



# 2 Componentes de las instalaciones eléctricas industriales

## Contenidos

- 2.1. Dispositivos de conexión y seccionamiento
- 2.2. Dispositivos de protección
- 2.3. Dispositivos y equipos de medida
- 2.4. Receptores y actuadores

## Objetivos

- Analizar la aparamenta asociada a los circuitos eléctricos industriales.
- Definir los defectos y anomalías que pueden producirse en un circuito eléctrico.
- Estudiar las medidas y dispositivos de protección de las instalaciones eléctricas.
- Conocer las medidas y dispositivos de protección de personas y animales.
- Identificar los equipos de medida, receptores y actuadores asociados a las instalaciones eléctricas industriales.

Las instalaciones eléctricas industriales están compuestas por numerosos circuitos con gran diversidad de componentes cuyo objetivo es el de suministrar energía a los receptores y controlar su funcionamiento, mediante el uso de diversos mecanismos, dispositivos y componentes que cumplen numerosas funciones.

En esta unidad se analizan en profundidad los dispositivos y elementos más importantes que componen los circuitos de fuerza y maniobra de las instalaciones de automatismos industriales.

## 2.1. Dispositivos de conexión y seccionamiento

La apartamentada considerada como de **conexión** engloba a todos aquellos dispositivos capaces de abrir o cerrar un circuito eléctrico sin carga o con **carga nominal**, es decir, en condiciones normales de funcionamiento.

Por otro lado, la apartamentada considerada como de **seccionamiento** hace referencia a los dispositivos que solo son capaces de abrir o cerrar circuitos eléctricos que se encuentran **sin carga** (la intensidad que circula por los conductores es nula).

A pesar de la diferencia teórica entre las funciones de conexión y seccionamiento, se hace necesario agrupar estos dos conceptos, dado que gran cantidad de dispositivos utilizados en instalaciones de automatismos industriales poseen la capacidad tanto de **cortar** como de **seccionar** circuitos en carga.

Los dispositivos empleados con mayor frecuencia en las instalaciones de automatismos industriales para llevar a cabo las funciones de conexión y seccionamiento son los especificados en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Apartamentada de conexión y seccionamiento

Dispositivo	Función que cumple	
	Conexión	Seccionamiento
Base de toma de corriente	Solo si $I_N < 16$ A	✓
Seccionador		✓
Interruptor	✓	
Interruptor seccionador	✓	✓
Pulsador	✓	
Contactador	✓	

Para poder llevar a cabo el estudio de los diferentes componentes que cumplen las funciones de conexión y seccionamiento, es imprescindible conocer unos conceptos previos asociados a los mismos, definidos a continuación:

- **Tensión nominal:** expresada en voltios (V), es la tensión en condiciones normales de funcionamiento de un circuito eléctrico.
- **Intensidad nominal:** expresada en amperios (A), es la intensidad de corriente que circula por un circuito eléctrico en condiciones normales de funcionamiento.

- **Arco eléctrico:** descarga eléctrica que se forma entre dos puntos conductores aislados cuando son sometidos a una diferencia de potencial muy elevada.
- **Poder de aislamiento:** expresado en kilovoltios (kV), es la máxima diferencia de potencial que es capaz de aislar un dispositivo cuando está desconectado sin que se forme un arco eléctrico entre sus bornes.
- **Intensidad de corta duración:** expresada en kiloamperios por segundo (kA/s), es la máxima intensidad de corriente que un dispositivo de conexión es capaz de soportar entre sus bornes en el momento de interrumpir un circuito eléctrico en carga.
- **Endurancia:** equivalente al término resistencia, es un valor numérico asociado a la apartamentada que expresa la expectativa del número de ciclos de maniobras que puede llevar a cabo el equipo antes de necesitar una sustitución o reparación de una o varias partes.

La endurancia puede ser mecánica (número de ciclos de maniobra sin carga) o eléctrica, que especifica la resistencia al desgaste eléctrico (número de ciclos de maniobra con carga).

### 2.1.1. Base de toma de corriente

La base de toma de corriente es un dispositivo de conexión que se encarga de suministrar energía eléctrica a los receptores de un circuito. A una toma de corriente se puede conectar cualquier receptor eléctrico, aportándole el voltaje e intensidad necesarios para su funcionamiento.

Hasta los terminales de una base de corriente llegan los conductores que parten desde el cuadro eléctrico (conductores activos y conductor de protección), proporcionando de este modo la tensión de la red eléctrica: 230 V<sub>CA</sub> para las tomas monofásicas o 400 V<sub>CA</sub> para las tomas trifásicas.



Figura 2.1. Partes de una toma de corriente.

Existen varios formatos de tomas de corriente, dependiendo de su uso y características. Los más utilizados en la actualidad son los mostrados en la Tabla 2.2.



Tabla 2.2. Tipología y características de las bases de toma de corriente

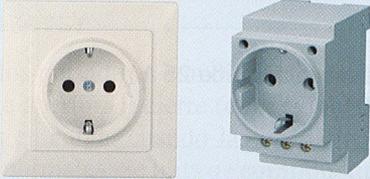
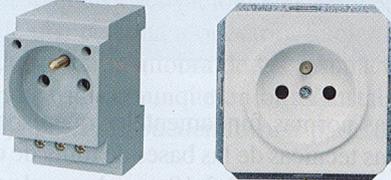
Tipo	Nombre y características	Imagen
Monofásicas  Domésticas	<p><b>C1a</b>                      Base monofásica sin toma de tierra                      Intensidad admisible: 10 o 16 A                      Está <b>prohibido</b> su uso (salvo para sustituciones)</p>	
	<p><b>C2a</b>                      Base monofásica de uso general, con contacto de tierra lateral                      Intensidad admisible: 16 A                      También conocida como base alemana o base <i>schuko</i></p>	
	<p><b>C3a</b>                      Base monofásica con contacto de tierra central                      Intensidad admisible: 16 A                      También conocida como base francesa</p>	
	<p><b>ESB 25a (ESB 25-5)</b>                      Base monofásica con contacto de tierra interno                      Intensidad admisible: 25 A</p>	
Monofásicas  Industriales	<p><b>Base monofásica de uso industrial 2P+T (16 A)</b>                      Conexión para fase, neutro y conductor de protección                      Intensidad admisible: 16 A</p>	
	<p><b>Base monofásica de uso industrial 2P+T (32 A)</b>                      Conexión para fase, neutro y conductor de protección                      Intensidad admisible: 32 A</p>	
Trifásicas	<p><b>Base trifásica 3P+N+T</b>                      Base trifásica de uso industrial                      Conexión para tres fases, neutro y conductor de protección (3F+N+PE)                      Intensidad admisible: 16 A, 32 A, 63 A o 125 A</p>	
	<p><b>Base trifásica 3P+T</b>                      Base trifásica de uso industrial                      Conexión para tres fases y conductor de protección (3F+PE)                      Intensidad admisible: 16 A, 32 A, 63 A o 125 A</p>	

Tabla 2.3. Simbología asociada a las bases de toma de corriente

Dispositivo	Símbolo
Base monofásica sin toma de tierra	-X 
Base monofásica con toma de tierra	-X 
Base monofásica de 25 A o superior	-X 
Base trifásica	-X 

Las normas fundamentales que especifican las características técnicas de las bases de toma de corriente son dos: la norma UNE 20315-2-10 para bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos, y la norma UNE-EN 60309 sobre tomas de corriente para usos industriales.

Esta última norma, sobre bases de corriente de uso industrial, establece un código de colores para las mismas que permite diferenciarlas en función de su tensión y frecuencia de funcionamiento, así como un índice horario basado en la posición de la toma de tierra, que en este tipo de bases se corresponde con el hueco más grande.

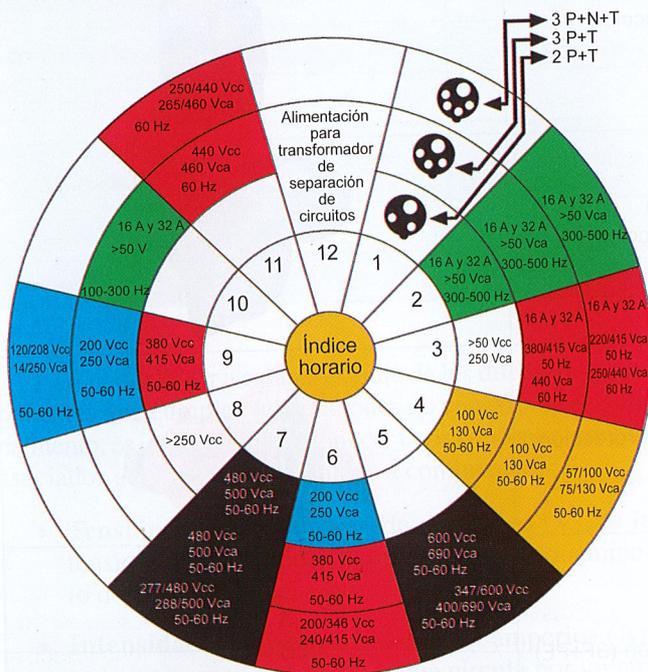


Figura 2.2. Código de colores y posición de la toma de tierra para bases de corriente industriales.



## NORMATIVA

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión establece que solo podrán usarse para la función de **conexión y desconexión** de circuitos en carga las clavijas de las tomas de corriente de intensidad nominal **no superior a 16 A**. Para intensidades de funcionamiento superiores, las clavijas solo podrán cumplir la función de seccionamiento, es decir, únicamente podrán unirse a la base de toma de corriente cuando el circuito se encuentre sin carga.

Para aumentar la seguridad de las bases de toma de corriente resulta obligatorio que las mismas posean tapas o elementos obturadores internos. Asimismo, las tomas industriales están provistas de una guía y las clavijas de un pitón (acoplables entre sí) que eliminan posibles errores en la conexión, y siempre disponen de una tapa de protección de los alvéolos que incluso si se rompiera esta, el grado de protección impide que los dedos puedan llegar a tocar elementos bajo tensión.

También es posible encontrar tomas de corriente con pilotos luminosos indicadores que marcan la presencia de tensión, tal como se muestra en la Figura 2.3.



Figura 2.3. Toma de corriente con indicador de tensión. (Cortesía de Siemens).

## Actividad propuesta 2.1

Las bases de tomas de corriente de una instalación eléctrica deben conectarse **siempre en paralelo**. De este modo todos los receptores del sistema tendrán la misma tensión y funcionarán correctamente.

¿Qué crees que ocurriría si en una instalación industrial las bases de toma de corriente estuvieran conectadas en serie?



### 2.1.2. Seccionador

El seccionador, como su propio nombre indica, es un dispositivo eléctrico cuya función es la de seccionar circuitos eléctricos, es decir, abrirlos o cerrarlos **sin carga**.

Las funciones que cumplen los seccionadores en los circuitos eléctricos son fundamentalmente dos:

- Aumentar el nivel de aislamiento del circuito, llegando a aumentar el poder de corte a kiloamperios.
- Garantizar visiblemente una distancia satisfactoria de aislamiento eléctrico.

Los seccionadores son muy utilizados en instalaciones eléctricas de media y alta tensión, ya que aseguran una gran distancia de aislamiento, lo que resulta muy útil para separar uno o varios elementos de la red eléctrica con la finalidad de ponerlos fuera de servicio, o para llevar a cabo trabajos de mantenimiento con total seguridad.

En circuitos eléctricos de baja tensión, sin embargo, su uso es mucho menos frecuente. En este tipo de instalaciones, este dispositivo puede estar integrado en otro tipo de aparataje, generalmente fusibles e interruptores de corte en carga.

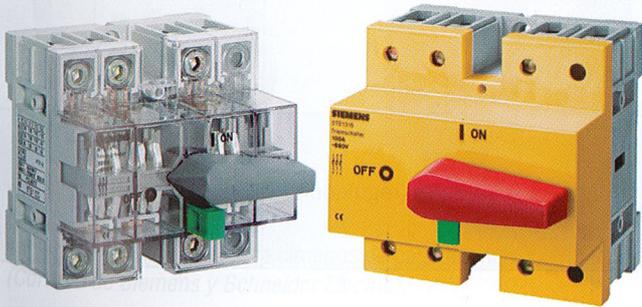


Figura 2.4. Interruptor-seccionador, utilizado en instalaciones de BT. (Cortesía de Siemens).

Tabla 2.4. Simbología asociada a los seccionadores

Dispositivo	Símbolo
Seccionador	
Interruptor-seccionador	
Fusible-seccionador	

Los valores característicos asociados a los seccionadores de baja tensión son los siguientes:

- Tensión nominal (V).
- Intensidad nominal (A).
- Poder de aislamiento (kV).
- Intensidad de corta duración (kA/s).

### 2.1.3. Interruptores, pulsadores y reguladores

Los interruptores y los pulsadores son dispositivos eléctricos utilizados para la apertura y cierre (conexión y desconexión) de circuitos en carga, cuando las condiciones de funcionamiento son normales. Se trata de **componentes de mando manual**, por lo que su activación depende siempre de la intervención de una persona u operario. Suelen estar asociados a los circuitos de maniobra de las instalaciones de automatismos industriales, aunque en otras instalaciones eléctricas de baja potencia pueden formar parte de los circuitos de fuerza.

Las principales diferencias entre los interruptores, los pulsadores y los reguladores dependen básicamente de su función y principio de funcionamiento:

- **Interruptor:** es un elemento de maniobra utilizado para abrir o cerrar un circuito eléctrico de forma **permanente**, permitiendo el paso de la corriente (conexión) o interrumpiéndolo (desconexión). Dependiendo de su uso y aplicación existen interruptores simples, conmutados, selectores dobles, selectores triples, rotativos, de palanca, de pedal, de tirador, etcétera.

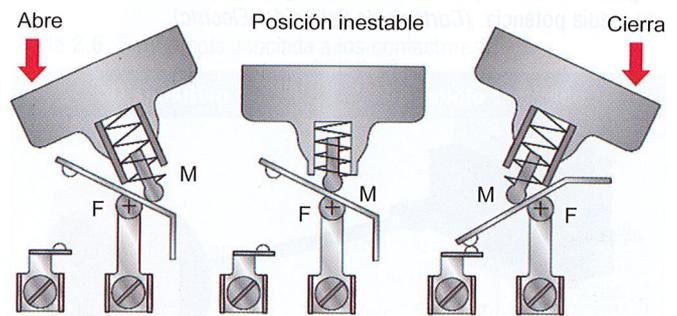
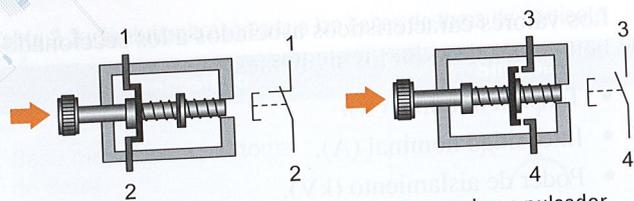


Figura 2.5. Principio de funcionamiento de un interruptor.

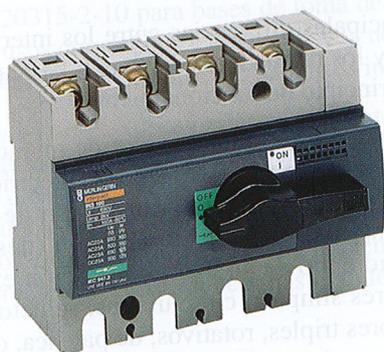
- **Regulador:** el regulador, o *dimmer*, es un dispositivo que permite variar la intensidad de corriente que circula por los conductores de un circuito eléctrico. Su funcionamiento suele basarse en una resistencia de tipo variable, denominada **potenciómetro**.
- **Pulsador:** es un tipo de interruptor **momentáneo** que permite o interrumpe el paso de la corriente eléctrica únicamente **mientras se encuentra accionado**. Cuando el operario o usuario deja de actuar sobre él, vuelve a su posición original (**posición de reposo**).



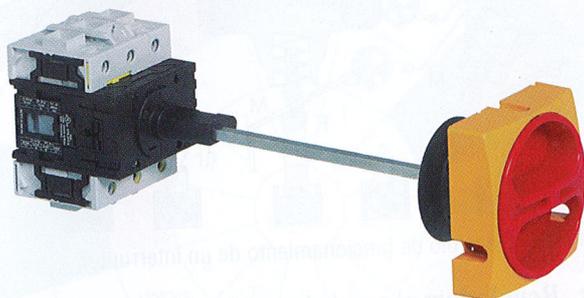
**Figura 2.6.** Esquema de funcionamiento interno de un pulsador normalmente abierto (derecha) y normalmente cerrado (izquierda).

Tanto los interruptores como los reguladores y los pulsadores, pueden estar diseñados para su uso en circuitos de fuerza o en circuitos de control y maniobra.

En los **circuitos de fuerza** de las instalaciones eléctricas industriales, es frecuente encontrar interruptores de corte en carga o interruptores-seccionadores en la cabecera de los cuadros secundarios, permitiendo la desconexión del mismo en condiciones normales. También es frecuente el uso de conmutadores y reguladores de potencia, aunque estos dispositivos son más propios de los circuitos de mando.



**Figura 2.7.** Interruptor de corte en carga para circuitos de fuerza de media potencia. (Cortesía de Schneider Electric).



**Figura 2.8.** Conmutador rotativo.

Por otro lado, de entre todos los dispositivos manuales para **circuitos de maniobra** presentes en el mercado, los de mayor uso en instalaciones de automatismos industriales son los siguientes:

- Pulsador de paro.
- Pulsador de marcha.

- Pulsador de paro de emergencia.
- Interruptor de dos posiciones (basculante, de palanca o rotativo).
- Interruptor de tres posiciones.
- Interruptor de llave.
- Potenciómetro manual.
- Interruptor/pulsador de palanca (*joystick*).
- Pulsador de pedal.

**Tabla 2.5.** Simbología asociada a los interruptores, pulsadores y reguladores

Dispositivo	Símbolo genérico
Interruptor	-S
Conmutador	IO-II -S
Pulsador	-S E
Resistencia variable (regulador)	-R

### SABÍAS QUE...

Las características específicas de los dispositivos de maniobra citados, así como la simbología asociada a los mismos, se estudiarán en detalle en la Unidad 7 del libro, correspondiente a la lógica cableada.

Los valores característicos asociados a los interruptores, reguladores y pulsadores de baja tensión, tanto para circuitos de potencia como para circuitos de control, son los siguientes:

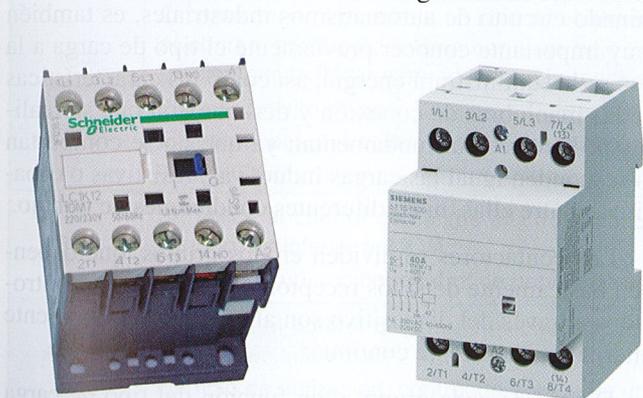
- Tensión nominal (V).
- Intensidad nominal o poder de cierre (A).
- Endurancia mecánica.
- Endurancia eléctrica.



### 2.1.4. Contactores

El contactor es un dispositivo de conexión y desconexión de circuitos de fuerza, utilizado en prácticamente la totalidad de las instalaciones de automatismos industriales para controlar la apertura o cierre de la alimentación eléctrica hacia los receptores terminales de los circuitos.

Se trata de un **componente de mando automático**, dado que ningún operario de las instalaciones interactúa u opera directamente sobre este dispositivo. La apertura y cierre que ofrece el contactor se realiza a través de una bobina (**electroimán**), situada en el circuito de maniobra asociado al automatismo que se desea controlar. Cuando el electroimán recibe alimentación eléctrica, los contactos del contactor que permanecían abiertos en estado de reposo (los del circuito de fuerza y los auxiliares correspondientes) se cierran, permitiendo el paso de la corriente. Por otro lado, los contactos del contactor que permanecían cerrados (de tipo auxiliar fundamentalmente) se abrirán. Esta situación se mantendrá así mientras la bobina del contactor siga estando conectada.



**Figura 2.9.** Contactores para circuitos de baja potencia. (Cortesía de Siemens y Schneider Electric).

Los contactores cuyo electroimán se alimenta en corriente alterna monofásica deben disponer en su interior de un componente denominado **espira de sombra** o anillo de desfase que, colocado en el núcleo de la bobina, previene ruidos y vibraciones en los momentos en los que la onda de tensión pasa por cero, provocando un desfase auxiliar que mantiene la armadura atraída en todo momento por el núcleo.

