



CONTENIDO

1. PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN BT. GENERALIDADES.

APARATOS DE PROTECCIÓN

RELÉS DE PROTECCIÓN

Clasificación de los relés de protección

Criterios de elección de un órgano de protección

2. PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES EN BT.

- A) PROTECCIÓN CONTRA CORRIENTES DE SOBRECARGAS.
- B) PROTECCIÓN CONTRA CORRIENTES DE CORTOCIRCUITOS.

3. FUSIBLES

- A) DEFINICIÓN. FUNCIÓN.
- B) CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.
- C) SÍMBOLOS.
- D) MATERIAL DEL FUSIBLE.
- E) FUSIÓN DEL HILO
 - Fusión abierta
 - Fusión cerrada
- F) PARTES DE UN FUSIBLE.
- G) CARACTERÍSTICAS DE FUSIÓN DE UN FUSIBLE.
- H) CLASIFICACIÓN DE FUSIBLES.
 - Normativas IEC, VDE, EN, CEE.
- I) DATOS CARACTERÍSTICOS EL FUSIBLE.
- J) CURVA DE FUSIÓN. ZONA DE FUNCIONAMIENTO
- K) MODELOS DE CORTACIRCUITOS FUSIBLES.
 - 1) Pequeños fusibles para viviendas, locales, etc.
 - 2) Fusibles CILÍNDRICOS.
 - * *Pequeños.*
 - * *Grandes.*
 - * *Neozed.*
 - * *Diazed.*
 - * *Cuchilla.*
- L) SELECTIVIDAD EN LAS PROTECCIONES.



4. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS (DISYUNTORES) MAGNETOTÉRMICOS.

- A) DEFINICIÓN.
- B) PROTECCIONES.
- C) SÍMBOLOS.
- D) TIPOS DE
- E) CARACTERÍSTICAS DE LOS IAM.
- F) CONSTITUCIÓN BÁSICA.
- G) DISPARADORES DE SOBREENTENSIDAD Y AUXILIARES
- H) ACCIONAMIENTOS
- I) CURVAS DE DISPARO.
 - Normativa Europea EN.
- J) COORDINACIÓN.
- K) EXIGENCIA TÉRMICA
- L) SELECTIVIDAD DEL DISPARO.
- M) CARACTERÍSTICAS DE DESCONEXIÓN.
- N) MARCADO DEL IAM
- O) INFORMACIÓN SOBRE LOS IAM
- P) CÁLCULO DE PROTECCIÓN DE CONDUCTORES EN SOBRECARGAS, CORTOCIRCUITOS Y CONTRA CHOQUES ELÉCTRICOS.





5. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS. PROTECCIÓN DIFERENCIAL.

- A) INTRODUCCIÓN. CONTACTOS ELÉCTRICOS.
 - Contacto directos
 - Contacto indirectos
- B) TENSIONES DE SEGURIDAD.
- C) DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS.
- D) PROTECCIÓN DIFERENCIAL.

6. INTERRUPTOR DIFERENCIAL.

- A) DEFINICIÓN. SÍMBOLO
- B) CONSTITUCIÓN.
- C) PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.
- D) TIPOS DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES.
- E) CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.
- F) CURVA CARACTERÍSTICA DE UN ID.
- G) INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO-DIFERENCIAL
- H) SELECTIVIDAD DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES.
- I) PROCESO DE DETECCIÓN DEL DEFECTO.
- J) CAMPOS DE APLICACIÓN.
- K) CONEXIÓN DE LAS MASAS A TIERRA.

