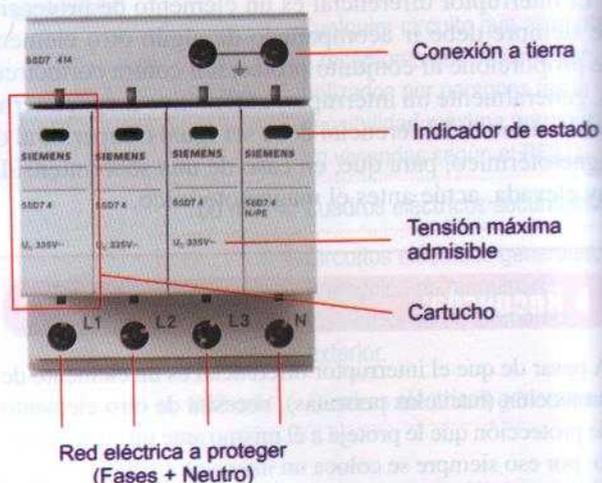


Figura 10.33. Partes del descargador de sobretensiones.

Para facilitar la sustitución, los descargadores van montados sobre unas bases de tal manera que facilitan la operación de mantenimiento.

► Recuerda:

No solo las sobretensiones se pueden producir por descargas atmosféricas, así por ejemplo un corte o defecto de conexión del neutro en la línea de alimentación trifásica puede provocar una sobretensión en la instalación.

Los limitadores deben contar con un interruptor automático magnetotérmico instalado justo antes de él a modo de protección adicional.

10.5.1. Parámetros

Las características que definen a un descargador de sobretensiones son las siguientes:

- **Corriente máxima de descarga** (onda 8/20 μ s). Es el valor máximo de la corriente de descarga que es capaz de soportar sin sufrir daños. Si se sobrepasa, el limitador actúa de manera correcta pero queda destruido y se debe sustituir.
- **Tensión nominal.** Es el valor del voltaje para el cual está diseñado el aparato para funcionar.
- **Tensión máxima admisible.** Es el valor máximo del voltaje que se puede aplicar de manera permanente sin que el limitador sufra.
- **Tensión de protección.** Es el valor máximo del voltaje de la sobretensión. Se sitúa en valores de miles de voltios (kV).



Figura 10.34. Descargadores de sobretensiones bipolar y tripolar. (Cortesía de Siemens.)

- **Número de polos.** Es la cantidad de conductores eléctricos que tiene la línea eléctrica y que se conectarán al descargador. Existen tres tipos: bipolares, tripolares y tetrapolares.

Existe una clasificación de los limitadores en función del tipo de corriente de los receptores, así, aunque la mayoría de los descargadores son para receptores en corriente alterna, existe una gama de limitadores de sobretensiones destinadas a aplicaciones en corriente continua. Este tipo de protección se emplea sobre todo para aplicaciones solares fotovoltaicas. Cuentan con tres bornes de conexiones: positivo, negativo y la toma a tierra.



Figura 10.35. Descargadores para instalaciones fotovoltaicas. (Cortesía de Siemens.)

10.5.2. Tipos de protecciones contra sobretensiones

Existen **tres tipos de protecciones** contra sobretensiones, denominadas tipo 1, tipo 2 y tipo 3. El objetivo que se persigue es reducir el valor de la sobretensión hasta valores aceptables por los receptores.

Por lo general, se emplean varios tipos de limitadores de sobretensiones combinándolos para aumentar la eficiencia de la protección.

La protección de **tipo 1** se coloca lo más cercana al punto de origen de la sobretensión y tiene una gran capacidad de absorción. Se coloca en las cabeceras de los cuadros y tiene un valor de intensidad máxima alto.

La protección de **tipo 2** se coloca en los cuadros secundarios y tiene una capacidad de absorción media.

Cuando el receptor es sensible a las sobretensiones (equipos electrónicos, informáticos, etc.) se puede completar con el **tipo 3**. Este tipo se coloca lo más cercano posible

al receptor a proteger y tiene una gran rapidez en su respuesta aunque su capacidad de absorción es baja.

10.5.3. Mantenimiento

Los limitadores de sobretensión se deben sustituir en los siguientes casos:

- **Por destrucción.** Cuando una fuerte sobretensión, por ejemplo por descarga atmosférica (caída de un rayo) con una intensidad superior a su corriente máxima, afecta al limitador, este actúa protegiendo a la instalación pero queda internamente destruido, siendo necesario su sustitución.
- **Por envejecimiento.** Un limitador tras sucesivas y pequeñas descargas agota su vida útil. Un limitador tiene una muy pequeña corriente de fuga (un poco menor de 1 mA) y en cada descarga ese valor aumenta. Ese paso de corriente se traduce en un calentamiento y a la larga este calentamiento va mermando sus características, lo que hace necesario la sustitución. Internamente, cuenta con un bimetalo el cual, al llegar a unos valores de calentamiento no admisibles, produce la rotura interna y desconexión del sistema y, además, cuenta con una señalización para indicar este estado de no operatividad. Normalmente, el indicador de estado suele estar de color blanco o verde (depende del fabricante) y cuando ya no está operativo suele pasar a color rojo.