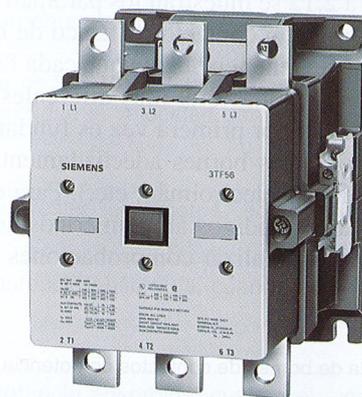
Los contactores, por tanto, son el nexo de unión fundamental entre los circuitos de potencia y los circuitos de maniobra asociados a las instalaciones de automatismos.

#### SABÍAS QUE...

Los contactores son aparatos capaces de efectuar elevados ciclos de maniobra eléctrica de cierre y apertura, que van desde 3 hasta 1200 ciclos por hora.

Los valores característicos asociados a los contactores de baja tensión son los siguientes:

- Tensión nominal (V).
- Intensidad nominal (A).
- Tensión de aislamiento (kV).
- Tensión y corriente de alimentación del electroimán.
- Número de polos de potencia.
- Número de salidas y contactos auxiliares.
- Categoría de empleo.
- Intensidad de corta duración (kA/s).
- Endurancia mecánica.
- Endurancia eléctrica.



**Figura 2.10.** Contactor para circuitos de alta potencia. (Cortesía de Siemens).

**Tabla 2.6.** Simbología asociada a los contactores

Dispositivo	Símbolo genérico
Contactos de potencia	
Contactos de maniobra	
Electroimán	

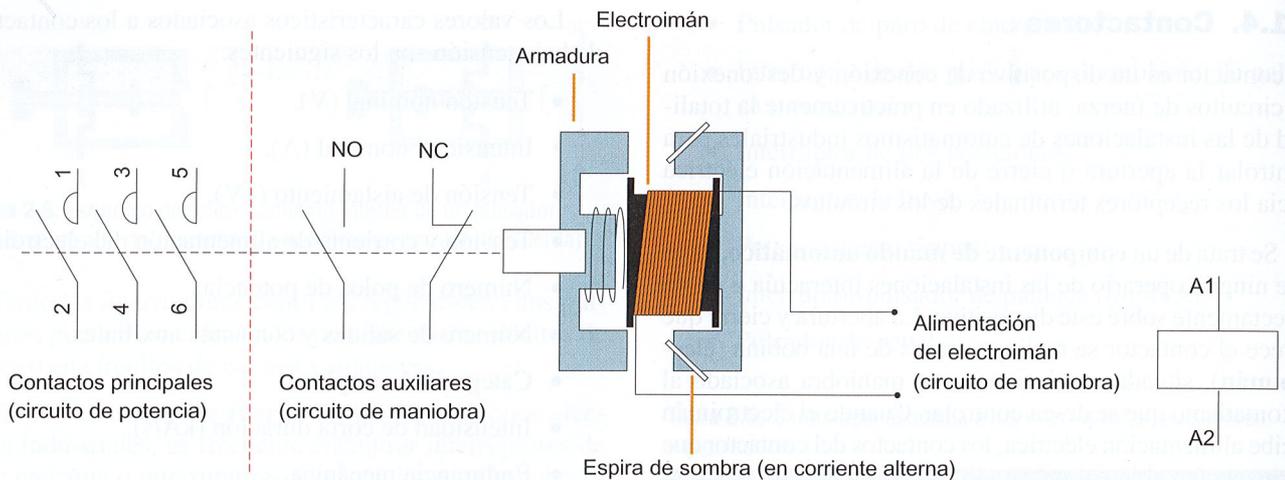


Figura 2.11. Representación interna y principio de funcionamiento de un contactor.

En la Figura 2.12 se muestran los parámetros y los bornes de conexión de un contactor trifásico de baja tensión. Es muy importante tener en cuenta que cada fabricante comercializa tipos de contactores muy diferentes entre sí, por lo que al utilizarlos por primera vez es fundamental identificar cada uno de los bornes adecuadamente (contactos de fuerza, maniobra, electroimán, etc.). Para esto hay que saber identificar los códigos alfanuméricos normalizados, y en caso necesario realizar comprobaciones con un polímetro.

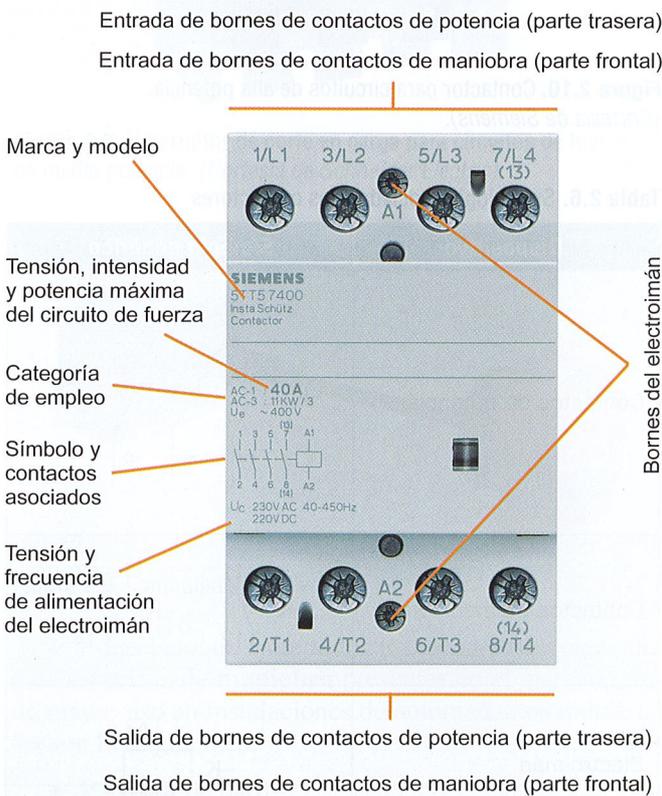


Figura 2.12. Parámetros característicos de un contactor.

### Categoría de empleo de los contactores

Antes de seleccionar un contactor adecuado para un determinado circuito de automatismos industriales, es también muy importante conocer previamente el tipo de carga a la que se le suministrará energía, así como las características de las maniobras de conexión y desconexión que se realizarán. Esto resulta fundamental, ya que no se comportan ni responden igual las cargas inductivas, resistivas o capacitivas entre ellas, ni en diferentes condiciones de trabajo.

Los contactores se dividen en dos grupos, que dependen básicamente de si los receptores que van a ser controlados a través del dispositivo son alimentados en corriente alterna o en corriente continua.

Dentro de cada grupo, y en función del tipo de carga recomendada, existe una clasificación más específica que subdivide los contactores en **categorías de empleo**.

Las categorías de empleo normalizadas fijan los valores de corriente que el contactor debe establecer o cortar. Dependen tanto de la naturaleza del receptor controlado (motor, resistencias, etc.) como de las condiciones en las que se realicen los cierres y las aperturas.

### SABÍAS QUE...

Dado que el contactor es el componente fundamental de los circuitos de automatismos industriales, y por su especial importancia, las aplicaciones de los contactores en las instalaciones automáticas basadas en lógica cableada serán desarrolladas en detalle en la Unidad 7 de este libro.

En las Tablas 2.7 y 2.8 se especifican las diferentes categorías de los contactores en corriente alterna y continua en función de diferentes aplicaciones o tipologías de cargas conectadas.


**Tabla 2.7.** Categoría de los contactores en corriente alterna (cortesía de Schneider Electric)

Categoría	Uso y características
AC-1	Se aplica a todos los aparatos de uso de corriente alterna, cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ( $\cos \varphi \geq 0,95$ ). Ejemplos de utilización: calefacción, bloques resistivos, distribución.
AC-2	Esta categoría rige el arranque, el frenado a contracorriente y la marcha «a sacudidas» de los motores de anillos. <ul style="list-style-type: none"> <li>En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, aproximadamente 2,5 veces la corriente nominal del motor.</li> <li>En la apertura, deberá cortar la corriente de arranque, con una tensión igual a la tensión de la red.</li> </ul>
AC-3	Se aplica a los motores de jaula en los que el corte se realiza con el motor lanzado. <ul style="list-style-type: none"> <li>En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, que es de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor.</li> <li>En la apertura, el contactor corta la corriente nominal absorbida por el motor; en ese momento, la tensión en los bornes de sus polos se acercará al 20 % de la tensión de la red. El corte resulta sencillo.</li> </ul> Ejemplos de utilización: todos los motores de jaula habituales, ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, elevadores de cangilones, compresores, bombas, trituradoras, climatizadores, etcétera.
AC-4	Esta categoría se aplica a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha «a sacudidas» con motores de jaula o de anillos. El contactor se cierra bajo un pico de corriente que puede alcanzar de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor. Al abrirse, corta esta misma corriente bajo una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita. Esta tensión puede llegar a ser igual que la tensión de la red. El corte resulta brusco. Ejemplos de utilización: máquinas de impresión, máquinas de trefilar, elevadores, equipos de la industria metalúrgica.
AC-14	Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que la potencia absorbida, cuando el electroimán está cerrado, es inferior a 72 VA. Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores y relés.
AC-15	Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que la potencia absorbida, cuando el electroimán está cerrado, es inferior a 72 VA. Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores.

**Tabla 2.8.** Categoría de los contactores en corriente continua (cortesía de Schneider Electric)

Categoría	Uso y características
DC-1	Se aplica a todos los aparatos de utilización de corriente continua cuya constante de tiempo es inferior o igual a 1 ms.
DC-3	Esta categoría rige el arranque, el frenado a contracorriente y la marcha «a sacudidas» de los motores de derivación. <ul style="list-style-type: none"> <li>En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, aproximadamente 2,5 veces la corriente nominal del motor.</li> <li>En la apertura deberá cortar 2,5 veces la corriente de arranque, con una tensión igual a la tensión de la red. Una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita y, en consecuencia, puede aumentar su fuerza contraelectromotriz.</li> </ul>
DC-5	Esta categoría se aplica al arranque, el frenado a contracorriente y la marcha «a sacudidas» de los motores serie. El contactor se cierra bajo un pico de corriente que puede alcanzar 2,5 veces la corriente nominal del motor. Al abrirse, corta esta misma corriente bajo una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita. Esta tensión puede llegar a ser igual que la tensión de la red. El corte resulta brusco.
DC-13	Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que el tiempo empleado en alcanzar el 95 % de la corriente en el régimen establecido es 6 veces superior a la potencia $P$ absorbida por la carga (con $P \leq 50$ W). Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores sin resistencia.

### 2.1.5. Posibilidad de conectar y desconectar circuitos eléctricos en carga

La ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión establece que se instalarán dispositivos apropiados que permitan conectar y desconectar en carga los circuitos eléctricos en una sola maniobra, en los siguientes casos:

- Toda instalación interior o receptora en su origen, circuitos principales y cuadros secundarios.
- Cualquier receptor.
- Todo circuito auxiliar para mando o control, excepto los destinados a la tarificación de la energía.
- Toda instalación de aparatos de elevación o transporte, en su conjunto.
- Todo circuito de alimentación en baja tensión destinado a una instalación de tubos luminosos de descarga en alta tensión.
- Toda instalación de locales que presente riesgo de incendio o de explosión.
- Las instalaciones a la intemperie.
- Los circuitos con origen en cuadros de distribución.
- Las instalaciones de acumuladores.
- Los circuitos de salida de generadores.

Los dispositivos admitidos para la conexión y desconexión en carga son:

- Los interruptores manuales.
- Los interruptores automáticos con accionamiento manual.
- Los contactores accionados por pulsador.
- Los cortacircuitos fusibles de accionamiento manual, con suficiente poder de corte y cierre adecuado.
- Las clavijas de las tomas de corriente de intensidad nominal no superior a 16 A.

El conductor neutro o compensador no podrá ser interrumpido salvo cuando el corte se establezca por interruptores omnipolares.



#### SABÍAS QUE...

Podrán exceptuarse de esta prescripción los circuitos destinados a relojes y los circuitos de mando o control siempre que su desconexión impida cumplir alguna función importante para la seguridad de la instalación. Este tipo de circuitos podrán desconectarse mediante dispositivos independientes del general de la instalación.

## 2.2. Dispositivos de protección

En los circuitos eléctricos pueden producirse determinadas situaciones en las que se ven alteradas las condiciones normales de funcionamiento de sus componentes. Estas alteraciones, conocidas como **defectos o fallos eléctricos**, son capaces de provocar daños irreversibles en la instalación e incluso afectar a las personas que la utilizan. Los defectos eléctricos pueden ser básicamente de dos tipos:

- Defectos que afectan a las instalaciones eléctricas y sus componentes.
- Defectos que suponen un riesgo para los usuarios de las instalaciones.

Antes de pasar al estudio de los diferentes dispositivos de protección que pueden formar parte de las instalaciones de automatismos industriales, será imprescindible diferenciar cada uno de los factores de riesgo que pueden presentarse en los sistemas eléctricos.

### 2.2.1. Defectos asociados a las instalaciones eléctricas

Los posibles defectos o fallos eléctricos que afectan directamente a las instalaciones eléctricas y sus componentes guardan relación con la variación de las condiciones normales de funcionamiento en lo que respecta a los parámetros de intensidad y tensión.

Las posibles consecuencias de estas anomalías en las instalaciones eléctricas son las siguientes:

- Calentamiento excesivo de los materiales.
- Riesgo de incendio.
- Deterioro o destrucción de los equipos.
- Interrupción del suministro eléctrico.
- Funcionamiento inadecuado de los receptores.

De entre todos los posibles defectos que pueden aparecer en una instalación eléctrica, los más destacables son las sobretensiones, las subtensiones y las sobreintensidades.

#### Sobretensiones

Una sobretensión, o exceso de tensión, es un **aumento del voltaje** dentro de una instalación eléctrica por encima de su valor normal de funcionamiento, o **valor nominal**.

Por ejemplo, si a una instalación industrial de baja tensión le llega una sobretensión de 2,5 kV, aunque sea solo durante unos pocos milisegundos, todos los equipos conectados en ese momento a la red eléctrica cuyo aislamiento no haya sido diseñado para soportar ese nivel de voltaje resultarían dañados.



Existen tres posibles tipos de sobretensiones: de origen atmosférico, de tipo maniobra y de frecuencia industrial.

- Las **sobretensiones de origen atmosférico** son las producidas por la descarga directa de un rayo en una instalación eléctrica. Son impulsos de alta amplitud con una frecuencia que alcanza aproximadamente un megahercio.
- Las **sobretensiones de tipo maniobra** son las debidas a la influencia de la descarga lejana del rayo, conmutaciones de la red, defectos de red, efectos inductivos, capacitivos, etc. Son ondas de oscilación amortiguadas con una frecuencia que varía de decenas a cientos de kilohercios.
- Las **sobretensiones de frecuencia industrial** se producen por defectos en el conductor neutro o fallos de aislamiento con respecto a masa o tierra. Son ondas que presentan la misma frecuencia que la red, con una tensión de amplitud 1,73 veces mayor que la nominal.

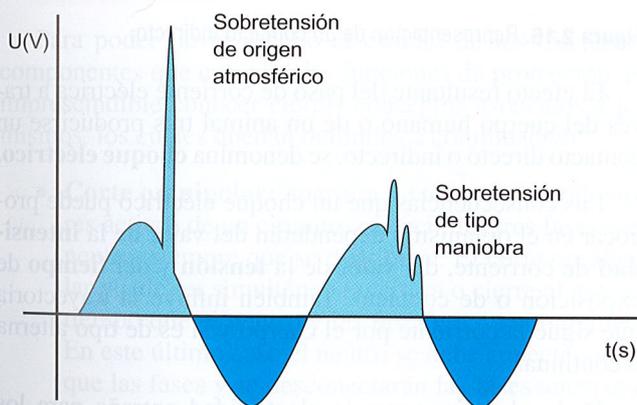


Figura 2.13. Representación gráfica de las sobretensiones de mayor amplitud.

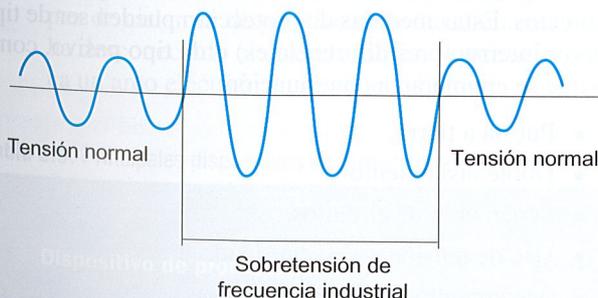


Figura 2.14. Representación gráfica de la sobretensión de frecuencia industrial.

### Subtensiones

Una subtensión o caída de tensión es una **disminución del voltaje** dentro de una instalación eléctrica, ya sea hasta un valor determinado inferior al nominal o incluso hasta cero voltios (falta de tensión). Este tipo de defecto no suele

producir daños directos en las instalaciones, pero puede provocar que los equipos y sistemas dejen de funcionar de manera intempestiva o lo hagan inadecuadamente.

### SABÍAS QUE...

Los efectos no deseados de las caídas de tensión en una instalación eléctrica se contrarrestan de diversas maneras, por ejemplo, mediante la instalación de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) o generadores alternativos (segundo suministro).

### Sobreintensidades

La sobreintensidad, o exceso de corriente, es un **aumento de la intensidad** de corriente eléctrica en un circuito por encima de su valor normal de funcionamiento. Dependiendo de sus características, las sobreintensidades pueden ser de dos tipos:

- **Sobrecarga:** es un aumento no demasiado elevado de la corriente por encima del valor nominal, pero con una duración larga o indeterminada, lo que acaba produciendo el calentamiento excesivo de los conductores y otros componentes. Se dice que son sobreintensidades de **tipo térmico**. Las sobrecargas suelen ser consecuencia de un mal dimensionado de la instalación, y se producen con mayor frecuencia en motores y transformadores.
- **Cortocircuito:** es un aumento muy elevado de la corriente, que puede alcanzar decenas de kiloamperios y cuya duración es muy breve (normalmente inferior a un segundo). Se dice que son sobreintensidades de **tipo magnético**. Los cortocircuitos pueden estar producidos por contactos entre los propios conductores o entre un conductor y tierra (cortocircuito franco).

Resultará imprescindible verificar que la intensidad nominal de un determinado circuito sea inferior a la intensidad máxima admisible del conductor de alimentación (para evitar sobrecalentamientos) e inferior también al calibre del dispositivo de protección, para evitar disparos por exceso de potencia. Debe existir un equilibrio entre estos tres valores para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación, tal como se indica a continuación:

$$I_{\text{NOMINAL DEL CIRCUITO}} < I_{\text{DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN}} < I_{\text{MÁXIMA ADMISIBLE DEL CONDUCTOR}}$$

En base a esto, todo dispositivo de protección frente a sobreintensidades (ya sea térmico o magnético) debe garantizar que la corriente nunca supere un valor que pueda considerarse peligroso para la integridad de la instalación, asegurando además el correcto funcionamiento del sistema siempre que se encuentre dentro de los valores normales.

### 2.2.2. Riesgos eléctricos para las personas y los animales

El riesgo eléctrico se define como la posibilidad de que una persona o animal sufra una determinada lesión producida por el efecto nocivo derivado de la energía eléctrica.

Los valores de tensión e intensidad presentes en las instalaciones eléctricas, por tanto, pueden desencadenar situaciones de peligro hacia personas y animales debidas fundamentalmente a dos causas: **contactos eléctricos**, al penetrar la corriente en el organismo, o **incendios/explosiones** en materiales y equipos, producidos por cortocircuitos, chispas por malos contactos, sobrecargas muy elevadas, conductores que acaban quemando el aislante, etcétera.

Los incendios y las explosiones pueden evitarse en gran medida utilizando los dispositivos de protección adecuados de las instalaciones eléctricas. Respecto a los **contactos eléctricos**, conviene hacer una clasificación más detallada, ya que estos pueden ser de dos tipos:

- **Contactos directos:** son los contactos con los conductores activos de la instalación eléctrica (cualquiera de las fases o el neutro) o con piezas metálicas que se encuentran normalmente en tensión. La corriente que se establece tras un contacto directo se denomina **corriente de contacto** ( $I_s$ ).

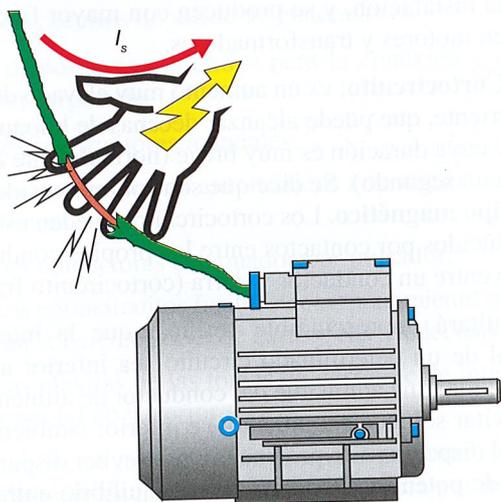


Figura 2.15. Representación de un contacto directo.