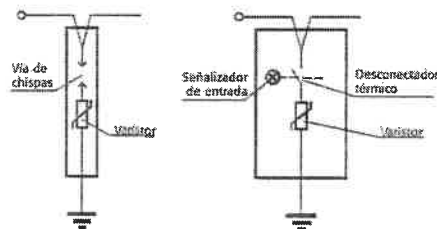


7. PROTECCIONES ELÉCTRICAS CONTRA LAS SOBRIINTENSIDADES EN B.T.. APLICACIÓN A LOS CÁLCULOS

8. VALORES NORMALIZADOS PARA DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRIINTENSIDADES EN B.T.

9. PROTECCIÓN CONTRA SOBRIINTENSIONES EN BT

- A) SOBRIINTENSIONES TRANSITORIAS
 - SOBRIINTENSIONES TRANSITORIAS DE ORIGEN ATMOSFÉRICO:
 - SOBRIINTENSIONES TRANSITORIAS POR MANIOBRAS EN LA RED:
 - SOBRIINTENSIONES PERMANENTES
- B) NORMATIVA VIGENTE EN ESPAÑA (ITC-BT-23)
- C) INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA BT-23
- D) GUÍA DE APLICACIÓN ITC-BT-23
- E) NORMAS PARTICULARES CCAA
- F) LIMITADORES DE SOBRIINTENSIONES TRANSITORIAS
- G) ELECCIÓN DEL TIPO DE LIMITADOR CONTRA SOBRIINTENSIONES
 - LIMITADOR CLASE I, PRF1 (ENSAYADO POR ONDA DE CORRIENTE 10/350µS)
 - LIMITADOR CLASE II, PRD (ENSAYADO POR ONDA DE CORRIENTE 8/20µS)
 - LIMITADOR CLASE III, PRD8 (PROTECCIÓN FINA EN CASCADA)





1 PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN BT. GENERALIDADES

Los dispositivos de protección son los que tienen la función de dejar fuera de servicio la línea, cuando se presentan irregularidades en el funcionamiento de una instalación.

• APARATOS DE PROTECCIÓN

Los aparatos de protección eléctrica se pueden clasificar en:

Protección contra las sobrecargas

- Fusibles
- Interruptores automáticos magnetotérmicos
- Relés de intensidad
 - Relés térmicos
 - Relés magnéticos

✗ Protección contra los contactos directos e indirectos.

- Interruptor Diferencial,

✗ Protección contra las sobretensiones.

- Limitadores de sobretensiones

• RELÉS DE PROTECCIÓN

Son elementos de protección que actúan contra las anomalías que perturban el buen funcionamiento de las máquinas, generadores, transformadores, etc. Entre dichas anomalías podemos citar:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| - <u>excesos de carga</u> | - <u>contactos directos e indirectos</u> |
| - <u>puestas a tierra fortuitas</u> | - <u>cortocircuitos</u> |
| - <u>falsas maniobras</u> | - etc. |
| - <u>defectos de aislamiento</u> | |

Clasificación de los relés de protección

Según la magnitud que vigilan se clasifican en:

- Relés de **intensidad**. Controlan las sobrecargas. Puede ser:
 - Relés magnéticos.
 - Relés térmicos.
- Relés **diferenciales**. Actúan por diferencia de corrientes.
- Relés de **tensión**. Controlan las oscilaciones de la tensión.
- Relés **selectores de tensión**. Controlan la tensión existente entre dos puntos.
- Relés **detectores de giro de fases**. Controlan el sentido de giro de las fases de



un sistema trifásico.

- Relés de **sonda térmica**. Controlan el calentamiento de un elemento.
- Relés de **impedancia**. Controlan la impedancia de un receptor.
- Relés de **frecuencia**. Controlan la velocidad de los generadores de corriente alterna (frecuencia de la red)
- Relés de **potencia**. Controlan los excesos de potencia consumida por la instalación receptora.

Crterios de elección de un órgano de protección

Dispositivos de protección	Protección contra las sobrecargas		Protección contra los cortocircuitos	Protección del personal, aislamiento	Protección contra el funcionamiento monofásico	Protección de motores de gran inercia
	Línea	Receptor				
Fusibles gG	Sí	No	Sí	Sí	No	No
Fusibles aM	No	Sí	Sí	Sí	No	No
Seccionadores*	No	No	No	Sí	No	No
Seccionadores portafusibles gG*	Sí	No	Sí	Sí	Sí **	No
Seccionadores portafusibles aM*	No	Sí	Sí	Sí	Sí **	No
Interruptores-seccionadores	No	No	No	Sí	No	No
Disyuntores magnetotérmicos GB2	Sí	No	Sí	Sí	No	No
Relés térmicos	Sí	Sí protección indirecta	No	No	Sí	No salvo TC saturables
Dispositivos de sondas	No	Sí protección directa	No	No	Sí	Sí
Relés magnéticos RMI	Sí *** fuertes sobrecargas	Sí *** fuertes sobrecargas	Sí ***	No	No	No
Disyuntores-motores	Sí	Sí protección indirecta	Sí	Sí en determinadas condiciones	Sí magneto-térmicos	No
Disyuntores magnéticos	No	No	Sí	No	No	No
Contactores-disyuntores	Sí	Sí protección indirecta	Sí	Sí	Sí	Sí
Contactores-disyuntores de instalación	Sí	Sí salvo motores	Sí	Sí	No	No

* Estos aparatos deben funcionar en vacío y no en carga.