Existen limitadores que cuentan con un sistema de aviso a distancia. No es más que unos contactos que conmutan cuando se produce la rotura del bimetalo y se aprovechan esos contactos para mandar una señal.

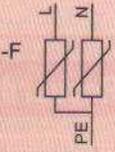
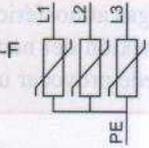
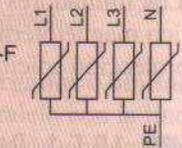
En ambos casos (por destrucción y por envejecimiento) y una vez queda destruido el limitador, este se comporta como un cortocircuito dando lugar a que actúe el interruptor magnetotérmico asociado. No se podrá rearmar hasta que no se realice la sustitución del limitador.

Es importante que dispare el interruptor magnetotérmico asociado al limitador antes que algún magnetotérmico de cabecera del cuadro para que no deje fuera de servicio a toda la instalación.

10.5.4. Simbología eléctrica

Los limitadores de sobretensión se identifican con la letra F. La simbología eléctrica que se emplea con estos dispositivos de protección está vinculada al número de polos, siendo similar. Así, se dispone de símbolos para modelos bipolares, tripolares y tetrapolares (Tabla 10.12).

Tabla 10.12. Representación gráfica del limitador de sobretensiones

Elemento	Símbolo
Descargador de sobretensión bipolar	
Descargador de sobretensión tripolar	
Descargador de sobretensión tetrapolar	

10.6. Técnicas de selección para la protección eléctrica

Un sistema de protección completo comprende el uso de varios elementos de protección. A la hora de diseñar correctamente el modo de funcionamiento de las protecciones, se deben detener en cuenta principalmente dos criterios: que puedan hacer frente al problema y, además, que actúe el elemento de protección más cercano al problema.

Para diseñar adecuadamente el sistema de protección se deben aplicar las técnicas de selectividad y las de filiación.

10.6.1. Selectividad

La selectividad es la capacidad del conjunto de elementos de protección de actuar lo más cercano posible a la zona de fallo. De esta manera el disparo del elemento de protección solo se limita a la zona afectada, dejando las otras zonas operativas.

Por ejemplo, en un proceso productivo, un fallo eléctrico de una máquina no debe parar toda la producción porque ha saltado el interruptor magnetotérmico general. Debería saltar la protección de la máquina, es decir limitarse a la zona del problema.

La selectividad se puede conseguir de varias maneras:

- **Tiempo.** Los elementos de protección más próximos al elemento a proteger serán más rápidos que los de protección general. Esto se consigue conociendo el

tiempo de respuesta del elemento de protección y empleándolo en consecuencia. Aquí se emplean elementos con tiempo de retardo.

- **Corriente.** Se consigue empleando elementos de protección escalonados según la corriente de disparo, siendo los más pequeños los más próximos al elemento a proteger.

Es importante para un correcto diseño verificar que se cumpla la selectividad en las instalaciones eléctricas, para ello los fabricantes de dispositivos de protección proporcionan los datos necesarios.

Por ejemplo, en la Figura 10.36 se muestran dos interruptores automáticos magnetotérmicos que están en serie con un receptor eléctrico. En la línea de alimentación se produce un cortocircuito. El elemento de seguridad que debería actuar sería el B por estar más cercano al punto de origen del fallo.

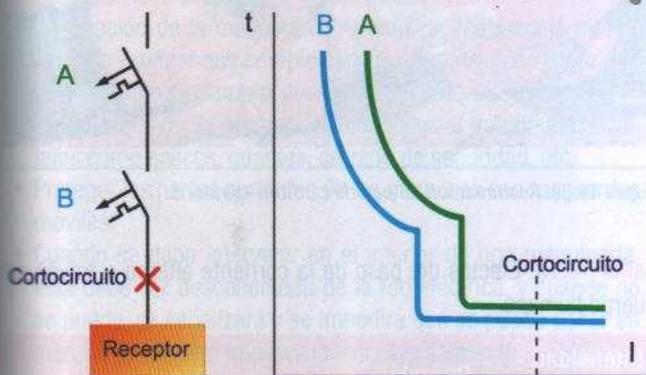


Figura 10.36. Selectividad.

Si el sistema procede de esta manera, se dice entonces que existe selectividad entre ellos.

Se puede observar, por las curvas de respuesta, que en caso de cortocircuito, la primera gráfica con la que se cruza es la curva B. Por tanto, el magnetotérmico que actúa será el B.

10.6.2. Filiación

En un sistema de protección eléctrica, los elementos encargados de esta protección deben tener suficiente poder de corte como para poder hacer frente al fallo.

La filiación consiste en emplear elementos con un poder de corte inferior al valor de cortocircuito, siempre que exista algún elemento con un poder superior dentro del sistema de protección. Por lo general, los dispositivos más próximos al elemento a proteger suelen ser de un tamaño reducido (y por lo general con un poder de corte también más

reducido), sin embargo, los de protección general suelen tener un poder de corte más elevado.