#### SABÍAS QUE...

La corriente eléctrica al penetrar en el organismo puede producir desde lesiones leves hasta la muerte. El valor de la intensidad eléctrica que se considera umbral de seguridad para una persona es igual a **30 mA (0,03 A)**.

- **Contactos indirectos:** son los contactos con partes metálicas que accidentalmente se han puesto bajo tensión (**masas**), como consecuencia de un defecto de aislamiento. La corriente que se establece tras un contacto directo se denomina **corriente de defecto** ( $I_d$ ).

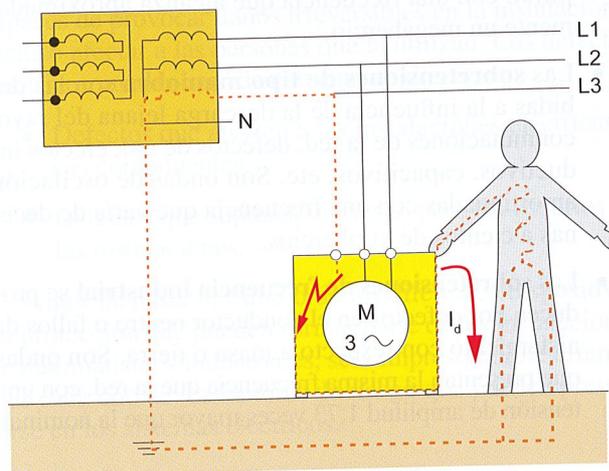


Figura 2.16. Representación de un contacto indirecto.

El efecto resultante del paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano o de un animal tras producirse un contacto directo o indirecto, se denomina **choque eléctrico**.

Las consecuencias que un choque eléctrico puede provocar en el organismo dependerán del valor de la **intensidad** de corriente, del valor de la **tensión** y del **tiempo** de exposición o de contacto. También influye la trayectoria que sigue la corriente por el cuerpo y si es de tipo alterna o continua.

Dado el peligro que la electricidad entraña para los usuarios de las instalaciones, resulta obligatorio incluir en todos los circuitos elementos de protección que eviten o disminuyan las consecuencias de los contactos directos e indirectos. Estas medidas de protección pueden ser de tipo activo (interruptores diferenciales) o de tipo pasivo, como las que se enumeran a continuación:

- Puesta a tierra.
- Doble aislamiento.
- Separación de circuitos.
- Uso de tensiones de seguridad.
- Alejamiento de las partes activas.

#### Recuerda

Se denomina **masa** al conjunto de las partes metálicas accesibles de los materiales y de los equipos eléctricos que, en condiciones normales, están aisladas de las partes activas, pero que pueden ser puestas bajo tensión en caso de fallo de aislamiento.



### 2.2.3. Dispositivos de protección en instalaciones de automatismos

Para determinar los dispositivos de protección que deben formar parte de una determinada instalación eléctrica deben tenerse en cuenta las particularidades eventuales de los receptores, del circuito de alimentación, del entorno y del propio local. Asimismo, será necesario establecer las características de la aparatamenta en relación con las cargas y las corrientes de cortocircuito, bajo conceptos de filiación y selectividad.

Por otro lado, el tipo de protección frente a contactos directos e indirectos se determinará en función del esquema de distribución de neutro y masas que suministre energía a la instalación eléctrica (TT, IT o TN).

A continuación se describirán los principales dispositivos de protección presentes en las instalaciones eléctricas industriales y el tipo de función que cumplen, que previamente han sido resumidos en la Tabla 2.9.

Para poder llevar a cabo el estudio de los diferentes componentes que cumplen las funciones de protección, es imprescindible conocer ciertos conceptos asociados a los mismos, los cuales quedan definidos a continuación:

- **Corte omnipolar:** apertura de todos los conductores activos de un circuito, es decir, las tres fases y el neutro, siempre que se distribuya. El corte omnipolar puede ser simultáneo (apertura o cierre al mismo tiempo que el neutro y las fases), o no simultáneo. En este último caso el neutro se debe conectar antes que las fases y se desconectarán las fases antes que el neutro.
- **Poder de corte:** expresado en amperios (A) o kiloamperios (kA), es la máxima intensidad que es capaz de aislar un dispositivo de protección cuando ya ha desconectado el circuito, antes de que se produzca un arco eléctrico entre sus contactos.

### 2.2.4. Cortacircuitos fusible

El cortacircuitos fusible, o simplemente fusible, es el dispositivo más antiguo para la protección de los circuitos eléctricos. Se trata de un elemento de protección muy fiable y económico, que tiene en su interior un material conductor (generalmente una aleación metálica con bajo punto de fusión formada por estaño, cobre o zinc) capaz de soportar un determinado valor de intensidad de corriente. Si la intensidad de un circuito aumenta por encima del valor que puede soportar el fusible, el material interno se romperá y el circuito quedará desconectado, evitando que resulte dañado algún otro componente o el cableado de la instalación. Se dice entonces que **el fusible se ha fundido**.

Puesto que el fusible se rompe cada vez que actúa, será **necesario reemplazarlo** por uno nuevo para poder conectar nuevamente el circuito, lo que en algunos casos puede suponer un problema para la continuidad de los procesos industriales.

En este sentido, determinados tipos de fusibles cuentan con un **elemento percutor**, que consiste en un dispositivo indicador de que el fusible se ha fundido. De esta manera se facilitan enormemente las tareas de mantenimiento y resolución de averías, especialmente en instalaciones de grandes dimensiones.

La instalación de los fusibles en los circuitos eléctricos se realiza mediante **bases portafusibles** cuya forma y método de apertura dependerá de cada tipo de fusible.

Tabla 2.10. Simbología asociada a los fusibles

Dispositivo	Símbolo
Fusible	
Base portafusibles	

Tabla 2.9. Principales dispositivos de protección presentes en las instalaciones eléctricas industriales

Dispositivo de protección	Protección que ofrece			
	Protección de la instalación eléctrica			Protección de personas y animales
	Cortocircuitos	Sobrecargas	Sobretensiones	
Fusible	✓	✓		
Relé térmico		✓		
Interruptor automático	✓	✓		
Limitador de sobretensiones			✓	
Interruptor diferencial				✓

Los valores característicos asociados a los fusibles de baja tensión quedan definidos por los siguientes parámetros:

- Tipología y modelo.
- Talla.
- Clase de servicio.
- Tensión nominal (V).
- Corriente nominal o calibre (A).
- Corriente de fusión.
- Poder de corte (kA).
- Diagrama de la característica intensidad/tiempo.
- Presencia de elemento percutor.
- Posición y características de montaje.
- Resistencia a las influencias climáticas.
- Temperatura de trabajo.

### SABÍAS QUE...

Los fusibles pueden encontrarse también dentro de un dispositivo o mecanismo para aumentar su nivel de seguridad.



Figura 2.17. Fusible en el interior de una clavija para toma de corriente.

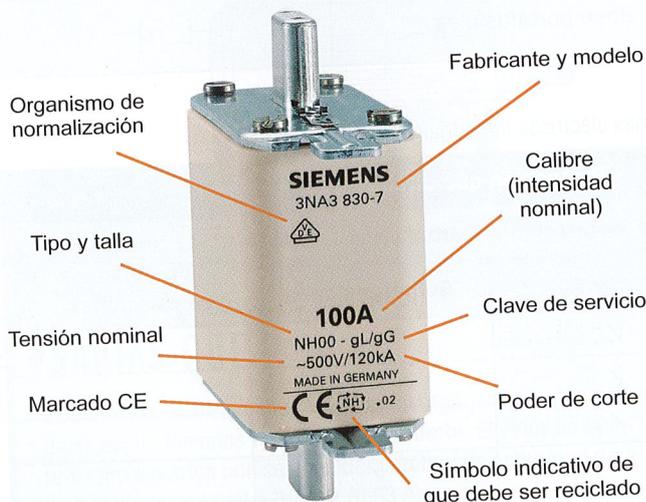


Figura 2.18. Parámetros característicos de un fusible.

### Tipología de los fusibles

Los diferentes tipos de fusibles pueden ser de formas y tamaños muy diferentes en función de la intensidad a la que deben fundirse, la tensión de los circuitos donde se ubiquen y el método de instalación empleado. Existen básicamente tres formatos de fusible:

Tabla 2.11. Clasificación de los fusibles por su tipología

Fusibles cilíndricos	Fusibles de rosca	Fusibles de cuchilla
----------------------	-------------------	----------------------

- **Fusibles cilíndricos:** son fusibles que generalmente tienen un pequeño tamaño, de forma cilíndrica y con una intensidad nominal diseñada para proteger desde circuitos de maniobra o de muy poca potencia hasta circuitos de potencia media. El calibre de los fusibles cilíndricos puede variar entre 0,5 y 125 A y su poder de corte oscila desde 10 hasta 100 kA.

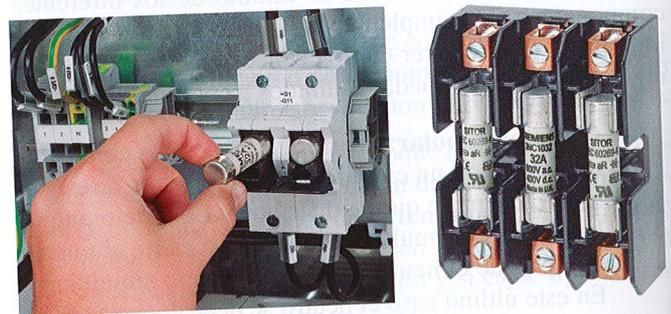


Figura 2.19. Fusibles cilíndricos en base portafusibles. (Cortesía de Siemens).

- **Fusibles de rosca:** son fusibles de tamaño medio con una intensidad nominal diseñada para proteger circuitos de potencia baja e intermedia. El calibre de los fusibles cilíndricos puede variar entre 2 y 100 A y su poder de corte desde 60 hasta 100 kA. Existen básicamente dos modelos de fusibles de rosca, los denominados DIAZED y NEOZED.

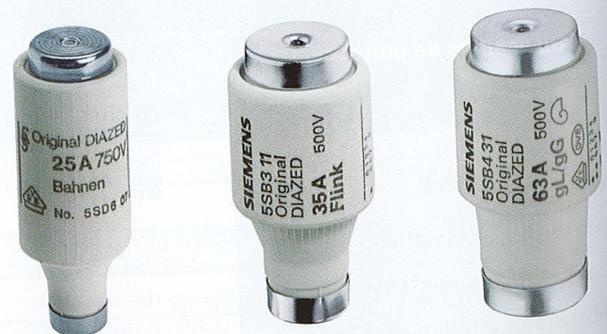


Figura 2.20. Fusibles de rosca tipo DIAZED. (Cortesía de Siemens).



Tabla 2.12. Relación talla-calibre en fusibles tipo DIAZED

Talla	Calibre en amperios				
D01	2	4	6	10	16
D02	20	25	35	50	63
D03	80	100	—	—	—

La base portafusibles en la que se ubican los diferentes fusibles DIAZED y NEOZED puede ser de tipo roscada o de presión: las bases a presión se suelen utilizar en sistemas trifásicos para garantizar el corte omnipolar.

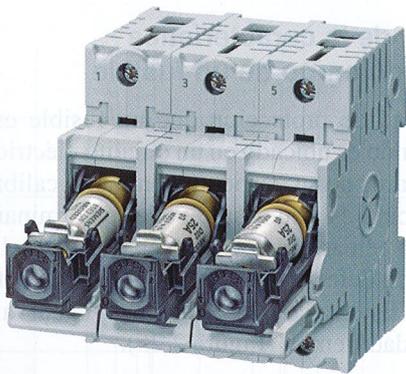


Figura 2.21. Base portafusibles de presión para fusibles NEOZED. (Cortesía de Siemens).

Las bases roscadas son frecuentes en centralizaciones de contadores, no siendo muy utilizadas en entornos industriales.

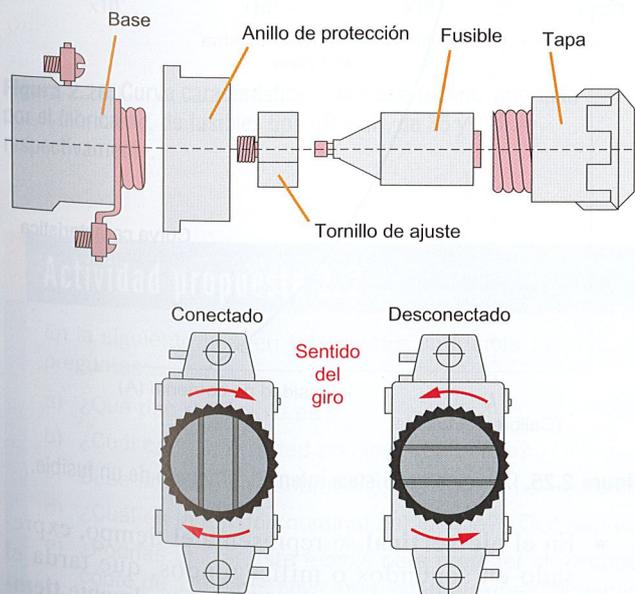


Figura 2.22. Base portafusibles de rosca.

- **Fusibles de cuchilla:** también conocidos como fusibles NH, son dispositivos de gran tamaño con una intensidad nominal diseñada para proteger circuitos de alta potencia, generalmente entre 50 y 1250 A. Su poder de corte suele ser de 120 kA.

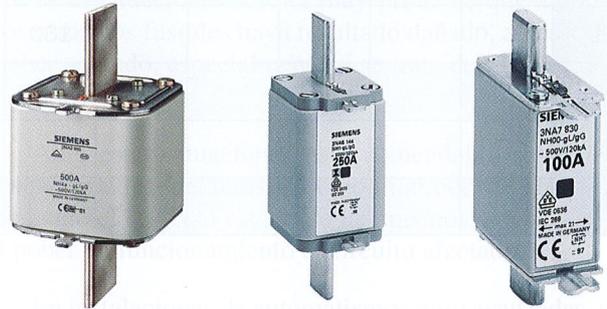


Figura 2.23. Fusibles NH. (Cortesía de Siemens).

Dado que la intensidad nominal que puede llegar a recorrer estos fusibles en condiciones normales es muy elevada, es necesario que su instalación se realice en bases portafusibles especiales cuya apertura se efectúa a través de manetas, dispositivos rebatibles, lengüetas de empuñadura y dispositivos similares.



Figura 2.24. Base portafusibles de cuchilla. (Cortesía de Siemens).

## Recuerda



En las instalaciones eléctricas de baja tensión, especialmente en las de tipo industrial, es frecuente ubicar los fusibles en el interior de un seccionador diseñado para tal fin. Esta combinación se utiliza para aumentar el poder de corte que ofrece el fusible, haciendo más fiable la protección.

Tabla 2.13. Relación talla-calibre en fusibles de cuchilla NH

Talla	Calibre en amperios												
	50	63	80	100	125	160							
00	50	63	80	100	125	160							
0		63	80	100	125	160							
1						160	200	250					
2								250	315	400			
3											500	630	
4												800	1000

### Clase de servicio de los fusibles

Otra clasificación de los diferentes tipos de fusibles se puede realizar atendiendo a la clase de servicio que prestan en las instalaciones eléctricas, quedando identificados por **dos letras**:

- Primera letra: indica la función de protección que realiza el fusible.
- Segunda letra: indica el tipo de receptor a proteger.

Los fusibles más utilizados en las instalaciones de automatismos industriales son de tipo gL, gM, gR, gG, aM y aR.

Tabla 2.14. Código de identificación de los fusibles

Primera letra	g	Fusibles de uso general, protegen frente a sobrecargas y cortocircuitos.
	a	Fusibles de acompañamiento, protegen solo frente a cortocircuitos. Deben estar siempre acompañados de otro dispositivo de protección.
Segunda letra	G	Fusibles de uso general.
	M	Fusibles para la protección de motores.
	R	Fusibles de actuación rápida, para la protección de equipos electrónicos.
	D	Fusibles con tiempo de actuación retardado.
	L	Fusibles para la protección de cables y conductores.
	B	Fusibles para la protección de líneas eléctricas de gran longitud.

### Diagrama de la característica intensidad/tiempo de un fusible

La capacidad de protección que un fusible es capaz de aportar cuando es ubicado en un circuito eléctrico se puede obtener a partir de su corriente nominal o calibre. Sin embargo, también es importante poder determinar el tiempo que tarda en actuar el dispositivo en función del valor de la intensidad de defecto que circule por la línea afectada por un defecto. Esto se consigue mediante la curva característica intensidad/tiempo (Figura 2.25).

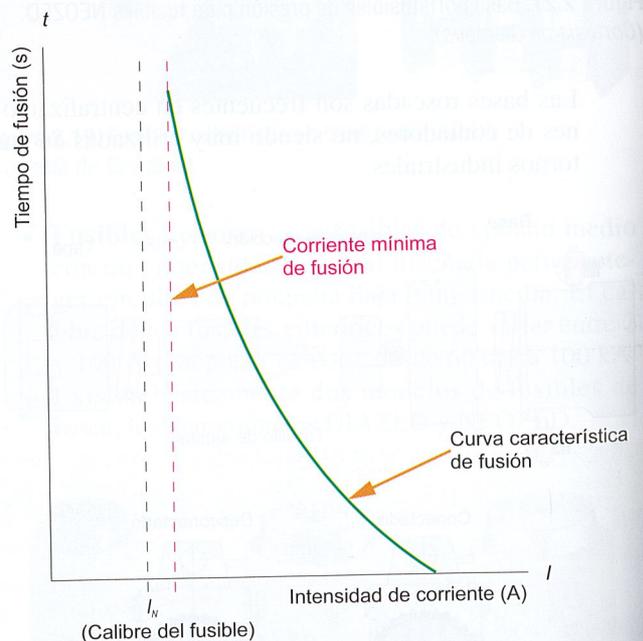


Figura 2.25. Curva característica intensidad/tiempo de un fusible.

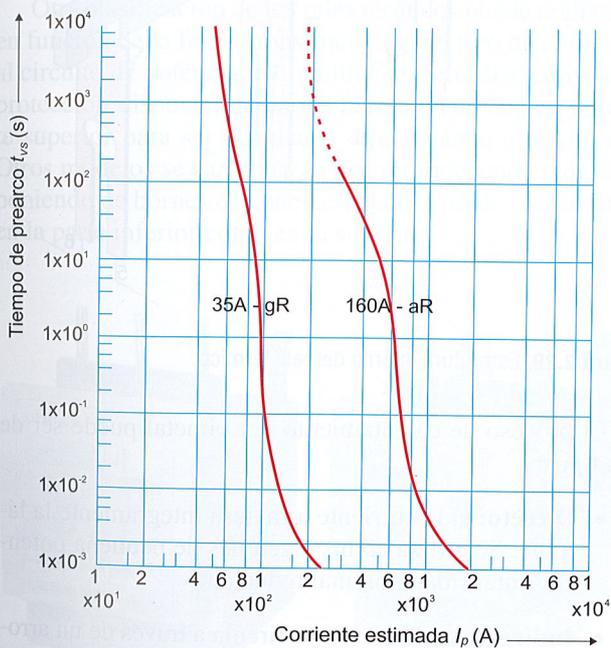
- En el **eje vertical** se representa el tiempo, expresado en segundos o milisegundos, que tarda el fusible en actuar. Se denomina generalmente **tiempo de prearco** o **tiempo de fusión virtual**, y es



exactamente el tiempo que transcurre desde el momento en que se produce el defecto hasta que se inicia la fusión.

- En el **eje horizontal** se expresa la intensidad de corriente que hará actuar al dispositivo. Este parámetro puede ser expresado en amperios de corriente eficaz (A) o hacer referencia a la intensidad nominal del fusible ( $n \times I_r$ ).

Es importante destacar que aunque la curva acaba en un determinado valor de intensidad, el fusible será capaz de cortar y aislar corrientes mucho mayores. Este dato, que es en definitiva el poder de corte del dispositivo, debe proporcionarlo el fabricante al no poder obtenerse de la gráfica.



**Figura 2.26.** Curva característica intensidad/tiempo, aportada por el fabricante, de fusibles tipo gR y aR, de 35 y 160 A respectivamente.