** En caso de que la fusión de un fusible provoque un funcionamiento monofásico y el aparato disponga de una protección contra el funcionamiento monofásico.

*** En caso de asociación con un contactor con un poder de corte suficiente.

Fig. 1.1 CRITERIOS DE ELECCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN



2 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDAD EN B.T.

La norma UNE define la **sobreintensidad** como toda intensidad superior a la intensidad asignada (nominal).

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por: (Fig. 2.1)

GRÁFICOS

- Sobrecargas
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

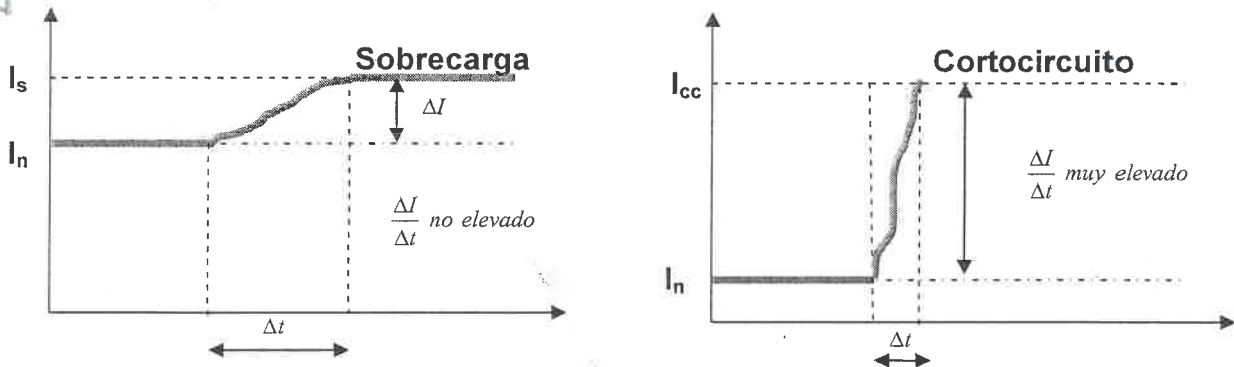


Fig. 2.1 Gráfica de una sobrecarga y de un cortocircuito

IMP. X

• Una **SOBRECARGA** es aquella que en un circuito eléctrico o instalación origina daños como consecuencia de una sobreintensidad, si permanece durante mucho tiempo. Es una sobreintensidad porcentualmente baja (hasta p. ej. 1'45 I_n).

Efectos: El efecto principal que origina una sobrecarga es el **calentamiento** de los conductores a más temperaturas no admisibles, provocando el **deterioro** (envejecimiento prematuro) de los mismos. Por tanto, cuanto más alta es la corriente de sobrecarga, con mayor rapidez se alcanzará la temperatura límite y más corto será el tiempo de carga admisible.

Se pueden clasificar en:

- Sobrecargas previsibles o momentáneas (para situación normal). Ejemplos: arranque de motores.
- Sobrecargas no previsibles (situación anormal). Ejemplos: averías en las cargas, exceso de receptores conectados a la red (sobreutilización de la instalación). Exceso de sollicitación mecánica en el eje de un motor con respecto a su potencia útil.

Protección contra sobrecargas. Se puede efectuar con alguna de estas opciones:

- **Fusibles** de características de funcionamiento adecuadas para protección contra sobrecargas.



- **Interruptores automáticos (disyuntores)** con curva **térmica** de corte.
- **Relés térmicos.**

● **Un CORTOCIRCUITO** es una *sobreintensidad originada por un defecto de aislamiento de impedancia despreciable entre dos puntos que en servicio normal tienen potenciales definidos y distintos. Es una sobrentensidad porcentualmente muy elevada (desde varias veces I_n hasta ...).*

Puede ser voluntario o accidental.

Las causas más frecuentes de los cortocircuitos son:

- Fallos puntuales de aislamiento (entre partes activas o entre una parte activa y masa).
- Defectos en las cargas conectadas (averías o conexiones incorrectas).
- Defectos en las conexiones de la instalación.