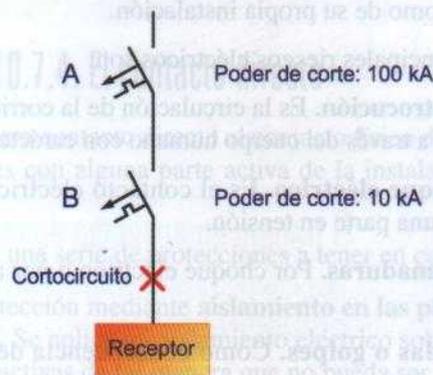


Figura 10.37. Filiación.

10.7. Seguridad eléctrica

Las instalaciones eléctricas suponen un riesgo para los técnicos y usuarios que las utilizan. Es por ello importante su conocimiento para prevenir accidentes laborales.

10.7.1. El riesgo eléctrico

Se considera riesgo laboral a la posibilidad de que un trabajador sufra una enfermedad, patología o malestar derivado de la realización del trabajo.

Un accidente de trabajo es toda lesión que el trabajador sufre con ocasión o como consecuencia de la realización del trabajo. Dentro del accidente de trabajo se consideran los sufridos no solo en el área de trabajo sino los que puedan ocurrir durante el traslado hacia o desde el lugar de trabajo.

Con objeto de combatir a los accidentes de trabajo, se redactó la Ley 31/95, de 8 de noviembre de 1995, sobre **prevención de riesgos laborales**, con tres líneas de actuación:

- **Detección**, de los riesgos de accidentes.
- **Evaluación**, se valoran los daños a los que está expuesto el trabajador.
- **Corrección**, de las situaciones anteriormente detectadas y evaluadas.

Los accidentes eléctricos son de una gravedad elevada, sobre todo en aquellos casos en los cuales la corriente eléctrica atraviesa órganos vitales tales como el corazón. Otro problema añadido es que la electricidad no es percibida por el ser humano por sí mismo, ya que no se puede ver, ni oler, ni oír.

Este riesgo eléctrico está presente, en especial, en las tareas relacionadas con montaje e instalación, mantenimiento, reparación y manipulación, tanto de maquinaria eléctrica como de su propia instalación.

Los principales riesgos eléctricos son:

- **Electrocución.** Es la circulación de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano con carácter dañino.
- **Choque eléctrico.** Es el contacto eléctrico directo con una parte en tensión.
- **Quemaduras.** Por choque eléctrico o por arco eléctrico.
- **Caídas o golpes.** Como consecuencia del choque eléctrico.
- **Incendios o explosiones.**

Casi todos los daños tienen que ver con el calor. En un contacto eléctrico del cuerpo humano con un circuito eléctrico, el cuerpo se comporta como un conductor y por efecto Joule se calienta. Este calor elevado causa graves daños en el recorrido que emplea la corriente eléctrica, y si atraviesa algunos órganos, estos sufrirán.

Un efecto de la corriente eléctrica alterna sobre el corazón es la llamada fibrilación ventricular.

El proceso de electrocución presenta quemaduras en los puntos de entrada y de salida de la corriente eléctrica. Además, durante su recorrido quemará todos los tejidos por los que circule, pudiendo causar graves daños a esos órganos o incluso la muerte.

10.7.2. Tipos de lesiones

Entre los tipos de lesiones por causa eléctrica se pueden considerar los siguientes:

- **Tetanización.** El proceso de tetanización consiste en la contracción de los músculos, impidiendo la relajación de estos de manera voluntaria. Por ejemplo, en el caso de la mano, la tetanización va a provocar que se cierre impidiendo su apertura. Por ello, es muy peligroso tocar los cables con los dedos o la palma de la mano, ya que ello provocaría que no se pudieran soltar los cables, alargando la electrocución.
- **Paro respiratorio.** Se produce cuando la corriente eléctrica daña el sistema nervioso respiratorio.
- **Asfixia.** Cuando la tetanización ocurre en los pulmones, estos se contraen impidiendo el proceso de entrada de aire.
- **Fibrilación ventricular.** Cuando la corriente eléctrica afecta al corazón, se produce una ruptura del rit-

mo cardíaco. Al no bombear el corazón sangre, su falta puede dañar de manera irreparable el cerebro.

- **Quemaduras.** El paso de corriente genera una gran cantidad de calor provocando la quemadura y destrucción del tejido y órganos afectados. Se pueden alcanzar temperaturas de incluso 4000 °C.

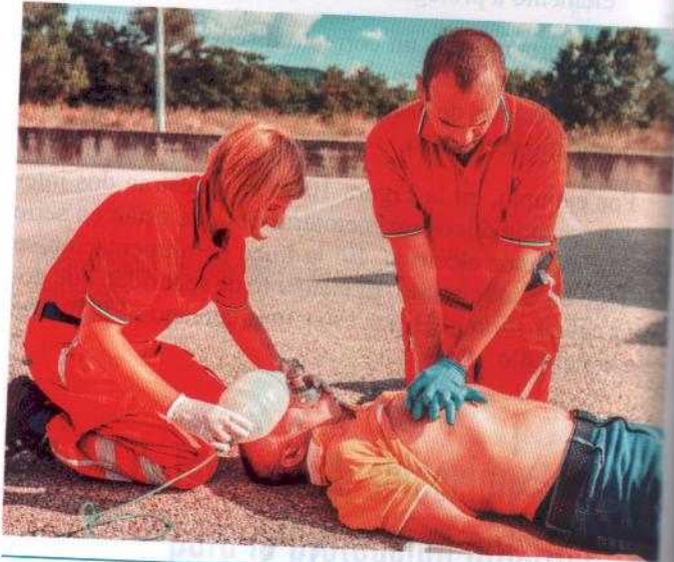


Figura 10.38. Reanimación en parada cardiorrespiratoria.