### Control y monitoreo de fusibles

En ocasiones sucede que en las instalaciones trifásicas, tras producirse un defecto de tipo sobreintensidad en una de las líneas de alimentación, solamente actúa y se funde uno de los tres fusibles que protegen el circuito de fuerza. En estas situaciones resulta muy probable que alguno de los otros dos fusibles haya resultado dañado, a pesar de no haber actuado, especialmente si se trata de fusibles de pequeño amperaje.

Ante estas situaciones es recomendable sustituir los fusibles de las tres fases, o como mínimo, revisar adecuadamente el correcto estado de los mismos antes de volver a poner en funcionamiento el circuito afectado.

En instalaciones de automatismos muy avanzadas, además, resulta posible monitorizar el estado de un grupo de fusibles mediante un dispositivo denominado **vigilador o controlador de fusibles**.

El uso de estos equipos está orientado fundamentalmente a aquellos fusibles que no pueden equiparse de un contacto de señalización de fusión, permitiendo su integración en los circuitos de señalización centralizada para mejorar la disponibilidad de la instalación y la localización del defecto.



**Figura 2.27.** Controlador de fusibles. (Cortesía de Siemens).

## Actividad propuesta 2.2

En la siguiente imagen se muestra un fusible. Analiza sus características y responde a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de fusible es?
- ¿Cuál es la intensidad nominal del fusible? ¿Qué expresa este valor?
- Si se produce una sobrecarga igual a la intensidad nominal del fusible, ¿qué ocurriría?
- ¿Cuál es la tensión nominal del fusible? ¿Qué expresa este valor?
- ¿Podrías utilizar este fusible para proteger un circuito de alumbrado que utiliza un cable flexible de cobre de 1,5 mm<sup>2</sup>, cuya intensidad máxima admisible es de 10 A?



### 2.2.5. Relé térmico

El relé térmico es un dispositivo de protección de las instalaciones eléctricas diseñado para actuar frente a sobrecargas de tipo sobrecarga. Su utilización está estrechamente ligada a la protección de circuitos que alimentan a motores.

El elemento fundamental de un relé térmico contra sobrecargas es una lámina bimetálica, constituida por la unión de dos metales con diferente coeficiente de dilatación (diferente conductividad térmica), siendo generalmente el de la parte superior más sensible a los cambios de temperatura.

Cuando la corriente que atraviesa el circuito es inferior o igual a la nominal, el calor producido será disipado sin dificultad por ambos metales. Sin embargo, en el instante en el que empiece a circular una corriente ligeramente superior a la nominal (sobrecarga del circuito), la lámina bimetálica no podrá disipar todo el calor y cada uno de los metales comenzará a dilatarse de manera desigual, con lo que la lámina comenzará a **curvarse**. Al llegar esta curvatura a un punto determinado entrará en contacto con un elemento metálico correspondiente al circuito de maniobra del relé, abriendo o cerrando los contactos auxiliares.

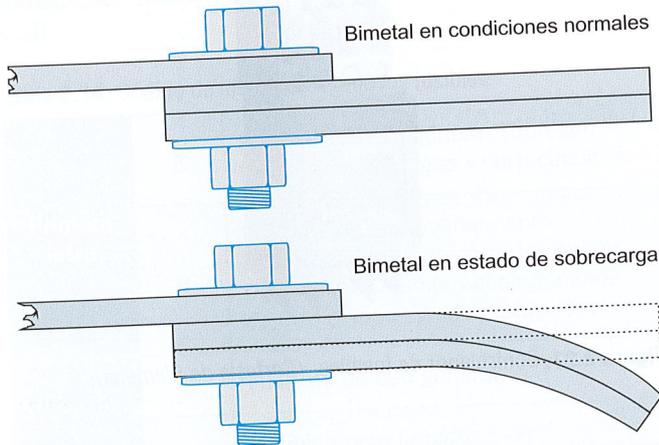


Figura 2.28. Principio de funcionamiento del relé térmico.

#### SABÍAS QUE...

La lámina bimetálica de un relé térmico suele estar compuesta de dos aleaciones metálicas llamadas **invar** (bajo coeficiente de dilatación) y **ferroníquel** (alto coeficiente de dilatación).

La **desconexión** por sobrecarga de un relé térmico se produce siempre en el **circuito de maniobra**, mediante la utilización de un contacto auxiliar normalmente cerrado (NC) en serie con el circuito. También es común utilizar el contacto normalmente abierto (NO) del relé térmico para indicar visualmente que se ha disparado el dispositivo.

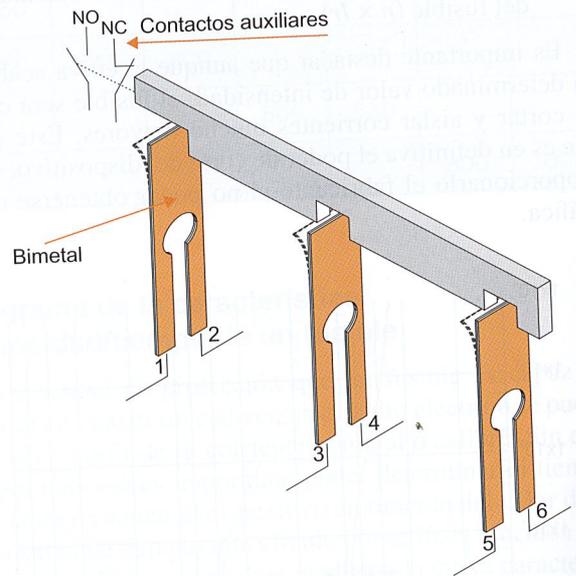


Figura 2.29. Estructura interna del relé térmico.

El proceso de calentamiento del bimetalo puede ser de dos tipos:

- **Directo:** si la corriente atraviesa íntegramente la lámina. Se utiliza en instalaciones de pequeña potencia (intensidad nominal reducida).
- **Indirecto:** si la corriente circula a través de un arrollamiento calefactor que rodea la lámina o la lectura se hace a través de transformadores de intensidad. Se utiliza en instalaciones de gran potencia, con intensidades muy elevadas.

Tabla 2.15. Simbología asociada al relé térmico

Dispositivo	Símbolo
Relé térmico	
Contactos auxiliares del relé térmico	

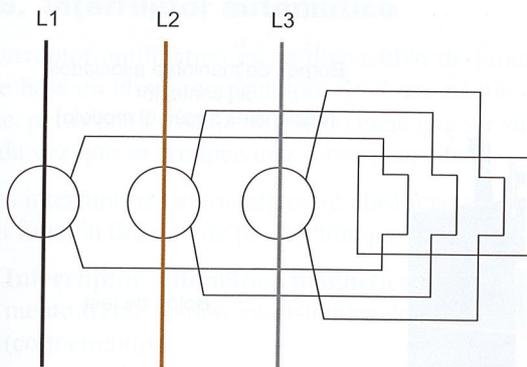


Figura 2.30. Medida indirecta de intensidad por parte de un relé térmico.

Otra clasificación de los relés térmicos puede realizarse en función de la forma constructiva y del tipo de conexión al circuito de potencia. Normalmente estos dispositivos de protección disponen de varias barras metálicas en la parte superior para ser acoplados directamente al contactor. Otros modelos se caracterizan por ser independientes, disponiendo de bornes de conexión al circuito de fuerza tanto en la parte inferior como en la superior.

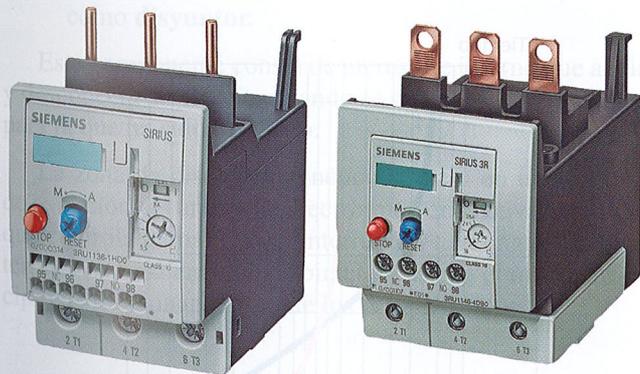


Figura 2.31. Relés térmicos de conexión directa a contactor.

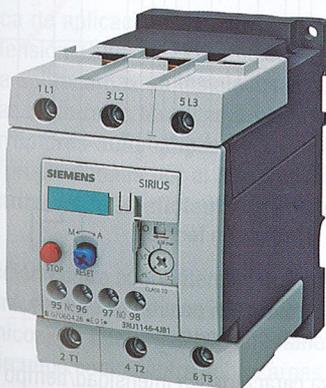


Figura 2.32. Relé térmico de conexión independiente.

Los valores característicos asociados a los relés térmicos quedan definidos por los siguientes parámetros:

- Tensión nominal (V).
- Intensidad nominal (A).
- Intensidad o amplitud de reglaje.
- Contactos auxiliares.
- Características de montaje y forma constructiva.
- Temperatura de trabajo.



### SABÍAS QUE...

La combinación entre un contactor y un relé térmico cuando se encuentran acoplados suele denominarse *discontactor*.

En los relés térmicos, puesto que disponen de una ruleta selectora de **reglaje**, es posible seleccionar la intensidad a la que actuará el dispositivo entre unos márgenes predefinidos por el fabricante.

Para establecer una corriente de reglaje adecuada, debe tenerse en cuenta la **potencia del motor**, su **factor de potencia** y el **nivel de sobrecarga** al que puede trabajar.

Cabe destacar que los relés térmicos comercializados en la actualidad, además de ofrecer protección frente a sobrecargas, son capaces de realizar otras funciones como:

- Detección de fallo de fase.
- Protección frente a desequilibrio de fases.
- Compensación automática a temperatura ambiente.

Estos dispositivos, sin embargo, deben ir **siempre acompañados** en los circuitos eléctricos por dispositivos de protección frente a sobrecargas de tipo cortocircuito, ya que en estos casos:

- La intensidad de defecto es muy elevada pero dura poco tiempo.
- El bimetálico del relé térmico no tiene tiempo de calentarse.
- La protección térmica no resulta suficiente para garantizar la seguridad.

### Recuerda



En todos los circuitos de una instalación eléctrica debe quedar garantizada la protección frente a sobrecargas, frente a cortocircuitos y frente a contactos directos e indirectos.

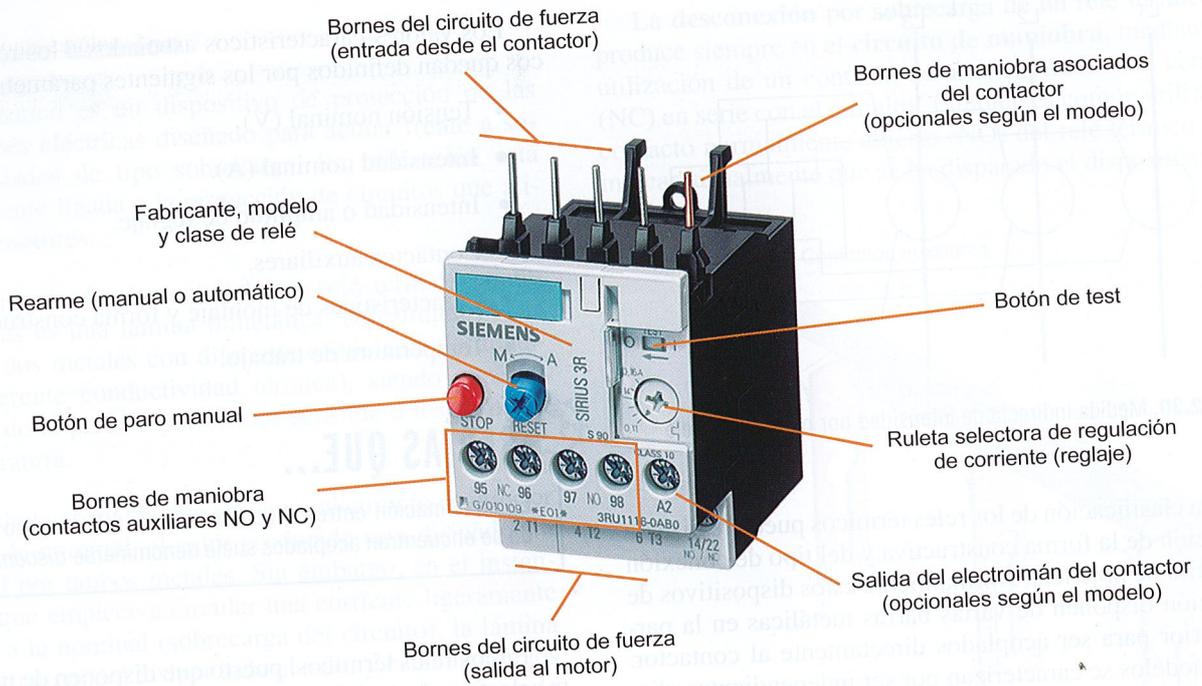


Figura 2.33. Características de un relé térmico.

Tabla 2.16. Asociación entre relés térmicos y fusibles para la protección de circuitos (recomendaciones de Schneider Electric)

Zona de ajuste de relé	Fusible para asociar al relé	
	aM	gG
0,11 ... 0,16 A	0,25 A	0,5 A
0,16 ... 0,23 A	0,25 A	0,5 A
0,23 ... 0,36 A	0,5 A	1 A
0,36 ... 0,54 A	1 A	1,6 A
0,54 ... 0,8 A	1 A	2 A
0,8 ... 1,2 A	2 A	4 A
1,2 ... 1,8 A	2 A	6 A
1,8 ... 2,6 A	2 A	6 A
2,6 ... 3,7 A	4 A	10 A
3,7 ... 5,5 A	6 A	16 A
5,5 ... 8 A	8 A	20 A
8 ... 11,5 A	10 A	25 A

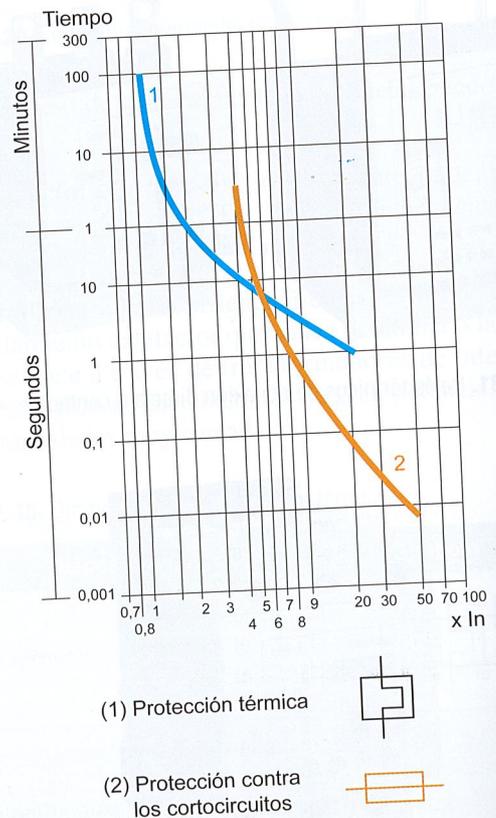


Figura 2.34. Curva característica intensidad/tiempo resultante de la combinación en un circuito eléctrico de un fusible y un relé térmico.



### 2.2.6. Interruptor automático

El interruptor automático es un dispositivo de protección que se basa en el mismo principio de funcionamiento del fusible, pero con la ventaja de que no tiene que ser sustituido cada vez que se produce una sobreintensidad.

Los interruptores automáticos se clasifican en dos grupos en función del tipo de protección que ofrecen:

- **Interruptor automático magnético:** protege únicamente frente a sobreintensidades de tipo magnético (cortocircuitos).

Su uso no es muy frecuente en las instalaciones eléctricas convencionales, aunque en los circuitos industriales que alimentan a motores eléctricos sí es una práctica frecuente utilizarlo en combinación con relés térmicos.

- **Interruptor automático magnetotérmico:** protege frente a sobreintensidades de tipo térmico y magnético (sobrecargas y cortocircuitos). Este es el dispositivo de protección más utilizado en las instalaciones eléctricas. De hecho, en la práctica, al hacer referencia a un interruptor automático se hace referencia por defecto a los de tipo magnetotérmico.

También resulta posible referirse a este dispositivo como **disyuntor**.

Este componente consta de un resorte interno que actúa y desconecta un circuito cuando se sobrepasa la intensidad para la que ha sido diseñado.

La zona de disparo magnético se basa en una cámara de extinción del arco y un electroimán que activa el muelle que controla la maneta del interruptor. La zona de disparo térmico se basa en láminas bimetálicas con el mismo principio de funcionamiento que los relés térmicos.

### NORMATIVA

La guía técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (GUÍA-BT-22) establece que para la protección contra sobrecargas en instalaciones industriales se pueden utilizar tanto relés térmicos o equivalentes asociados con interruptores automáticos como fusibles, aunque la protección proporcionada por el **interruptor automático con relé térmico es más eficiente** que la proporcionada por el fusible.

Para la protección contra sobreintensidades en instalaciones domésticas, únicamente se utilizan interruptores automáticos (magnetotérmicos) ya que protegen simultáneamente tanto contra cortocircuitos como contra sobrecargas.

Tabla 2.17. Simbología asociada a los interruptores automáticos

Dispositivo	Símbolo normalizado	Símbolo simplificado
Interruptor automático magnético		
Interruptor automático magnetotérmico		

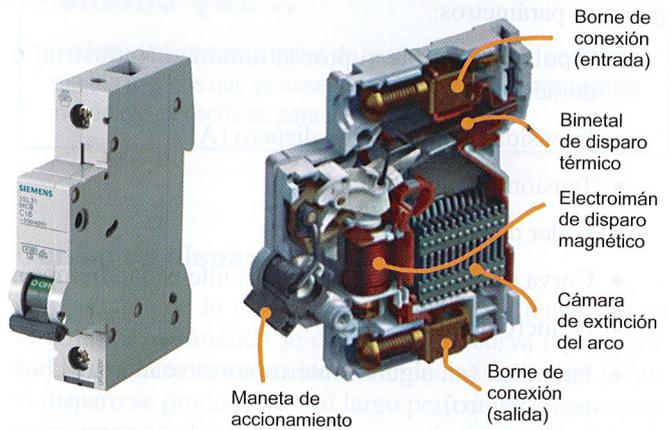


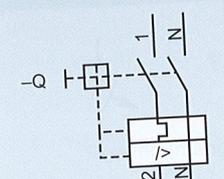
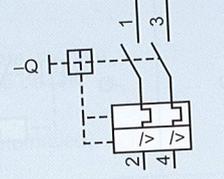
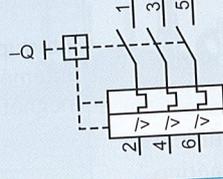
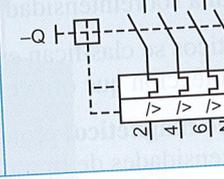
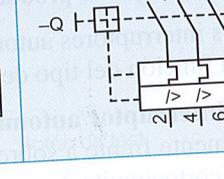
Figura 2.35. Vista interna y externa de un interruptor automático magnetotérmico.

Cuando el dispositivo actúa y desconecta el circuito, se dice entonces que **se ha disparado** el interruptor. Para volver a conectar el circuito una vez corregido el defecto que ha producido la sobreintensidad basta con accionar de nuevo la maneta del interruptor, acción que se conoce como **rearme**.

Los interruptores automáticos deben ser siempre de **corte omnipolar simultáneo**, es decir, deben poder desconectar todos los conductores activos del circuito que protegen, fases y neutro, en caso de defecto. Esto no es aplicable en el caso de los interruptores de control de potencia, puesto que su función no es la de protección, sino la de control.

La medida de la intensidad, sin embargo, el dispositivo podrá realizarla sobre las fases y el neutro o únicamente sobre las fases. En este último caso, resulta indispensable **respetar el borne del conductor neutro** a la hora de realizar la conexión del cableado.

Tabla 2.18. Interruptores automáticos en función del tipo de corte

Bipolar (polo + neutro)	Bipolar (dos polos)	Tripolar	Tetrapolar (tres polos + neutro)	Tetrapolar (cuatro polos)
				

### Características de los interruptores automáticos magnetotérmicos

Los valores característicos asociados a los interruptores automáticos magnetotérmicos quedan definidos por los siguientes parámetros:

- Tipología del interruptor automático (industrial o doméstico).
- Intensidad nominal o de disparo (A).
- Tensión nominal (V).
- Poder de corte (A o kA).
- Curva de disparo (característica intensidad/tiempo).
- Número de polos.
- Polaridad (en algunos interruptores se marca el borne de neutro).
- Temperatura de trabajo.
- Endurancia mecánica.
- Endurancia eléctrica.

### Tipos de interruptores automáticos magnetotérmicos

Los interruptores automáticos pueden ser clasificados en dos grupos distintos en función de su forma y tamaño: domésticos e industriales.