Efectos: Producen efectos térmicos y electrodinámicos. El origen de un cortocircuito suele estar en una conexión incorrecta o en un defecto de aislamiento de los conductores, provocando arcos voltaicos, con lo que éstos se encuentran sometidos a **esfuerzos térmicos y dinámicos**.

Protección contra cortocircuitos. La protección contra cortocircuitos se puede efectuar con una de estas opciones:

- **Fusibles** de características de funcionamiento adecuadas para protección contra cortocircuitos.
- **Interruptores automáticos (disyuntores)** con curva **magnética** de corte.
- **Relés magnéticos.**

Según GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: PROTECCIONES PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES	GUÍA-BT-22 Edición: Oct 05 Revisión: 1
<p>En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.</p> <p>También se recomienda proteger todos los circuitos secundarios frente a los cortocircuitos, con el fin de garantizar la continuidad de servicio de aquellos circuitos no afectados por la falta. Esto exigirá también la coordinación y selectividad de las protecciones (interruptores automáticos (IA) o fusibles).</p>	



Para la protección contra sobrecargas en **instalaciones domésticas**, únicamente se utilizan:

- **Interruptores automáticos magnetotérmicos**

ya que protegen simultáneamente tanto contra cortocircuitos como contra sobrecargas

Para la protección contra sobrecargas en **instalaciones industriales** se puede utilizar:

- **Relés térmicos o equivalentes asociados con IAM**
- **Fusibles,**

aunque la protección proporcionada por el IAM con relé térmico es mas eficiente que la proporcionada por el fusible.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los **fusibles** calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los **interruptores automáticos magnetotérmicos IAM** con sistema de corte omnipolar.

IMP (X) 3 FUSIBLES

A) DEFINICIÓN. FUNCIÓN



Fusible, también llamado con el nombre de "cortacircuitos".

Según las normas UNE, un cortacircuito fusible es un aparato de conexión que tiene como misión interrumpir (abrir) el circuito en el que está intercalado, por fusión de uno o varios elementos (el fusible en sí) destinados y diseñados para este fin, cortando la corriente cuando sobrepasa un determinado valor durante un cierto tiempo.

Pueden desconectar con seguridad corrientes de cortocircuito muy elevadas.

B) CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Alta seguridad.
- Perdidas pequeñas, con lo que se consigue mayor economía y calentamientos más bajos.
- Relación de selectividad finamente escalonada, que permita utilizar óptimamente la sección de los conductores.
- Alto poder de corte, que garantice la seguridad de las instalaciones eléctricas.



C) SÍMBOLOS

En la Fig. Tabla 3.1 se representan algunos de los símbolos más utilizados para los fusibles.

CORTACIRCUITOS FUSIBLES	UNE 20004	OTRAS NORMAS
CONTACTOS FUSIBLE		
A EXTREMOS MARCADOS PERMANENTE BAJA TENSION EN LA FUSION.		
CONTACTOS FUSIBLES CON ELEMENTOS REHECHIZABLES BAJA TENSION.		
CONTACTOS FUSIBLES DE TUBO.		
CONTACTOS FUSIBLES DE PLACA.		
CONTACTOS FUSIBLES CON CONTACTO DE ALARMA (POR EJ. A SERVICIO)		
SECCIONADO MONOFASICO CON FUSIBLES INCORPORADOS Y MANO MANEJA.		
ISEN. DE 5 DISPOSITIVO (REPRESENTACION SIMPLIFICADA)		

Fig. Tabla 3.1

D) FUSIÓN DEL HILO

Las curvas de fusión de los fusible son de la forma indicada en la Fig. 3.3.