Tabla 10.13. Efectos del paso de la corriente alterna a través del cuerpo humano

Intensidad (mA)	Duración	Efectos
0-1	Independiente	Umbral de percepción.
1-15	Independiente	Desde cosquilleos hasta tetanización.
15-25	Minutos	Contracción de brazos. Dificultad respiratoria. Aumento de la presión arterial.
25-50	De segundos a minutos	Irregularidades cardíacas. Fuerte tetanización. Aumento de la presión arterial. Inconsciencia. Aparece fibrilación ventricular.
50-200	Menos de un ciclo cardíaco	No existe fibrilación ventricular. Fuerte contracción muscular.
	Más de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles.

Intensidad (mA)	Duración	Efectos
> 200	Menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles.
	Más de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco. Inconsciencia. Marcas visibles. Quemaduras.

10.7.3. Tipos de riesgos

Durante el trabajo pueden ocurrir dos tipos de riesgos:

- **Riesgos comunes.** Son aquellos que, si bien no son propios del trabajo con electricidad, sí son de tipo común (Tabla 10.14).

Tabla 10.14. Riesgos comunes

Golpes, cortes, atrapamientos, etc.

- Verificación de la maquinaria. Al emplear maquinaria nueva, se debe verificar que cumple con las normativas de seguridad en máquinas. Si cumple, llevará el marcado CE.
- Utilizar equipos de protección adecuados al trabajo a realizar, tales como cascos, guantes, calzado de seguridad, etc.
- Proteger las partes cortantes de las máquinas con resguardos móviles.
- Cuando se deba intervenir en el interior de una maquinaria, esta debe ser desconectada de la red eléctrica, y cuando no se pueda, se señalará y se impedirá que se pueda poner en marcha de manera imprevista y accidentalmente.

Caidas al mismo nivel

- Eliminar cualquier suciedad que pueda producir resbalones.
- Eliminar cualquier obstáculo con el cual se pueda tropezar.
- Reparar daños y deformación en el suelo. En el caso en el cual no se pueda llevar a cabo, se señalará.
- Emplear suelo y escalones antideslizantes.
- Mantener las zonas de paso libres de obstáculos y con una iluminación adecuada.
- Utilizar calzado adecuado.

Caidas a distinto nivel

- Asegurar las barandillas, verificando su solidez.
- Las escaleras de mano dispondrán de tacos antideslizamiento y sujeción en la parte superior.
- Las escaleras de mano no deben presentar signos de daños.
- Las escaleras de mano serán de la longitud adecuada.
- En las escaleras de mano, se sube de frente y con las dos manos.
- Las escaleras de tijera se deben abrir completamente.
- No se utilizarán andamios que no tengan barandillas.
- Si los equipos de protección colectiva no son suficientes, se emplearán otros medios para evitar las caídas, como por ejemplo arnés de seguridad.

- **Riesgos específicos.** Existen dos tipos de riesgos específicos en el trabajo con electricidad: los contactos directos y los contactos indirectos.

10.7.4. El contacto directo

Se considera contacto directo al contacto físico de personas o animales con alguna parte activa de la instalación o los equipos.

Existe una serie de protecciones a tener en cuenta:

- Protección mediante **aislamiento en las partes activas**. Se aplica un aislamiento eléctrico sobre las partes activas de tal manera que no pueda ser separado.
- Protección mediante la **interposición de barreras y envoltentes**, de tal manera que asegure un grado de protección adecuado, suficiente y duradero conforme a las condiciones de servicio.
- Protección mediante la **interposición de obstáculos**. El objeto de estos obstáculos es impedir un acercamiento a la zona de riesgo.
- Protección por **alejamiento**. Consiste en separar las partes activas alejándolas lo más posible y así evitar contactos accidentales.
- Protección complementaria mediante **dispositivos de corriente diferencial**. Es una medida que se debe adoptar complementándola con otros métodos de protección.

10.7.5. El contacto indirecto

Se considera contacto indirecto al contacto de personas o animales con alguna parte que se ha puesto en tensión debido a un fallo en los aislamientos de la instalación o los equipos.

Existe una serie de protecciones a tener en cuenta:

- Protección por **corte automático**. Cuando ocurre un fallo en el aislamiento se provoca el corte de la instalación dejándola fuera de servicio.
- Protección mediante equipos de **protección doble**. Son equipos resistentes a estos fallos debido al empleo de aislamientos dobles o reforzados.
- Protección mediante **redes equipotenciales**. Consiste en unir eléctricamente todas las masas metálicas de la instalación entre sí.
- Protección mediante **separación eléctrica**. Se emplea un transformador de aislamiento.

10.8. El trabajo en la zona de riesgo eléctrico

El trabajo del técnico electricista se realiza sobre dos áreas: zona con elementos bajo tensión eléctrica y zona en ausencia de tensión eléctrica.