- **Interruptores automáticos domésticos:** se utilizan para proteger los circuitos de pequeña o mediana potencia, siendo los más comunes dentro de las instalaciones eléctricas convencionales. En instalaciones industriales también son muy usados para la protección de circuitos de maniobra, alumbrado y fuerza, siempre que la potencia de los receptores no supere los 86,6 kW.

### SABÍAS QUE...

Existe un tipo de interruptor automático doméstico compacto denominado **DPN**. Gracias a estos dispositivos resulta posible reducir el tamaño de los cuadros eléctricos, ya que ocupan exactamente la mitad de espacio que los convencionales.

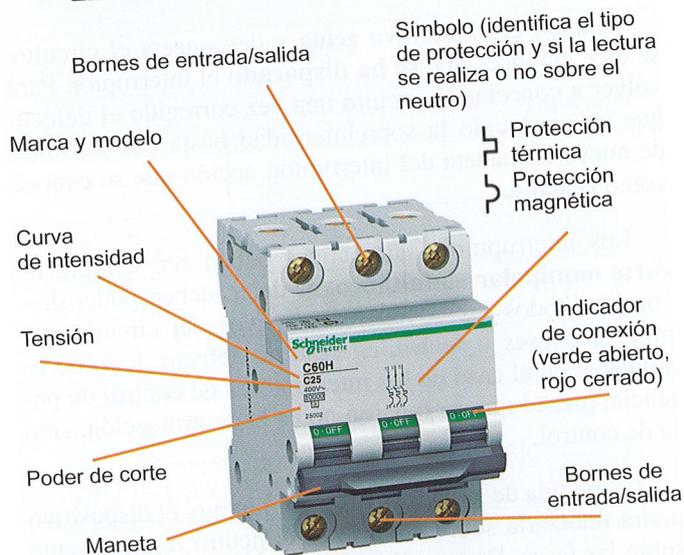


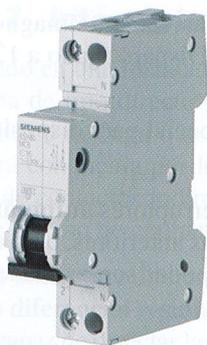
Figura 2.36. Parámetros característicos de un interruptor automático.

Los interruptores automáticos domésticos que se comercializan en la actualidad pueden tener los valores de intensidad nominal especificados en la Tabla 2.19.

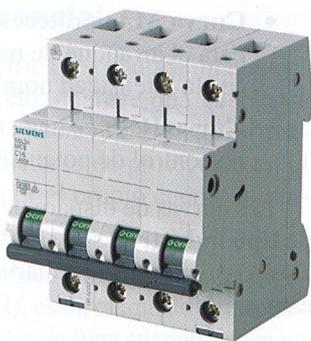
Tabla 2.19. Intensidades nominales de los interruptores automáticos domésticos

1 A	2 A	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A
32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A

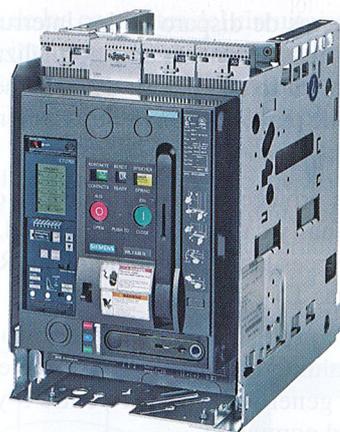
La denominación práctica de los interruptores automáticos domésticos se realiza atendiendo a su intensidad nominal y número de polos. Por ejemplo, un interruptor bipolar de 16 A se denomina 2x16A, un interruptor tetrapolar de 40 A se denomina 4x40A, etcétera.



**Figura 2.37.** Interruptor automático doméstico DPN 2x16 A (polo + neutro). (Cortesía de Siemens).



**Figura 2.38.** Interruptor automático doméstico 4x16A. (Cortesía de Siemens).

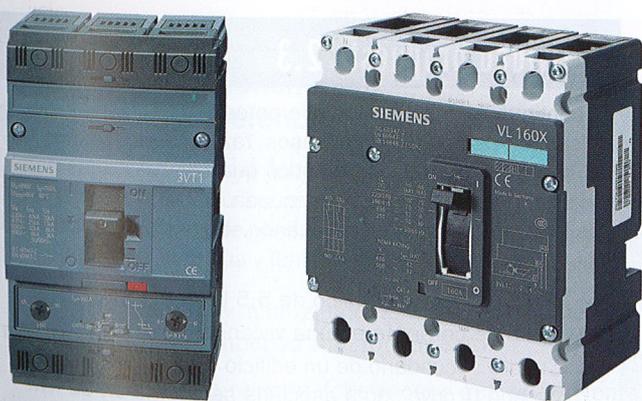


**Figura 2.40.** Interruptor automático de bastidor abierto.

- **Interruptores automáticos industriales:** están diseñados para circuitos eléctricos de gran potencia, donde solo pueden ser manipulados por personal autorizado con los conocimientos técnicos adecuados. Suelen encontrarse ubicados en los cuadros generales de grandes instalaciones como naves industriales, hospitales, talleres, estadios deportivos, edificios de gran envergadura, etc. También es frecuente su uso para alimentar maquinaria industrial cuya intensidad nominal supera los 125 A.

Los interruptores automáticos industriales pueden clasificarse en dos subgrupos:

- **Interruptores automáticos industriales de caja moldeada:** diseñados para circuitos de mediana potencia. En la actualidad se fabrican interruptores de caja moldeada con intensidades que oscilan entre los 25 y los 3200 A.



**Figura 2.39.** Interruptores automáticos de caja moldeada de tres y cuatro polos.

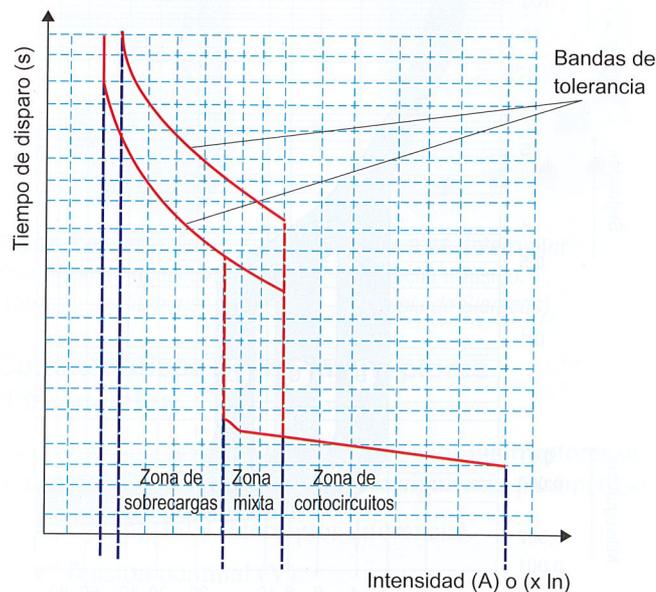
- **Interruptores automáticos industriales de bastidor abierto:** diseñados para máquinas de alta potencia o para la cabecera de los cuadros generales de las grandes instalaciones. Se fabrican de intensidades nominales que pueden llegar a los 6000 A.

## SABÍAS QUE...

Los interruptores industriales de bastidor abierto en ocasiones son tan grandes que es necesario hacer uso de herramientas mecánicas específicas para poder rearmarlos.

## Curvas de disparo

El diagrama de la característica intensidad/tiempo de un interruptor automático se conoce como curva de disparo. La curva tiene dos zonas bien diferenciadas, una en la que el disparo se produce tras un largo período de tiempo para bajas intensidades de defecto (zona de sobrecarga) y otra en la que el disparo es prácticamente instantáneo para intensidades muy elevadas (zona de cortocircuitos).



**Figura 2.41.** Representación de la curva de disparo de un interruptor automático.

Todas las curvas de disparo de los interruptores **automáticos domésticos** se encuentran normalizadas y clasificadas por letras en función de su uso y características de protección. Las de mayor uso en las instalaciones eléctricas son las siguientes:

- **Curva B:** protección magnetotérmica de generadores, personas y cables de gran longitud. Disparo entre 3 y 5 veces la intensidad nominal. Recomendada en sistemas TN e IT.
- **Curva C:** protección magnetotérmica de circuitos básicos (alumbrado, tomas de corriente y otras aplicaciones generales). Disparo entre 5 y 10 veces la intensidad nominal.
- **Curva D:** protección magnetotérmica de cables en los que los receptores presentan fuertes puntas de arranque, como motores y transformadores. Disparo entre 10 y 14 veces la intensidad nominal.
- **Curva K:** protección magnetotérmica de cables en los que los receptores presentan fuertes puntas de arranque o elevada corriente absorbida. Disparo entre 10 y 14 veces la intensidad nominal.
- **Curva Z:** protección magnetotérmica para circuitos electrónicos. Disparo entre 2,4 y 3,6 veces la intensidad nominal.

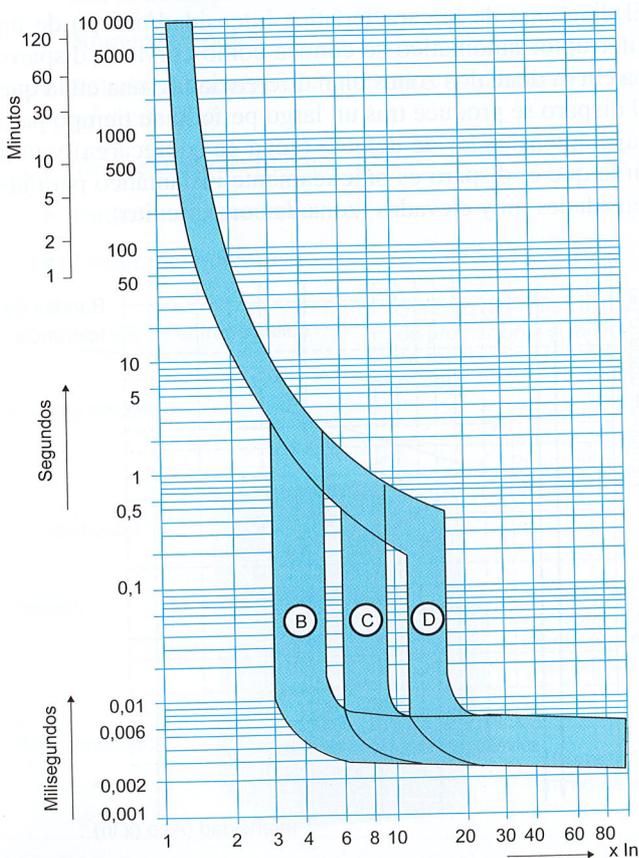
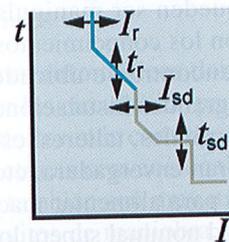


Figura 2.42. Representación de las curvas de disparo B, C y D.

- **Curva MA:** protección exclusivamente magnética para el arranque de motores. Disparo fijado a 12 veces la intensidad nominal.
- **Curva ICP:** es una curva especial para dispositivos de control de potencia.

Las curvas de disparo de los interruptores **automáticos de tipo industrial** son similares a las anteriores, pero estos equipos tienen la peculiaridad de poder ser regulados en este sentido.

En la parte frontal de un interruptor automático industrial se disponen una serie de ruelas selectoras (o un *display* digital en los modelos más modernos) a través de las cuales es posible modificar la intensidad y el tiempo de disparo dentro de unos márgenes predefinidos, tanto de la zona de sobrecarga como de la zona de cortocircuito.



$I_r$		$t_r / s$		$I_{sd} = \alpha I_r$		$t_{sd} / s$	
200	210	3	5	35	4	0.08	
175	220	2	8	3	5	0.15	
150	230	1	10	2.5	6	0.22	
125	240	0.8	14	2	8	0.3	
100	250	0.5	15	1.5	10	0.4	0

Figura 2.43. Ruelas de reglaje de un interruptor automático de caja moldeada de 250 A.

### Actividad propuesta 2.3

A continuación se exponen diferentes tipos de cargas eléctricas. En cada uno de los casos, razona adecuadamente el tipo de interruptor automático que seleccionarías para realizar la protección más adecuada. Debes indicar el tipo de interruptor automático y, cuando sea posible, su número de polos, su intensidad nominal y su curva de disparo.

- Motor eléctrico trifásico de 5,5 kW.
- Toma de corriente en una vivienda.
- Cuadro secundario de un edificio con régimen de neutro tipo IT cuya carga asociada se estima en 60 kW.
- Circuitos de alumbrado de una instalación industrial.
- Componentes electrónicos muy sensibles.
- Máquina eléctrica rotativa (trifásica) de 25 kW con fuertes puntas de arranque.
- Cuadro general de baja tensión de una fábrica de grandes dimensiones.
- Horno eléctrico monofásico de 20 A de intensidad nominal.



### 2.2.7. Interruptor diferencial

Cuando en una instalación eléctrica se produce un contacto, sea de tipo directo o indirecto, aparece una **corriente de falta o de fuga** que se deriva hacia tierra. Esta corriente será conducida por los conductores de protección en el caso de contactos indirectos y por el propio cuerpo humano en el caso de contactos directos.

El interruptor diferencial, también conocido como **dispositivo diferencial residual (DDR)**, es un elemento de protección capaz de detectar las corrientes de fuga cuando tienen un valor lo suficientemente pequeño como para que no puedan afectar a la integridad de las personas, desconectando automáticamente el circuito en el que se ha producido la **derivación**.

Tabla 2.20. Simbología asociada a los interruptores diferenciales

Dispositivo	Símbolo normalizado (circuitos monofásicos)	Símbolo normalizado (circuitos trifásicos)
Interruptor diferencial		

### SABÍAS QUE...

Las instalaciones eléctricas a las que se suministra energía mediante el esquema de distribución TT (la gran mayoría) deben contar obligatoriamente con dispositivos DDR que protejan todos los circuitos y receptores.

La lectura de las corrientes del circuito puede ser directa (si atraviesan internamente el dispositivo) o indirecta (si la lectura se hace a través de transformadores de intensidad **toroidales**). Como resulta evidente, la lectura indirecta está recomendada para circuitos de media y alta potencia. En estos casos el dispositivo de protección se denomina **relé diferencial**, y la desconexión del circuito afectado la realiza un interruptor automático de tipo industrial asociado a este.

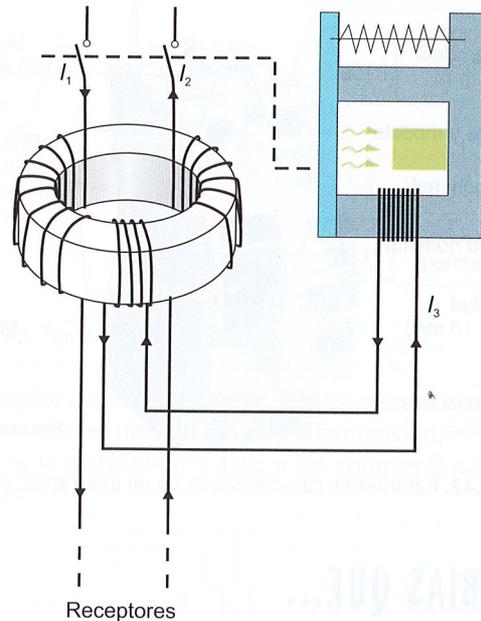


Figura 2.44. Principio de funcionamiento del interruptor diferencial.

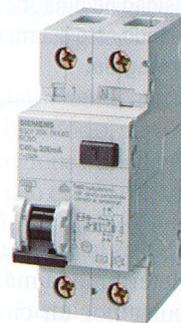


Figura 2.45. Interruptor diferencial monofásico. (Cortesía de Siemens).



Figura 2.46. Interruptor diferencial trifásico. (Cortesía de Siemens).

### Principio de funcionamiento del interruptor diferencial

El interruptor diferencial debe disponer siempre de un borne para conectar el conductor neutro, puesto que el dispositivo se encarga de controlar que la corriente que entra al circuito por la fase sea la misma que sale por el conductor neutro.

En este sentido, y analizando la Figura 2.44, resulta muy sencillo comprender su funcionamiento.

Si la corriente de retorno  $I_2$  es menor que la corriente de entrada  $I_1$ , significa que en el circuito protegido, aguas abajo del dispositivo, hay una corriente de derivación hacia tierra (a través del conductor de protección o de una persona), cuyo valor será la diferencia entre  $I_1$  e  $I_2$ .

Esta diferencia entre la corriente de entrada y la de salida hace que se produzca un flujo magnético en el toroide del interruptor que genera la corriente de disparo  $I_3$ , que accionará el dispositivo, desconectando el circuito.

### Características de los interruptores diferenciales

Los valores característicos asociados a los interruptores diferenciales quedan definidos por los siguientes parámetros:

- Tipología del interruptor diferencial.
- Tensión nominal (V).
- Intensidad nominal de trabajo (A).
- Sensibilidad, o intensidad o de disparo (A).

- Tiempo de disparo (s).
- Número de polos.
- Polaridad (en algunos diferenciales se marca el borne de neutro).
- Temperatura de trabajo.
- Endurancia mecánica.
- Endurancia eléctrica.

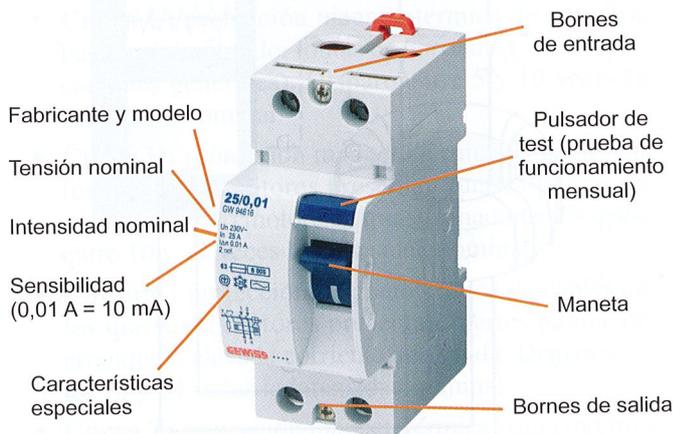


Figura 2.47. Parámetros característicos de un interruptor diferencial.

### SABÍAS QUE...

Es muy importante que los interruptores diferenciales se conecten junto con dispositivos de protección magnetotérmica que garanticen que no se supera su intensidad nominal, de lo contrario el diferencial podría dañarse. Cuando esto ocurre se dice que el interruptor diferencial está **protegido**.

### Sensibilidad de disparo

La sensibilidad del interruptor diferencial es la característica fundamental del dispositivo, pues determina la máxima corriente de fuga que va a dejar circular por un circuito antes de actuar y desconectarlo. Cuanto más pequeña sea la sensibilidad del diferencial, más protegido estará el circuito.

Los interruptores diferenciales convencionales poseen una sensibilidad fija, la cual debe estar normalizada en uno de los valores que se muestran en la Tabla 2.21.

### NORMATIVA

Para garantizar la seguridad e integridad de las personas, el Reglamento de Baja Tensión establece que los circuitos deben estar protegidos frente a corrientes diferenciales de manera que se garantice que a una persona no pueda atravesarla una corriente mayor a 30 mA, durante como máximo 310 milisegundos.

Tabla 2.21. Valores de sensibilidad de los interruptores diferenciales domésticos

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, etcétera.
	30 mA	Cualquier circuito que alimente receptores que vayan a ser manipulados por personas (es la máxima sensibilidad permitida en viviendas por el REBT).
Baja sensibilidad	100 mA	Cuadros eléctricos secundarios.
	300 mA	Cuadros eléctricos generales, protección de maquinaria de gran potencia, instalaciones de alumbrado exterior.
	500 mA	Cuadros eléctricos generales.

La denominación práctica de los interruptores diferenciales se realiza atendiendo a su intensidad nominal, número de polos y sensibilidad. Por ejemplo, un interruptor diferencial monofásico de 16 A y 30 mA se denomina 2x16A/30, un interruptor diferencial trifásico de 125 A y 300 mA se denomina 4x125A/300, etcétera.

Los interruptores diferenciales de tipo relé, al contrario de lo que ocurre con los convencionales, pueden ser **regulados** tanto en intensidad como en tiempo de disparo.

Generalmente, el reglaje de la sensibilidad puede establecerse entre 0,03 y 3 A, y el valor del tiempo de disparo entre 0,01 y 5 segundos.

Esta característica asociada a los relés diferenciales hace que sean muy utilizados en las instalaciones industriales.



Figura 2.48. Relé diferencial. (Cortesía de Siemens).



## Clasificación de los interruptores diferenciales

Además de los interruptores diferenciales ya estudiados, de tipo convencional y relé, se puede ampliar la clasificación de estos dispositivos más compleja, atendiendo a características específicas de su funcionamiento:

- Interruptor diferencial selectivo o **superinmunizado** («Si»). Discrimina perturbaciones en la red y las ondas armónicas, evitando disparos intempestivos.
- Interruptor diferencial **rearmable**. La reconexión del dispositivo se realiza automáticamente en caso de que la derivación no sea permanente.
- Interruptor automático diferencial tipo **Vigi**. Se trata de un bloque formado por un interruptor diferencial y un interruptor automático. Con este componente se facilitan las conexiones, queda siempre garantizado que el diferencial se encuentra protegido, e incluso con algunos modelos compactos se puede ahorrar espacio en el cuadro.
- Relé diferencial programable. Es un relé diferencial con opciones de configuración y reglaje más sofisticadas.

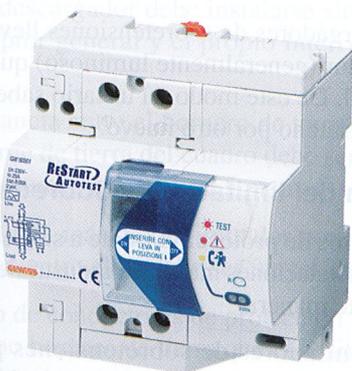


Figura 2.49. Interruptor diferencial rearmable. (Cortesía de Gewiss).



Figura 2.50. Relé diferencial programable. (Cortesía de Siemens).

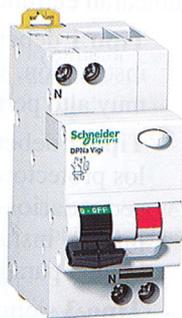


Figura 2.51. Bloque Vigi. (Cortesía de Schneider Electric).

## 2.2.8. Dispositivos de protección frente a sobretensiones

El descargador o limitador de sobretensiones es un dispositivo de protección de las instalaciones eléctricas frente a los aumentos repentinos del nivel de voltaje, los cuales pueden ser de dos tipos: permanentes o transitorios.

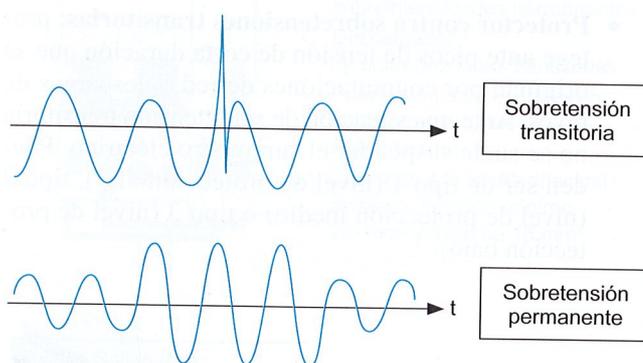


Figura 2.52. Tipos de sobretensiones.

El interior de un limitador de sobretensiones está formado por materiales que, en caso de sobretensión, evitan que penetre en la instalación y dañe a los equipos y materiales eléctricos.

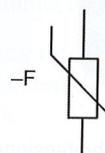


Figura 2.53. Símbolo genérico asociado al descargador de sobretensiones.

El uso del descargador de sobretensiones no resulta siempre obligatorio, pero es especialmente recomendable en aquellas regiones donde el número de rayos que se contabilizan cada año es muy elevado. No obstante, el Reglamento de Baja Tensión establece, entre otros supuestos, que será obligatorio el uso de dispositivos limitadores de las sobretensiones en:

- Instalaciones en edificios que cuenten con sistemas pararrayos.
- Instalaciones en las que se puedan ver afectadas actividades agrícolas o industriales no interrumpibles.
- Instalaciones en las que exista riesgo de fallo afectando a la vida humana.



## SABÍAS QUE...

El mapa en el que se representan geográficamente las zonas de mayor o menor riesgo de actividad de rayos se denomina **isocerámico**.

## Clasificación de los limitadores de sobretensiones

Actualmente es posible diferenciar tres tipos de dispositivos de protección de sobretensiones para instalaciones eléctricas industriales, dependiendo de sus aplicaciones y características, atendiendo a la siguiente clasificación:

- **Protector contra sobretensiones transitorias:** protege ante picos de tensión de corta duración que se originan por conmutaciones de red o descargas de rayos. Ante una situación de sobretensión transitoria no se suele suspender el suministro eléctrico. Pueden ser de tipo 1 (nivel de protección alto), tipo 2 (nivel de protección medio) o tipo 3 (nivel de protección bajo).

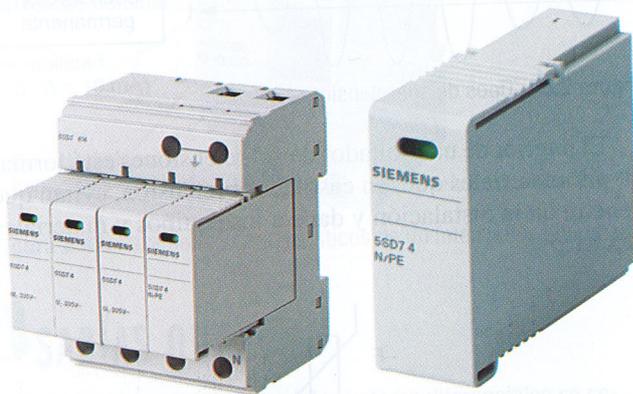


Figura 2.54. Descargador de sobretensiones transitorias y detalle del cartucho interno con indicador de vida útil.

- **Protector contra sobretensiones permanentes:** suspende de inmediato el suministro eléctrico ante pequeñas sobretensiones de larga duración (producidas por descompensación de fases, fallo en el conductor neutro, etcétera).
- **Protector contra sobretensiones combinados:** incorporan las dos protecciones en un mismo elemento.



Figura 2.55. Limitador de sobretensiones permanentes.

## SABÍAS QUE...

Los descargadores de sobretensiones llevan incorporado un indicador (generalmente luminoso) que marca el fin de su vida útil. De este modo, el usuario sabe cuándo debe sustituir el cartucho por otro nuevo.

## Características de los descargadores de sobretensiones

Las características más relevantes de los descargadores de sobretensiones quedan definidas por los siguientes parámetros:

- **Tensión nominal o de disparo (nivel de protección), Up:** es la tensión a partir de la cual el descargador entra en funcionamiento. Se expresa en voltios (V) o kilovoltios (kV).
- **Tensión máxima de servicio permanente.**
- **Intensidad nominal de descarga e intensidad máxima de descarga.**
- **Número de descargas (vida útil):** es el número de descargas a tierra que es capaz de realizar. Cuando se supera este valor deja de funcionar.

Los descargadores de sobretensiones llevan incorporado un indicador (generalmente luminoso) que marca el fin de su vida útil. De este modo, el usuario sabe cuándo debe sustituir el cartucho por otro nuevo.

## Instalación del limitador de sobretensiones

Los dispositivos de protección frente a sobretensiones asociados a las instalaciones interiores industriales se instalarán de la siguiente manera:

- Los limitadores de sobretensiones permanentes, siempre en la cabecera de la instalación o cuadro de distribución.
- Los descargadores de sobretensiones transitorias se ubicarán en función del equipo a proteger:
  - **Tipo 1** deberán ser instalados a la entrada de la instalación, ya que tienen un nivel de protección muy alto pero una rapidez de respuesta baja.
  - **Tipo 2** deben instalarse siempre aguas abajo de los protectores de tipo 1, en el cuadros eléctricos secundarios. Si no existe protección de tipo 1, pueden instalarse en el cuadro general de distribución para proteger toda la instalación.
  - **Tipo 3** siempre deben ir precedidos por descargadores de tipo 2. Deben instalarse para la protección específica de equipos sensibles, o en equipos que estén a una distancia superior a 20 metros de la ubicación del protector de tipo 2.

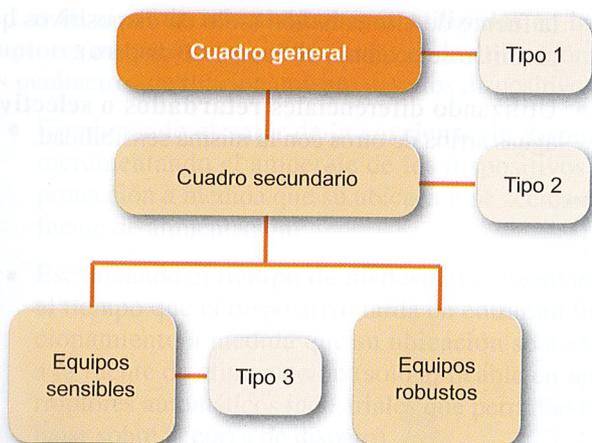


Figura 2.56. Ejemplo de una instalación con tres tipos de descargadores de sobretensiones.

Los descargadores de sobretensiones de los tipos 1 y 2, como irán siempre instalados en cuadros eléctricos, deben cumplir unos requisitos de instalación más específicos:

- Se debe instalar un interruptor automático aguas arriba del limitador, para evitar el disparo del interruptor general automático del cuadro (IGA).
- Para evitar disparos de los interruptores diferenciales, el descargador debe instalarse siempre entre el interruptor general y el propio interruptor diferencial.
- La distancia entre el bornero de tierra del limitador y el borne de tierra del cuadro debe ser la menor posible, y nunca superior a 0,5 metros.
- Si se utiliza más de un limitador por instalación, la distancia entre ellos debe ser mayor de 10 m.
- El resto de conductores de protección se conectarán al mismo bornero de tierra que el limitador.

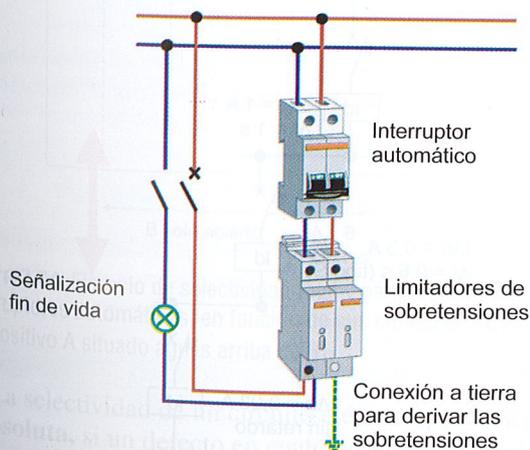
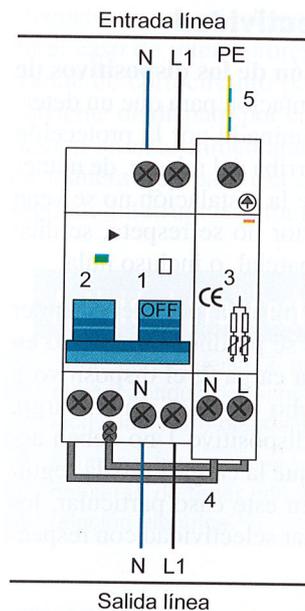


Figura 2.57. Ejemplo de conexionado de un descargador de sobretensiones de tipo 1 o 2.



1. Interruptor general automático (IGA)
2. Bobina de protección contra sobrecorrientes permanentes
3. Descargador de sobretensiones transitorias
4. Puentes rígidos de conexión del interruptor general con la bobina
5. Conexión a la borna principal de tierra. Sección mínima 2,5 mm<sup>2</sup> y máxima 16 mm<sup>2</sup>

Figura 2.58. Ejemplo de conexionado de un protector contra sobretensiones combinado.

Respecto a la elección del interruptor automático de desconexión más adecuado para un limitador de sobretensiones, depende en gran medida del fabricante, pero de manera genérica se pueden establecer las siguientes prescripciones:

- Para limitadores de 8, 15 y 40 kA el interruptor magnetotérmico será de curva C con una intensidad nominal de 20 A.
- Para limitadores de 65 kA el interruptor magnetotérmico será de curva C con una intensidad nominal de 50 A.
- El interruptor magnetotérmico debe ser de corte omnipolar.
- El poder de corte del interruptor magnetotérmico se escogerá en función de la intensidad de cortocircuito máxima de la instalación, sin tener en cuenta la influencia del limitador de sobretensiones.

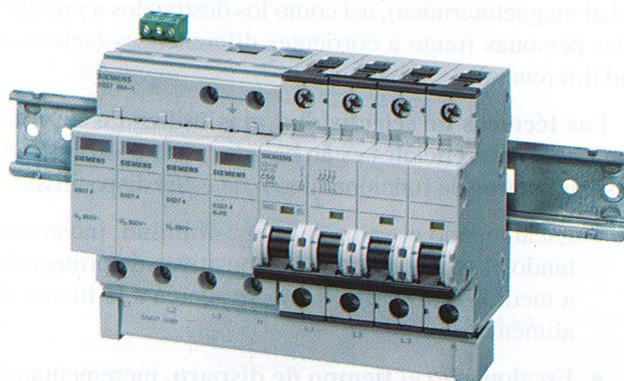


Figura 2.59. Detalle de un descargador de sobretensiones e interruptor automático asociado. (Cortesía de Siemens).

### 2.2.9. Concepto de selectividad

La selectividad es la **coordinación de los dispositivos de protección** por corte de la alimentación para que un determinado defecto eléctrico sea eliminado por la protección ubicada inmediatamente aguas arriba del mismo, de manera que el resto de los circuitos de la instalación no se vean afectados. Si la condición anterior no se respeta, se dice entonces que la selectividad es parcial, o incluso nula.

Observando la Figura 2.60, resulta posible entender perfectamente este concepto. Si se produce un defecto en el circuito de alimentación de la carga 2, el dispositivo 3 debe activarse e interrumpir dicho circuito; sin embargo, tanto el dispositivo 2, como el dispositivo 1 no deben actuar ante el defecto, de manera que la carga 1 pueda seguir funcionando con normalidad. En este caso particular, los dispositivos 2 y 3 deberán guardar selectividad con respecto al dispositivo 1.

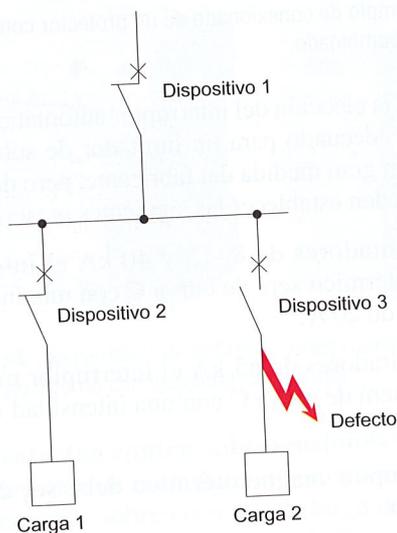


Figura 2.60. Principio de selectividad.

Deben mantener la selectividad todos los dispositivos de protección de las instalaciones eléctricas destinados a proteger la instalación frente a sobrecorrientes (selectividad magnetotérmica), así como los destinados a proteger a las personas frente a corrientes diferenciales (selectividad diferencial).

Las **técnicas de selectividad más utilizadas en interruptores diferenciales** están basadas en la utilización de tres parámetros de funcionamiento de estos dispositivos:

- Escalonando el valor de la **sensibilidad**, incrementando el amperaje de los dispositivos de protección a medida que su ubicación se acerca a la fuente de alimentación.
- Escalonando el **tiempo de disparo**, incrementando el tiempo que el diferencial tarda en entrar en funcionamiento a medida que su ubicación se acerca a

la fuente de alimentación (solo en dispositivos que permitan seleccionar el tiempo de disparo).

- Utilizando diferenciales **retardados o selectivos** aguas arriba de otros con la misma sensibilidad.

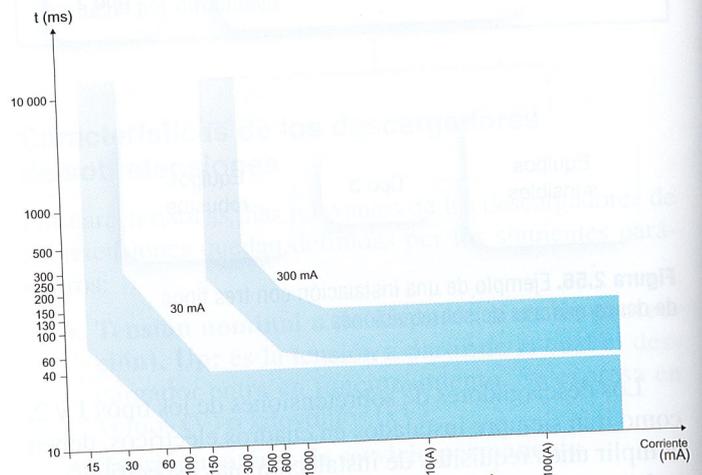


Figura 2.61. Ejemplo de selectividad en interruptores diferenciales domésticos de 30 mA y 300 mA. (El diferencial de 300 mA estará situado aguas arriba del diferencial de 30 mA).

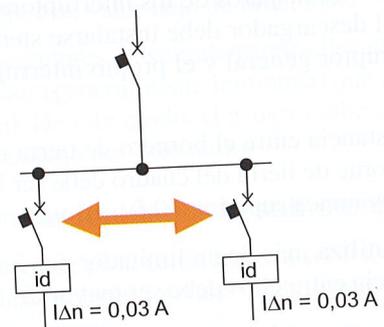


Figura 2.62. Ejemplo de selectividad horizontal. (Cortesía de Schneider Electric).

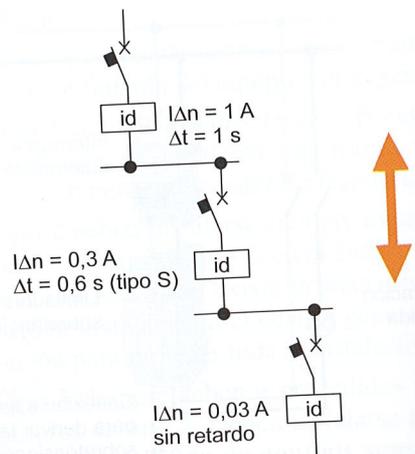
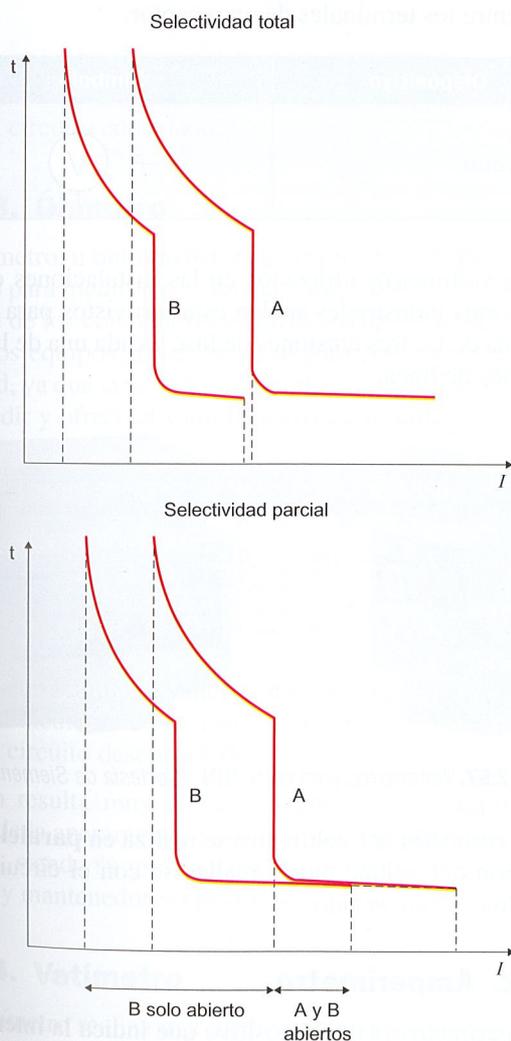


Figura 2.63. Ejemplo de selectividad vertical. (Cortesía de Schneider Electric).



Las técnicas de selectividad más utilizadas en interruptores automáticos están basadas en la utilización de dos parámetros de funcionamiento de estos dispositivos:

- Escalonando el valor de la **corriente de disparo**, incrementando el amperaje de los dispositivos de protección a medida que su ubicación se acerca a la fuente de alimentación.
- Escalonando el **tiempo de disparo**, incrementando el tiempo que el dispositivo tarda en entrar en funcionamiento a medida que su ubicación se acerca a la fuente de alimentación (solo aplicable en interruptores automáticos industriales que permitan trabajar sobre la curva de disparo).



**Figura 2.64.** Ejemplo de selectividad total y parcial para dos interruptores automáticos, en función de sus curvas de disparo (dispositivo A situado aguas arriba de B).

La selectividad de un circuito eléctrico puede ser **total** o **absoluta**, si un defecto en cualquier punto de la instalación es eliminado por el dispositivo de protección situado inmediatamente aguas arriba del defecto sin que se vean

afectados los demás dispositivos de protección; o **parcial**, en el caso de interruptores automáticos, si la máxima corriente de cortocircuito posible es superior al ajuste de la corriente de disparo por cortocircuito del interruptor automático situado inmediatamente aguas arriba del defecto, de manera que para esa condición disparará también un segundo interruptor automático.