10.8.1. El trabajo en ausencia de tensión

Siempre que se pueda, se debe realizar los trabajos en ausencia de tensión eléctrica. Para ello el técnico previamente debe:

- Informar al responsable de la instalación.
- Reconocer y delimitar la zona de trabajo.
- Contar con un equipo de primeros auxilios.

A continuación se procede a dejar sin tensión la zona de trabajo siguiendo las siguientes reglas, llamadas las **cinco reglas de oro en seguridad eléctrica**:

1. **Desconectar** la zona de trabajo de la red eléctrica. Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión.
2. **Prevenir** e impedir la reconexión. Para ello se utilizarán tanto la señalización como los elementos de bloqueo, tales como candados, pasadores, etcétera.
3. **Verificar** la ausencia de tensión eléctrica. Para ello se emplearán los elementos de medición y de verificación.
4. **Cortocircuitar** todos los conductores y conectarlos a tierra.
5. **Delimitar** e impedir el paso a la zona de trabajo por parte de personal no autorizado. Se puede emplear vallas u otros elementos destinados a este fin.

Una vez se han realizado todos los pasos descritos se puede empezar con el trabajo.

Sabías que...

Aunque las cinco reglas de oro son obligatorias para trabajos en media y alta tensión, para baja tensión son obligatorias las tres primeras y las restantes son recomendables.

10.8.2. El trabajo en tensión

Cuando por el motivo que sea no pueda ponerse la zona de trabajo en ausencia de tensión, se debe aplicar una serie de recomendaciones:

- El trabajo se llevará a cabo por personal cualificado.
- Si el trabajo se realiza en una zona de difícil comunicación, este se llevará a cabo por al menos dos trabajadores con la suficiente cualificación y conocimiento de la tarea a realizar.
- Se emplearán accesorios aislantes para recubrir las partes activas.
- Se empleará material en buenas condiciones y no deteriorado, acorde con las tensiones de trabajo.
- Se emplearán pértigas para la detección de las zonas en tensión.
- Se emplearán materiales aislantes, tales como alfombras, banquetas o plataformas de trabajo aisladas.
- Se emplearán los EPI adecuados al tipo de trabajo a realizar y con protección frente a riesgos eléctricos, tales como guantes, cascos, etcétera.

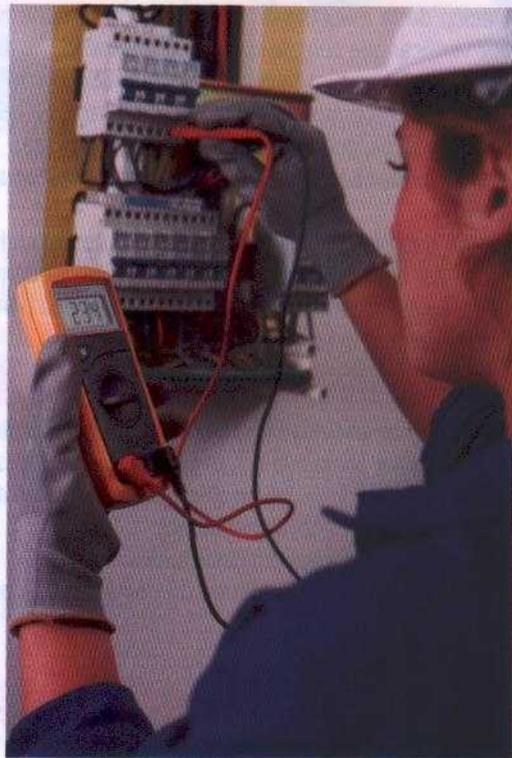


Figura 10.39. Protección en la toma de medidas.

10.9. Actuación en caso de accidente

En el caso de que ocurra un accidente, se debe actuar conociendo una serie de datos, para ello se debe disponer toda la información en un lugar visible (teléfonos de emergencias, ambulancias, bomberos, etc.).

El sistema de emergencia debe comprender tres áreas:

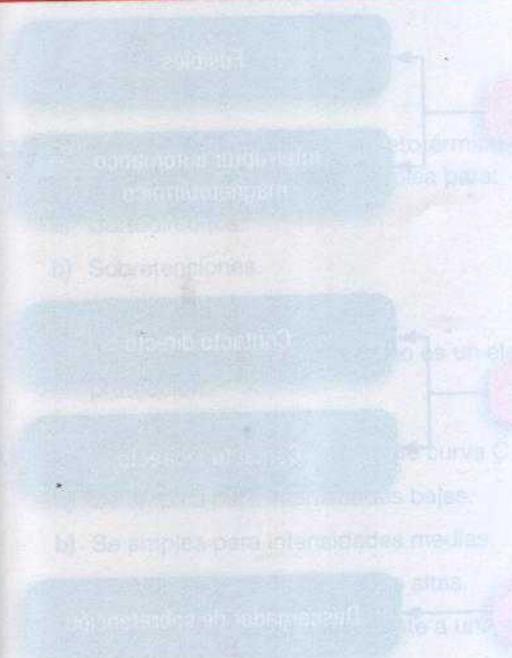
- **Proteger**, tanto al accidentado como al personal de socorro.
- **Avisar**. Alertar a los servicios de emergencias (policía, ambulancias, hospitales, protección civil, etc.).
- **Socorrer**. Una vez se ha protegido y se ha avisado ya se puede socorrer al accidentado. Para ello es necesario que la persona que preste socorro tenga conocimientos sobre primeros auxilios.