## Actividad propuesta 2.4

¿Qué consecuencias puede tener en una instalación eléctrica industrial el hecho de que no se respete la selectividad entre dispositivos de protección?

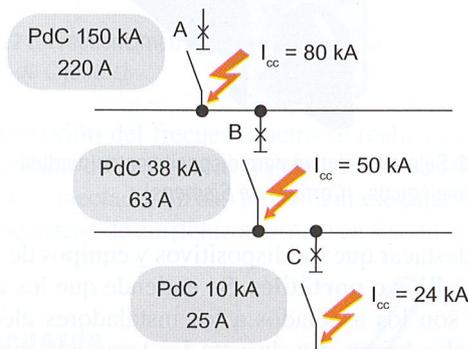
Enumera las posibles ventajas que crees que pueden derivarse de tener una correcta selectividad en una instalación eléctrica.

### 2.2.10. Concepto de filiación

Se denomina filiación a la disposición o coordinación de interruptores automáticos en un circuito eléctrico de tal manera que, mediante la limitación del valor máximo de **corriente de cortocircuito** que pasa a través de un determinado interruptor automático, será posible utilizar en todos los circuitos situados **aguas abajo de su ubicación** aparataje con capacidades de corte de cortocircuito y capacidades de resistencia térmica y electromagnética de valores inferiores a los que deberían ser necesarios.

Las ventajas que ofrece la aplicación de la filiación en las instalaciones eléctricas son numerosas:

- Ahorro económico.
- Mayor posibilidad de elección de la aparataje aguas abajo.
- Uso de aparataje de menor rendimiento.
- Disminución de los requisitos de espacio físico en los cuadros y armarios eléctricos.
- Cálculos simplificados de la corriente de cortocircuito.



**Figura 2.65.** Ejemplo de filiación de interruptores automáticos. (Cortesía de Schneider Electric).

### 2.3. Dispositivos y equipos de medida

En toda instalación eléctrica es necesario controlar y gestionar los distintos parámetros característicos de los circuitos, a través de mediciones o registros de los mismos. Los dispositivos y equipos de medida son componentes que se encargan de esta función.

Se trata de equipos muy sensibles y sofisticados, y una mala conexión o la interpretación errónea de las lecturas que ofrecen pueden dar lugar a problemas inesperados. Por este motivo, durante su estudio y posterior montaje hay que tener muy en cuenta factores como: la forma de conexión, los valores máximos de la escala de medida, las características de funcionamiento nominales, la posición de trabajo, el rango de trabajo, etcétera.

Símbolo genérico de un equipo de medida	-P 
---	--

Los instrumentos y dispositivos de medida pueden ser de tipo **digital** o **analógico**.

Los dispositivos digitales se caracterizan porque muestran el valor numérico de la magnitud a medir a través de un *display* frontal, con punto decimal, polaridad y unidad. Esto facilita enormemente la lectura por parte de los usuarios de las instalaciones.

En los dispositivos analógicos se realiza la lectura mediante la posición de una aguja sobre una escala de medida. Existen equipos analógicos que pueden realizar varias medidas, por ejemplo las tres intensidades de fase de un circuito trifásico, pero dado que únicamente pueden mostrar una sola magnitud en la pantalla, suelen estar acompañados de un selector rotativo que permite escoger lo que se desea visualizar.

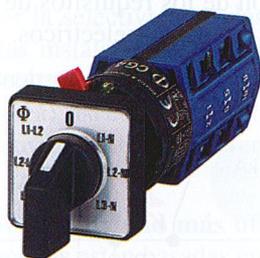


Figura 2.66. Selector rotativo para dispositivos de medida de tensión analógicos. (Cortesía de Siemens).

Cabe destacar que los dispositivos y equipos de medida pueden ser **fijos** o **portátiles**. Se entiende que los equipos portátiles son los asociados a los instaladores eléctricos, de los cuales hacen uso durante las tareas de montaje y mantenimiento. Dichos dispositivos serán analizados en la Unidad 12 del libro.

En este apartado se estudiarán únicamente los equipos de medida que son considerados como **aparamenta eléctrica**, es decir, aquellos que forman parte de la instalación eléctrica al haber sido instalados de una manera fija para medir o monitorizar las variables asociadas a los circuitos.

Para realizar este cometido, estos dispositivos podrán estar diseñados para ser montados sobre carril DIN o sobre la puerta de los cuadros y armarios eléctricos.

#### 2.3.1. Voltímetro

El voltímetro se utiliza para conocer la tensión o diferencia de potencial (V) entre dos puntos del circuito. La medida puede realizarse directamente sobre dos conductores activos o entre los terminales de un receptor.

Dispositivo	Símbolo
Voltímetro	-P 

Los voltímetros utilizados en las instalaciones de automatismos industriales suelen estar provistos para medir cada una de las tres tensiones de fase y cada una de las tres tensiones de línea.

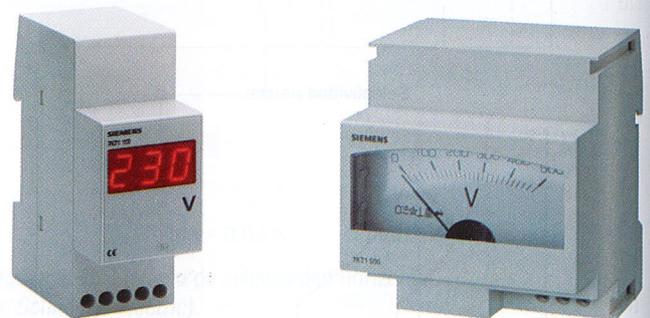


Figura 2.67. Voltímetros para carril DIN. (Cortesía de Siemens).

La **conexión** del voltímetro se realiza en **paralelo**, y la medición del voltaje puede realizarse con el circuito conectado o desconectado.

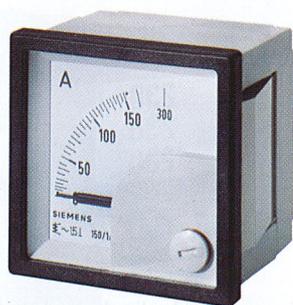
#### 2.3.2. Amperímetro

El amperímetro es un dispositivo que indica la intensidad de corriente eléctrica (A) que circula por una línea o por un conductor determinado.

Dispositivo	Símbolo
Amperímetro	-P 



**Figura 2.68.** Amperímetro para carril DIN. (Cortesía de Siemens).



**Figura 2.69.** Amperímetro para montaje superficial en la puerta de un cuadro eléctrico. (Cortesía de Siemens).

La **conexión** del amperímetro se realiza siempre en **serie**, y la medición de la intensidad debe realizarse siempre con el circuito conectado.

### 2.3.3. Óhmetro

El óhmetro, u ohmímetro, es un dispositivo de medida utilizado para medir la resistencia o impedancia ( $\Omega$ ), generalmente de los conductores eléctricos o de los bobinados de algunos equipos. También sirve para comprobar la continuidad, ya que si no hay continuidad el óhmetro es incapaz de medir y ofrece el valor  $0 \Omega$ , error o infinito.

Dispositivo	Símbolo
Óhmetro	-P $\Omega$

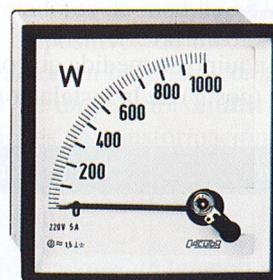
La **conexión** del óhmetro se realiza siempre en **paralelo**, y la medición de la resistencia debe realizarse siempre con el circuito desconectado.

No resulta muy común encontrar este equipo como parte de la aparamenta asociada a los automatismos industriales, siendo su uso más común por parte de los instaladores y mantenedores eléctricos.

### 2.3.4. Vatímetro

El vatímetro realiza una medición de la potencia eléctrica (W) que están demandando en un momento determinado las líneas del circuito sobre las que ha sido instalado.

Dispositivo	Símbolo
Vatímetro	-P $W$



**Figura 2.70.** Vatímetro para montaje superficial en la puerta de un cuadro eléctrico. (Cortesía de Circutor).

La **conexión** del vatímetro se realiza en **serie-paralelo**, puesto que este dispositivo tiene cuatro bornes de conexión: dos corresponden con la medida de intensidad (se conectan en serie) y las otras dos corresponden con la medida de tensión (se conectan en paralelo).

La medición de la potencia debe realizarse siempre con el circuito conectado.

### 2.3.5. Frecuencímetro

El frecuencímetro es un dispositivo de medición de la frecuencia (Hz) de la red a la que ha sido conectado.

Dispositivo	Símbolo
Frecuencímetro	-P $Hz$



**Figura 2.71.** Frecuencímetro para montaje en carril DIN. (Cortesía de Circutor).

La **conexión** del frecuencímetro se realiza en **paralelo**, y la medición de la frecuencia debe realizarse siempre con el circuito conectado. Su uso únicamente se establece en circuitos eléctricos de corriente alterna o en sistemas trifásicos.

## Recuerda

La frecuencia de la red industrial es de 50 Hz.



### 2.3.6. Fasímetro

El fasímetro es un equipo de medida que ofrece el valor del factor de potencia ( $\cos \varphi$ ) de la instalación eléctrica.

Dispositivo	Símbolo
Fasímetro	-P $\varphi$

La **conexión** del fasímetro se realiza en **paralelo**, y la medición del factor de potencia debe realizarse siempre con el circuito conectado. Al igual que el frecuencímetro, su uso únicamente se establece en circuitos eléctricos de corriente alterna o en sistemas trifásicos.



### SABÍAS QUE...

Para corregir el factor de potencia se utilizan baterías de condensadores.

### 2.3.7. Sincronoscopio

El sincronoscopio, o relé de sincronismo, es un dispositivo de medida que se utiliza en las instalaciones que cuentan con dos generadores eléctricos, o un generador y la red eléctrica externa, conectados en paralelo para aplicaciones de emergencia o de apoyo cuando se requiere un aporte de potencia muy elevado.

Su función es indicar la diferencia de frecuencia y ángulo de fase entre las dos entradas de suministro, con el objetivo de controlar y verificar que se encuentran permanentemente en sincronismo.

### 2.3.8. Analizadores de redes

En las instalaciones eléctricas modernas, gran parte de los dispositivos de medición citados anteriormente se encuentran en desuso, ya que han sido sustituidos por otro equipo más sofisticado que cumple la función de todos ellos de manera integrada.

Este dispositivo, conocido como analizador de redes o central de medida, permite la comprobación de numerosos parámetros de una instalación eléctrica en funcionamiento, tales como:

- Tensiones de fase.
- Tensiones de línea.
- Intensidad de cada línea.
- Energía consumida.
- Factor de potencia ( $\cos \varphi$ ).
- Frecuencia.



Figura 2.72. Analizadores de red para montaje superficial en la puerta de un cuadro eléctrico. (Cortesía de Siemens).



Figura 2.73. Analizador de red para carril DIN. (Cortesía de Siemens).

### 2.3.9. Contadores de energía

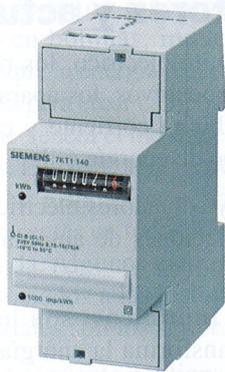
Los contadores de energía miden la demanda de **energía eléctrica** de la instalación en la que han sido ubicados. Esta energía puede ser activa (kWh) o reactiva (kVAr).

En las instalaciones eléctricas industriales es común utilizar estos dispositivos para contabilizar la energía de circuitos concretos de manera individualizada, ya que la medición de la energía total consumida por la instalación suele realizarse en la parte de alta tensión del centro de transformación, puesto que la tarifa aplicable en estos casos es más económica.

Dispositivo	Símbolo
Contador de energía activa	-P $\text{kWh}$
Contador de energía reactiva	-P $\text{kVAr}$

Los contadores pueden ser de dos tipos:

- **Contadores electromecánicos:** también conocidos como **contadores de disco**, han sido los más utilizados hasta hace unos años. Utilizan bobinas de tensión y corriente para mover un disco que a su vez mueve un panel numérico analógico donde queda reflejado el consumo de la instalación.



**Figura 2.74.** Contador electromecánico de energía activa para carril DIN. (Cortesía de Siemens).

- **Contadores electrónicos:** los contadores electrónicos son equipos de medición más modernos que han sustituido a los antiguos contadores analógicos de disco. Utilizan convertidores que a través de impulsos eléctricos contabilizan la energía consumida, mostrándola en un *display* digital.



**Figura 2.75.** Contadores electrónicos modulares para carril DIN. (Cortesía de ABB).

La conexión de un contador de energía eléctrica depende del modelo, y suele venir reflejada en su placa de características.

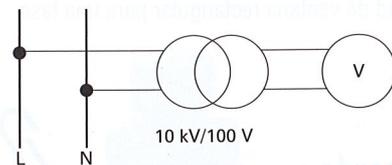
### 2.3.10. Transformadores de medida

Los transformadores de medida son dispositivos utilizados para realizar **medidas indirectas** en circuitos e instalaciones de alta potencia, donde las tensiones o las intensidades presentes son tan elevadas que requerirían el uso de equipos de medida muy grandes y costosos. Disponen de un circuito primario que realiza la medida sobre el circuito real y de un circuito secundario que se conecta al componente que realiza la lectura.

Los transformadores de medida aíslan los circuitos de potencia de los dispositivos de medida, permitiendo una mayor normalización en la construcción de estos equipos. Suelen disponer de un selector **multirratio** para obtener diferentes relaciones de transformación.

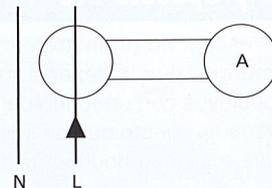
Existen dos tipos de transformadores de medida: de tensión y de intensidad.

- Los transformadores de **tensión** convierten un valor de voltaje de entrada muy elevado en un valor de salida reducido. Su uso está asociado a las instalaciones de alta tensión, siendo muy poco frecuente su utilización en instalaciones de baja tensión.



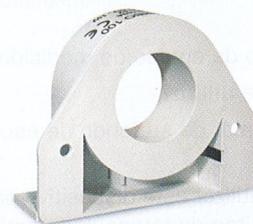
**Figura 2.76.** Representación de un transformador de tensión.

- Los transformadores de **intensidad**, o transformadores de corriente, convierten un valor de intensidad de entrada muy elevado en un valor de salida reducido. Su uso en instalaciones industriales es muy frecuente, ya que tienen la capacidad de leer intensidades de hasta 10 kA ofreciendo corrientes secundarias de entre 1 y 5 A.



**Figura 2.77.** Representación de un transformador de intensidad.

Los transformadores de intensidad pueden ser de tipo **toroidal** o de **ventana rectangular**. En su instalación y mantenimiento hay que tener especial cuidado, dado que si se conecta el dispositivo con el circuito secundario en vacío puede resultar dañado e incluso quemarse internamente. En caso de duda siempre es recomendable cortocircuitar la salida del secundario para evitar este tipo de problemas.



**Figura 2.78.** Transformador de intensidad de tipo toroidal y relación de transformación 100/5 A.

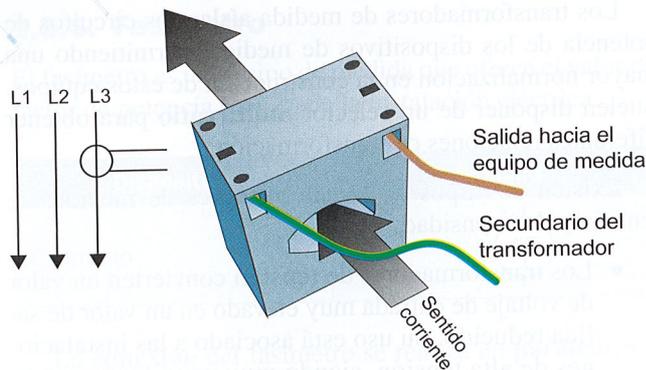


Figura 2.79. Ejemplo de instalación de un transformador de intensidad de ventana rectangular para una fase.

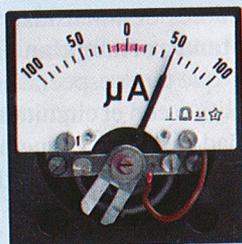
### Recuerda

Los transformadores de intensidad también pueden estar asociados a la aparatada de protección para realizar medidas indirectas, como por ejemplo en los interruptores diferenciales y los relés térmicos.

### Actividad propuesta 2.5

El fondo de escala de un instrumento de medida es el valor máximo que puede llegar a medir. Es importante utilizar dispositivos con un fondo de escala superior a la magnitud a medir, puesto que de lo contrario la medición no será fiable e incluso podríamos dañar el aparato.

Observa el dispositivo de medida de la figura y responde a las siguientes cuestiones:



- ¿De qué tipo de equipo de medición se trata?
- ¿Para qué se utiliza?
- Expresa el valor de su fondo de escala en miliamperios.
- ¿Se podría utilizar este dispositivo para realizar medidas en circuitos de intensidad nominal superiores a 10 A?

## 2.4. Receptores y actuadores

Como en todo circuito eléctrico, los receptores y los actuadores son los dispositivos, los aparatos o las máquinas encargados de recibir la corriente y convertir la energía eléctrica en otro tipo de energía útil.

Los receptores y actuadores eléctricos de uso más frecuente en las instalaciones de automatismos industriales son los siguientes:

- **Receptores lumínicos:** son los dispositivos en los que se transforma la energía eléctrica en energía luminosa. Son muy comunes en los circuitos de maniobra para indicar el estado de los procesos industriales.

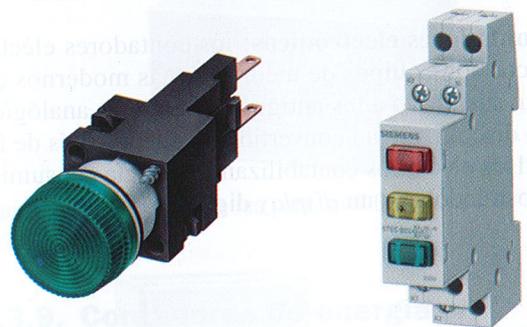


Figura 2.80. Pilotos de señalización. (Cortesía de Siemens).

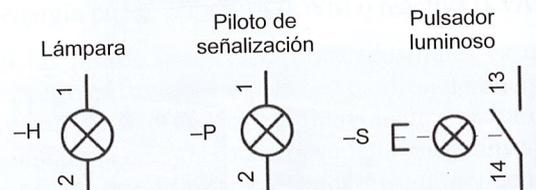


Figura 2.81. Simbología asociada a los receptores lumínicos.

- **Receptores térmicos:** son los dispositivos en los que se transforma la energía eléctrica en calor (efecto Joule). Este calor puede ser aprovechado (como en un calefactor eléctrico o en un horno industrial) o disipado sin uso (bloque de resistencias de arranque o resistencia de frenado en un motor).
- **Receptores electroquímicos:** son los dispositivos que transforman la energía eléctrica en energía química, como en el caso de las células electrónicas.
- **Receptores capacitivos:** son los dispositivos en los que se transforma la energía eléctrica en energía reactiva para crear campos eléctricos. En las instalaciones industriales es muy frecuente el uso de baterías de condensadores para compensar el factor de potencia.
- **Receptores mecánicos:** son los dispositivos en los que se transforma la energía eléctrica en energía mecánica (movimiento giratorio o lineal).



La mayoría de estos receptores basan su funcionamiento en bobinas, inductancias o electroimanes en los que la energía eléctrica es convertida en energía reactiva para crear campos magnéticos, a partir de los cuales se genera el movimiento mecánico en las partes móviles. Los receptores mecánicos son los más utilizados en las instalaciones industriales ya que se encuentran presentes en todos los procesos en mayor o menor medida. Algunos ejemplos de receptores y actuadores asociados a las instalaciones de automatismos industriales son los siguientes:

- Motores de corriente continua.
- Motores de monofásicos y trifásicos.
- Bombas y compresores.
- Actuadores electrohidráulicos y electroneumáticos.
- Electroválvulas.
- Zumbadores, timbres y sirenas.
- Robots articulados y robots de carga.
- Células robotizadas y paletizadores.

## Recuerda



Se considera como aparamenta eléctrica a cualquier elemento de un circuito que cumpla alguna de las siguientes funciones: seccionamiento, conexión, protección o control y medida. Los receptores eléctricos, por tanto, no pueden ser considerados como aparamenta.



**Figura 2.82.** Robots articulados y cinta transportadora de un proceso industrial. Ambos elementos basan su funcionamiento en motores.