► Recuerda:

Puedes recordar los pasos a seguir ante un accidente mediante la palabra PAS: Proteger, Avisar y Socorrer.

Es importante, a la hora de avisar, mantener la calma y facilitar una serie de datos, tales como:

- El lugar donde ha ocurrido el accidente.
- El tipo de accidente: electrocución, caída, quemadura, fractura, etcétera.
- El número de víctimas involucradas.
- El estado de cada víctima: inconsciente, sangrando, sin respiración, etcétera.
- No colgar hasta que el servicio de emergencia lo autorice, puesto que se puede necesitar otra serie de datos complementarios.
- Disponer de una persona que espere y acompañe a los servicios de emergencia hasta el lugar del accidente.



- 10.5. La sensibilidad de un interruptor diferencial:
- Es el valor de la corriente a partir de la cual se produce el disparo por una sobrentensidad.
 - Es el valor de la corriente a partir de la cual se produce el disparo por una corriente de fuga.
 - Es el valor de la corriente mínima a partir de la cual el aparato es capaz de responder.
 - Es el valor de la tensión máxima que soporta.

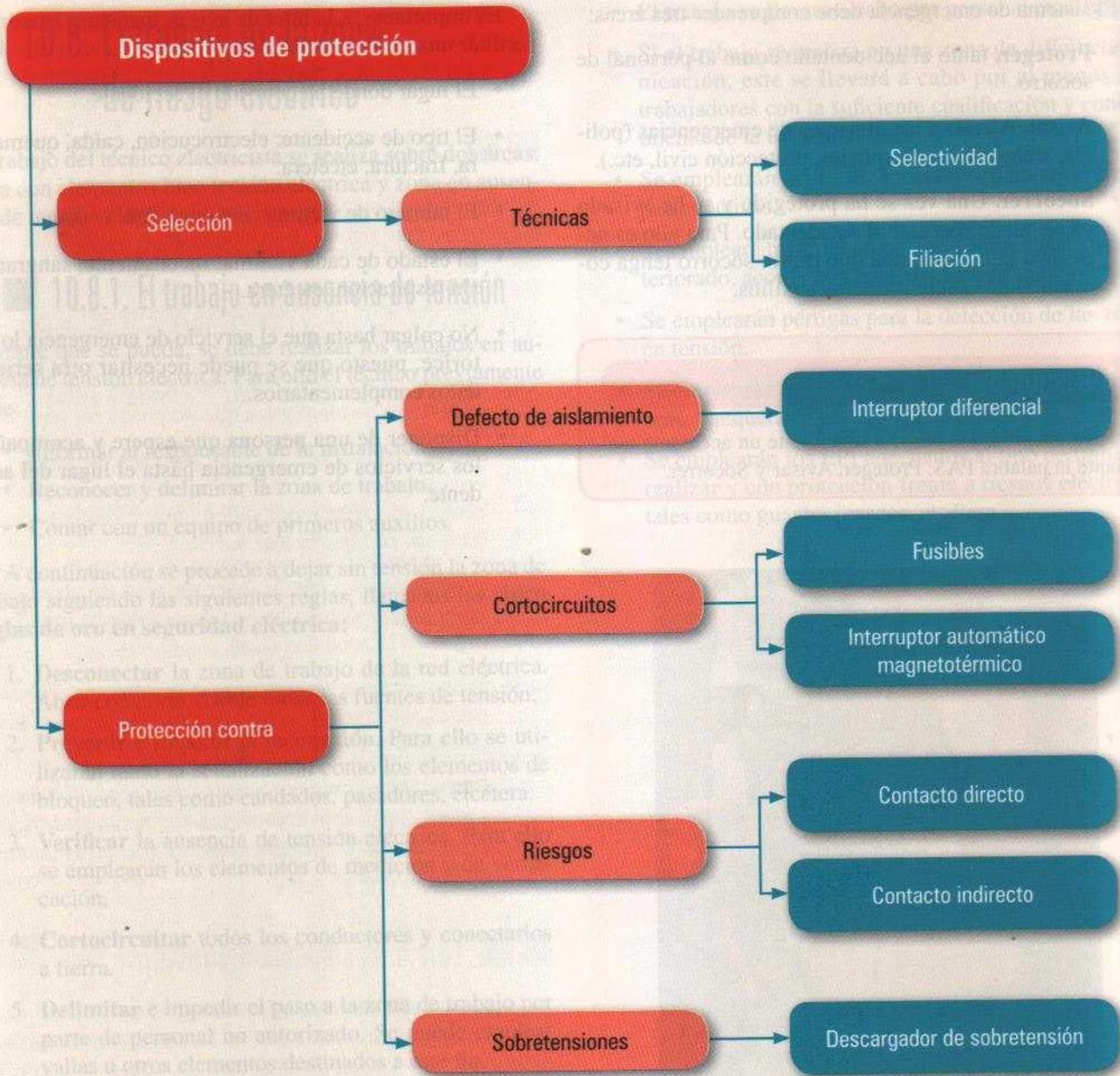


Figura 10.9. Protección en la zona de medidas

Saber que...