**Figura 2.83.** Electroválvulas.



**Figura 2.84.** Electroválvula neumática.



**Figura 2.85.** Motores industriales.

## Actividades de comprobación

2.1. ¿Cómo se deben conectar las bases de toma de corriente en una instalación eléctrica convencional?

- a) Serie.
- b) Paralelo.
- c) Mixto.

2.2. ¿Cuál de los siguientes elementos de maniobra vuelve a su posición original cuando se deja de actuar sobre sus contactos?

- a) Interruptor.
- b) Regulador.
- c) Pulsador.

2.3. Un exceso de cargas eléctricas conectadas en un circuito eléctrico puede producir:

- a) Cortocircuitos.
- b) Sobrecargas.
- c) Sobretensiones.

2.4. ¿Qué es el calibre de un fusible?

- a) El diámetro del fusible.
- b) El nivel de tensión máximo que soporta el fusible.
- c) El valor de intensidad límite que es capaz de soportar sin fundirse.

2.5. Las posibles consecuencias de las sobretensiones y sobreintensidades en las instalaciones eléctricas son:

- a) Calentamiento excesivo de los materiales.
- b) Interrupción del suministro eléctrico.
- c) Todas las respuestas anteriores son correctas.

2.6. Si tienes un interruptor automático de 2x16A, puedes afirmar:

- a) Que es un interruptor automático tripolar de 16 A de intensidad nominal.
- b) Que es un interruptor automático bipolar de 16 A de intensidad nominal.
- c) Que es un interruptor automático bipolar de 16 A de poder de corte.

2.7. ¿Cuál de los siguientes interruptores diferenciales se puede considerar como de alta sensibilidad?

- a) Interruptor diferencial 2x40A/300 mA.
- b) Interruptor diferencial 4x63A/0,03 A.
- c) Interruptor diferencial 2x25A/0,5 A.

2.8. Un interruptor automático magnetotérmico protege frente a:

- a) Sobrecargas y cortocircuitos.
- b) Sobretensiones y cortocircuitos.
- c) Sobrecargas y sobretensiones.

2.9. Un interruptor diferencial tiene la función de proteger:

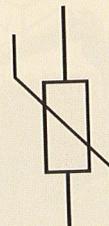
- a) Frente a sobrecargas.
- b) Frente a contactos indirectos.
- c) Frente a sobretensiones.

2.10. ¿Cuál de los siguientes términos no hace referencia a un tipo de fusible?

- a) DPN.
- b) Cuchilla.
- c) Rosca.

2.11. El símbolo de la figura representa:

- a) Un descargador de sobretensiones.
- b) Un bloque Vigi.
- c) Un relé térmico.



2.12. ¿Qué instrumento puedes utilizar para medir la potencia eléctrica en un circuito?

- a) Un contador de energía.
- b) Un vatímetro.
- c) Un fasímetro.

2.13. El equipo de medida que permite la comprobación de numerosos parámetros de una instalación eléctrica se denomina:

- a) Sincronoscopio.
- b) Transformador de intensidad.
- c) Analizador de redes.



## Actividades de aplicación

- 2.1.** Explica la característica fundamental de funcionamiento que define la diferencia entre los interruptores y los pulsadores.
- 2.2.** Explica la característica fundamental de funcionamiento que define la diferencia entre los interruptores y los contactores.
- 2.3.** ¿Qué función cumple la bobina interna (electroimán) de un contactor?
- 2.4.** ¿Qué tipo o categoría de contactor utilizarías para maniobrar sobre una carga de tipo resistivo? ¿Y para maniobrar sobre los motores que mueven cintas transportadoras en una instalación industrial?
- 2.5.** ¿Qué tipo de fusible es un gG? ¿Cuáles son sus principales características y aplicaciones? Enumera los tipos de fusibles, en función de su clase, más utilizados en las instalaciones de automatismos industriales.
- 2.6.** Explica brevemente por qué se dice que las sobrecargas son sobreintensidades de tipo térmico y los cortocircuitos son sobreintensidades de tipo magnético.
- 2.7.** Define los siguientes conceptos:
- Tensión nominal.
  - Arco eléctrico.
  - Corte omnipolar.
  - Poder de aislamiento.
  - Poder de corte.
- 2.8.** ¿En qué punto de una instalación eléctrica crees que puede ser mayor la intensidad de cortocircuito resultante de un defecto? Justifica tu respuesta relacionándola con el concepto de filiación.
- 2.9.** Explica brevemente el principio de funcionamiento de un relé térmico. ¿Cómo se produce la desconexión del circuito de potencia cuando se produce una sobrecarga?
- 2.10.** Justifica si los siguientes defectos pueden considerarse contactos directos o indirectos:
- Tocar una toma de corriente con la mano.
  - Que un cable suelto dentro de la lavadora entre en contacto con la carcasa metálica.
- 2.11.** ¿En qué se diferencia un interruptor automático tetrapolar de tres polos + neutro de otro tetrapolar de cuatro polos?
- 2.12.** ¿En qué se diferencian fundamentalmente las curvas de disparo de los interruptores automáticos? Razona la respuesta utilizando como ejemplo dos curvas a tu elección.
- 2.13.** Explica qué es la selectividad de un interruptor diferencial. Cita los valores de sensibilidad que pueden tener los interruptores diferenciales domésticos.
- 2.14.** Indica brevemente el método de instalación de un descargador de sobretensiones de tipo 1.
- 2.15.** Si deseas realizar una medición de corriente en un circuito eléctrico, sabiendo que el valor estará comprendido entre 10 y 20 amperios, ¿qué tipo de amperímetro debes utilizar?
- 2.16.** Indica cómo debe realizarse la conexión de los siguientes equipos eléctricos de medición:
- Voltímetro.
  - Amperímetro.
  - Óhmetro.
  - Vatímetro.
- 2.17.** ¿Qué es un transformador de medida? ¿Para qué se utiliza? ¿A qué magnitudes eléctricas están asociadas? ¿Qué otro tipo de transformadores conoces?

## Casos prácticos

2.1. A continuación se muestra el diagrama característico intensidad/tiempo, proporcionado por el fabricante, de varios fusibles tipo DIAZED de distinto calibre.

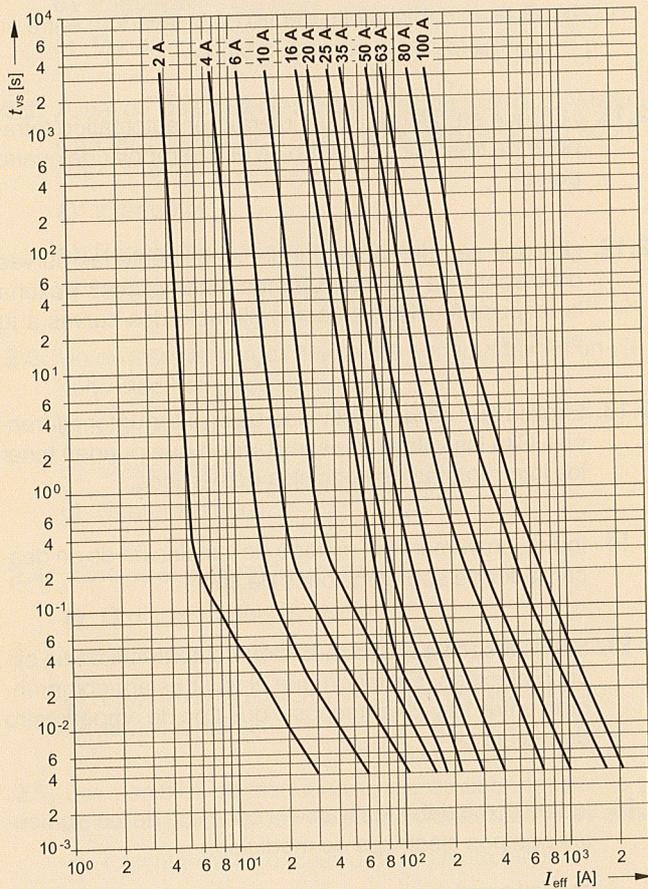


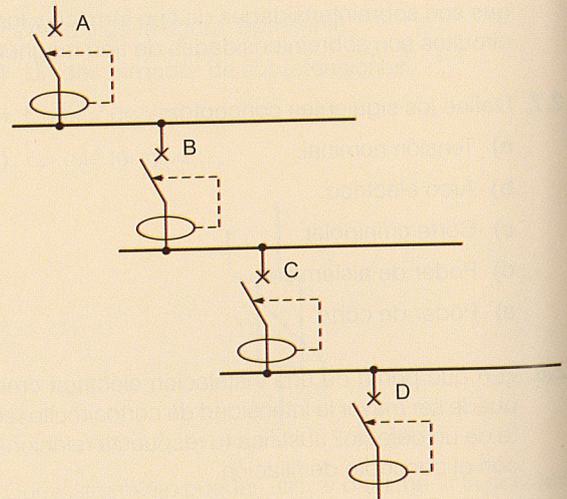
Figura 2.86. Curvas intensidad/tiempo correspondientes a diversos fusibles.

Analiza el gráfico y responde a las siguientes cuestiones:

- Establece la intensidad que haría actuar a cada uno de los fusibles tras un defecto de 2 minutos de duración.
- Establece los fusibles que responden ante sobrecargas de 60 A.
- ¿Qué fusibles podrías utilizar en un circuito en el que la intensidad de defecto estimada sea de 1000 A? ¿Cuánto tiempo tardarían en actuar los fusibles seleccionados ante esa intensidad?
- ¿Qué intensidad debe circular por un circuito para que el fusible de 100 A actúe en 1 segundo?

- ¿Qué fusibles podrían ser utilizados para proteger un circuito eléctrico de 30 A de intensidad nominal? ¿Qué fusible sería más recomendable utilizar?
- Identifica el fusible que actúa en menos de 0,1 segundos ante una sobrecarga de 40 A.
- ¿Qué fusibles actuarían adecuadamente ante una sobrecarga de 20 A?
- ¿Qué fusibles actuarían adecuadamente ante una sobrecarga de 2 A?
- Si la intensidad nominal de un circuito es de 90 A, ¿podría utilizarse el fusible de 80 A para proteger dicho circuito? Justifica la respuesta desde un punto de vista técnico y desde un punto de vista gráfico.

2.2. Dado el siguiente diagrama, en el que se muestran varios interruptores diferenciales (mediante la simbología simplificada) de una instalación eléctrica, y suponiendo que el dispositivo A se encuentra ubicado en el cuadro general de baja tensión y el resto se van ubicando aguas abajo:



- Define el concepto de selectividad y relaciónlo con el diagrama mostrado.
- De entre los siguientes modelos de interruptores diferenciales, selecciona cuál debería corresponderse con cada uno de los mostrados en el diagrama, para mantener la selectividad diferencial en la instalación:
  - Interruptor diferencial doméstico de 300 mA.
  - Relé diferencial con el reglaje en 300 mA temporizado a 250 ms.
  - Interruptor diferencial doméstico de 30 mA.
  - Interruptor diferencial superinmunizado de 30 mA.



**2.3.** Al moverse los electrones producen calor, de modo que si la intensidad de corriente que circula por un cable es muy elevada, puede suceder que ese calor rompa el cable. Como ya sabes, la intensidad que puede soportar un cable sin quemarse se denomina intensidad máxima admisible.

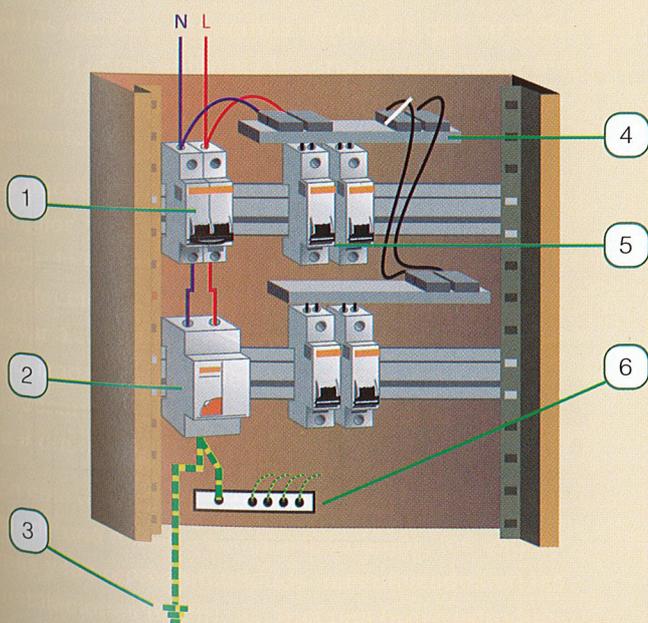
Es muy importante conocer la intensidad de corriente que va a circular por un circuito y seleccionar un conductor cuya sección se ajuste a esa intensidad.

Accede a los recursos digitales desde la ficha de web de la obra (en [www.paraninfo.es](http://www.paraninfo.es)) y localiza la tabla en la que se muestran las intensidades máximas admisibles de los conductores, dependiendo, entre otros factores, de su sección.

¡Ya puedes empezar a trabajar con los conductores más utilizados en baja tensión! Conociendo la intensidad máxima que pueden soportar podrás dimensionar instalaciones y seleccionar los dispositivos de protección más adecuados.

**2.4.** Dada la Figura 2.87, que representa a varios dispositivos y protecciones eléctricas en un cuadro general, resuelve las siguientes cuestiones:

1. Identifica en la figura los elementos señalados, indicando brevemente la función que cumplen.
2. Localiza los errores cometidos en la instalación de estos componentes y justifica la solución que adoptarías en cada caso.



**Figura 2.87.** Representación de un cuadro eléctrico con aparataje de protección.

**2.5.** A continuación se describen diferentes averías que pueden presentarse en una instalación eléctrica. Para cada una de ellas, identifica cuál de los siguientes dispositivos de protección actuaría en caso de producirse:

- Interruptor diferencial.
- Interruptor automático magnetotérmico o fusible.

Avería o incidencia en la instalación:

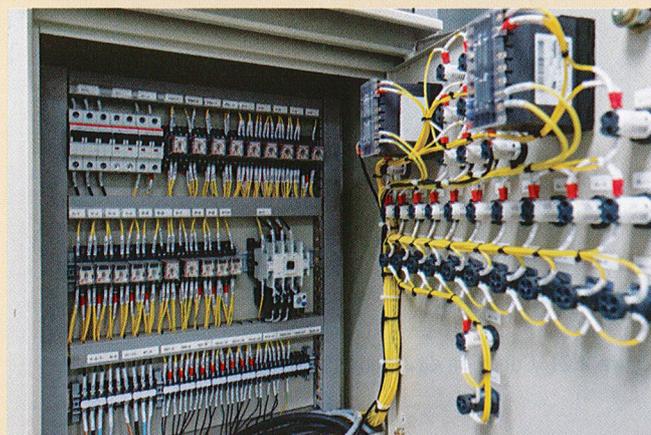
- a) Contacto directo.
- b) Derivación en algún punto de la canalización.
- c) Sobrecarga.
- d) Cortocircuito.
- e) Contacto indirecto.

**2.6.** Para cada una de las averías o incidencias del caso práctico anterior, a continuación se propone una posible solución para subsanarla o para evitar que se repita. Relaciona cada avería con su posible solución:

- I. Desconectar receptores del circuito o subir el calibre de la protección.
- II. Revisar la puesta a tierra de la instalación.
- III. Identificar la canalización y sustituirla o repararla.
- IV. Formación del personal o reparación del receptor.
- V. Revisar el aislamiento y el alejamiento de las partes activas e imprudencia del personal.

**2.7.** Localiza en internet o en los catálogos de los fabricantes de material eléctrico los calibres nominales normalizados en la actualidad para los interruptores automáticos magnetotérmicos (intensidad nominal) y los interruptores diferenciales (tanto la intensidad nominal como la sensibilidad).

**2.8.** Identifica en la siguiente imagen todos los elementos, dispositivos y componentes estudiados a lo largo de la unidad.

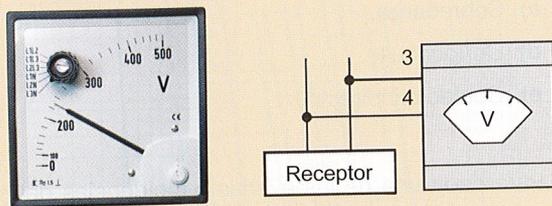


## 2. COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

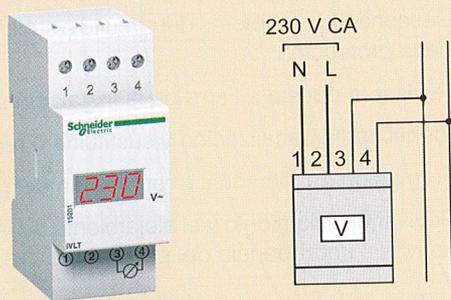
**2.9.** Realiza la conexión de los equipos y dispositivos de medida de los que dispongas en el aula-taller.

Recuerda que la conexión en serie o paralelo está relacionada con la variable a medir y de realizarse mal esta conexión los equipos pueden resultar dañados. Recuerda también consultar las especificaciones del fabricante.

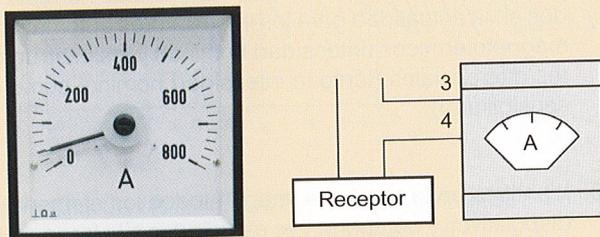
A continuación se muestran algunos ejemplos de estas conexiones para diversos equipos de distinto tipo:



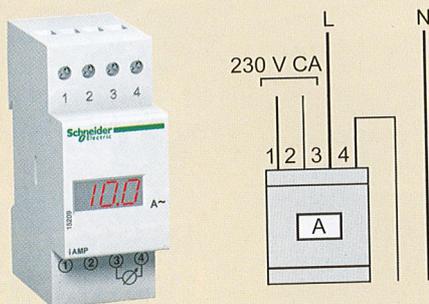
**Figura 2.88.** Conexión de voltímetro analógico.



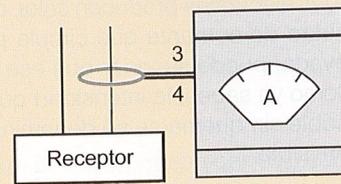
**Figura 2.89.** Conexión de voltímetro digital.



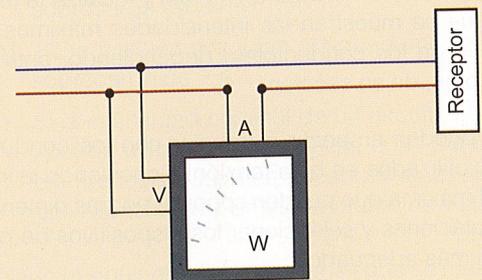
**Figura 2.90.** Conexión de amperímetro analógico.



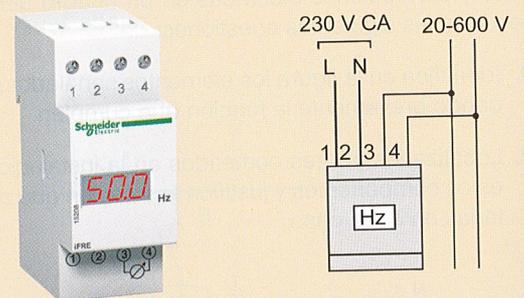
**Figura 2.91.** Conexión de amperímetro digital.



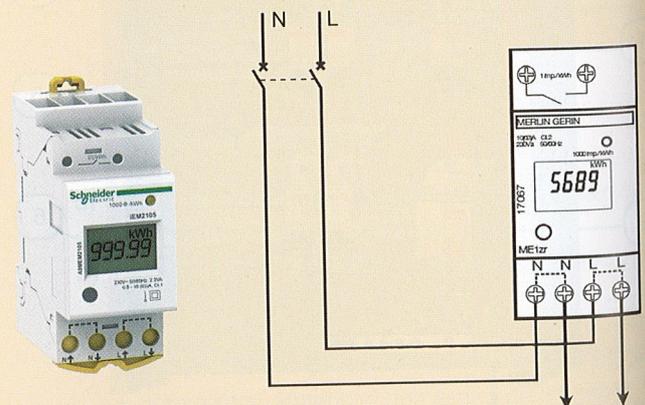
**Figura 2.92.** Conexión de amperímetro con transformador de intensidad.



**Figura 2.93.** Conexión de vatímetro.



**Figura 2.94.** Conexión de frecuencímetro.



**Figura 2.95.** Conexión de contador electrónico para carril DIN.