Aunque las cinco reglas de oro son obligatorias para trabajos en media y alta tensión, para baja tensión son obligatorias las tres primeras y las restantes son recomendables.

10.8.2. El trabajo en tensión

Cuando por el motivo que sea no pueda ponerse la zona de trabajo en ausencia de tensión, se debe aplicar una serie de recomendaciones:

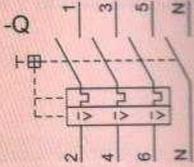
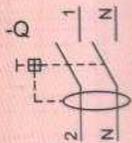
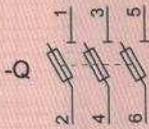
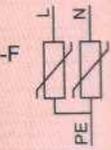
10.9. Actuación en caso de accidente

En el momento que ocurre un accidente, se debe actuar como si se tratara de un caso de emergencia, para ello se debe disponer toda la información necesaria y visible (relaciones de emergencia, etc.).

Actividades de comprobación

- 10.1. El fusible es un elemento de protección que se emplea para:
- Cortocircuitos.
 - Sobrecargas.
 - Cortocircuitos y sobrecargas.
 - Variaciones de tensión.
- 10.2. ¿Qué parámetro hace referencia a la intensidad máxima de cortocircuito a la que puede hacer frente un fusible?
- Intensidad nominal.
 - Intensidad convencional de fusión.
 - Poder de corte.
 - Tensión de cortocircuito.
- 10.3. El interruptor automático magnetotérmico es un elemento de protección que se emplea para:
- Cortocircuitos.
 - Sobretensiones.
 - Variaciones de tensión.
 - Es un interruptor, por tanto no es un elemento de protección.
- 10.4. Un interruptor magnetotérmico de curva C:
- Se emplea para intensidades bajas.
 - Se emplea para intensidades medias.
 - Se emplea para intensidades altas.
 - Todos disparan por igual frente a una sobreintensidad.
- 10.5. La sensibilidad de un interruptor diferencial:
- Es el valor de la corriente a partir de la cual se produce el disparo por una sobreintensidad.
 - Es el valor de la corriente a partir de la cual se produce el disparo por una corriente de fuga.
 - Es el valor de la corriente mínima a partir de la cual el aparato es capaz de responder.
 - Es el valor de la tensión máxima de corte.
- 10.6. ¿Cómo se debe actuar después de una sobreintensión?
- Rearmar el descargador de sobretensiones. Como ha disparado se debe volver a poner en la posición de activado.
 - Verificar el estado del cartucho descargador.
 - Sustituir el cartucho limitador.
 - Pulsar el botón de *reset* para que vuelva a estar listo.
- 10.7. Para proteger a un equipo electrónico frente a descargas eléctricas, se debe emplear un limitador de sobretensiones de:
- Tipo 1.
 - Tipo 2.
 - Tipo 3.
 - Tipo 4.
- 10.8. Indica el nombre de la siguiente simbología eléctrica:

Tabla 10.15. Representación gráfica de simbología

10.9. A la capacidad de un conjunto de elementos de protección de actuar lo más cercano posible al punto de fallo se le llama:

- a) Selectividad.
- b) Filiación.
- c) Sobreprotección.
- d) Rango de actuación

10.10. Una de las ventajas de emplear la filiación es:

- a) Poder emplear la protección frente a cortocircuito y las sobretensiones en un mismo dispositivo.
- b) Aumentar el tiempo de respuesta ante un cortocircuito.
- c) Poder emplear dispositivos de protección de reducido tamaño en los cuadros.
- d) Emplear dispositivos de protección de diferentes curvas de respuesta en un mismo cuadro eléctrico.

Actividades de aplicación

10.11. Dada la curva de respuesta de fusibles de tipo aM, determina:

- a) Para un fusible de 63 A. Si ocurre una sobreintensidad de 2000 A, ¿cuánto tiempo necesita para actuar?
- b) Si para este mismo fusible ocurre una sobreintensidad de 300 A, ¿cuánto tiempo necesita para actuar?
- c) Para un fusible de calibre 100 A, ¿qué intensidad hace dispararlo al cabo de 1 segundo?

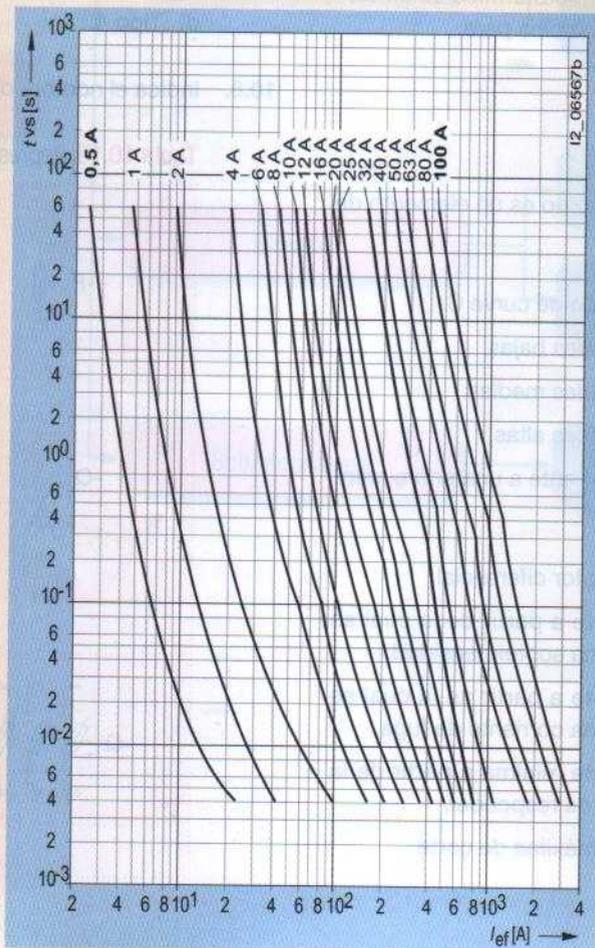


Figura 10.40. Curva de fusible cilíndrico tipo aM de Siemens 3NW8.

- 10.12. Define el concepto de poder de corte.
- 10.13. ¿Para qué sirven las curvas de disparo de los interruptores automáticos magnetotérmicos? Pon dos ejemplos empleando dos curvas diferentes.
- 10.14. Explica las diferentes clases de interruptores diferenciales.
- 10.15. Explica el concepto de sensibilidad. Pon un ejemplo. ¿De qué valor máximo es el que se emplea obligatoriamente en los cuadros generales de protección de las viviendas?
- 10.16. ¿Qué diferencia hay entre un descargador de sobretensión de tipo 1 y otro de tipo 3? ¿Dónde los emplearías?
- 10.17. Define el concepto de selectividad y filiación.
- 10.18. Define los conceptos de contacto directo e indirecto.
- 10.19. Explica las cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica.
- 10.20. Realiza el esquema de un cuadro eléctrico con entrada de red trifásica con neutro y línea de tierra. La entrada de la red contará con interruptor general y con magnetotérmico, ambos tripolares. El cuadro tendrá salidas para cuatro líneas. La línea 1 será trifásica y tendrá un magnetotérmico tripolar. Las líneas 2, 3 y 4 serán monofásicas con protección mediante magnetotérmicos bipolares. Estas tres líneas partirán de una protección mediante magnetotérmico e interruptor diferencial, ambos tetrapolares. El cuadro dispondrá de protección contra sobretensiones.

Actividades de ampliación

- 10.21. Busca en catálogos o en la web de fabricantes diferentes tipos de dispositivos de protección (interruptores automáticos magnetotérmicos, diferenciales, descargadores de sobretensiones) y observa sus parámetros y principales características.
- 10.22. Compara estas curvas correspondientes a interruptores automáticos magnetotérmicos.

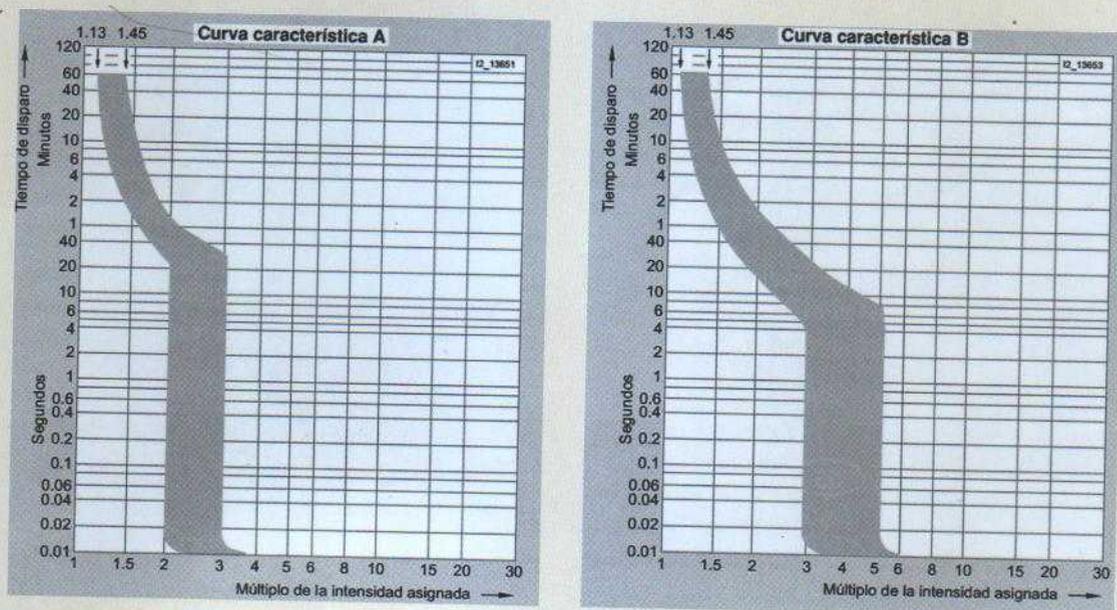


Figura 10.41. Curvas de interruptores automáticos magnetotérmicos. (Cortesía de Siemens.)