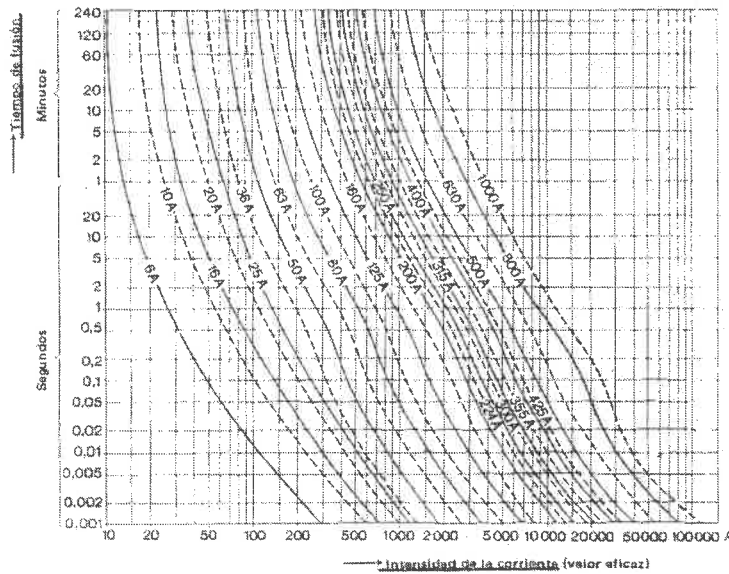


Fig. 3.3 Curvas de fusión de una misma serie de fusibles



E) COMPONENTES DE UN CONJUNTO FUSIBLE

En general un conjunto fusible consta de las siguientes partes: (Fig. 3.7)

- Cartucho fusible
- Base fusible
- Portafusible (no siempre)

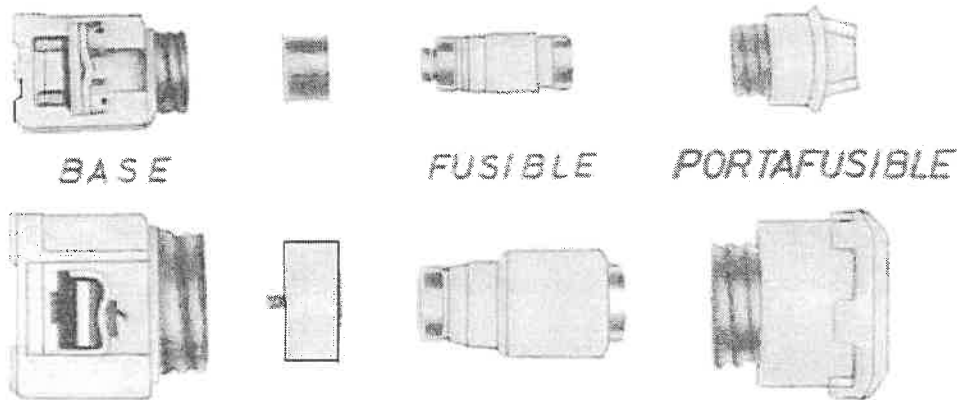


Fig. 3.7 Constitución de los fusibles

• CARTUCHO FUSIBLE

La Fig. 3.8 muestra el diseño de un cartucho fusible de baja tensión. Las partes principales son:

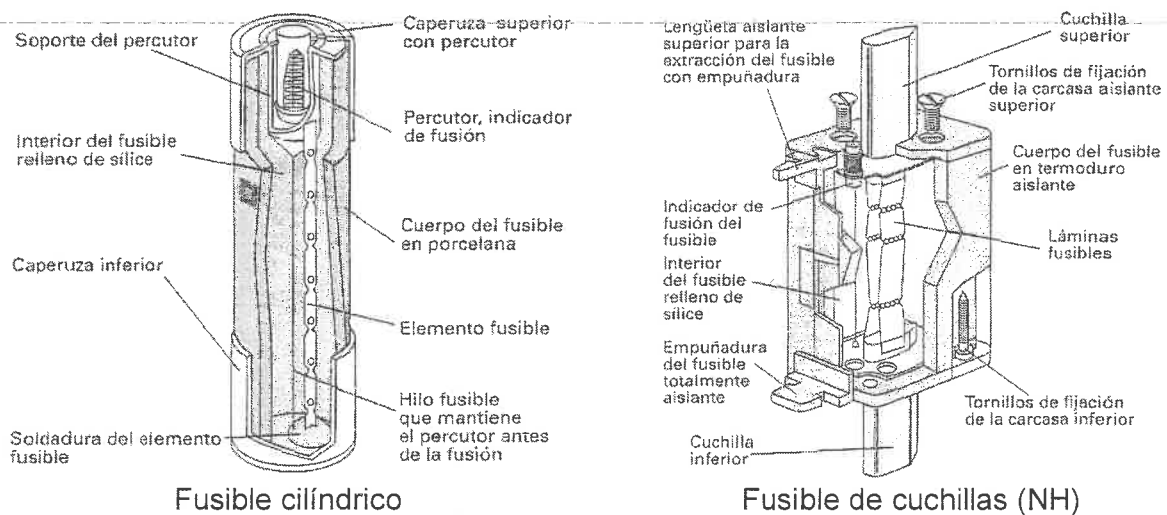


Fig. 3.8 Constitución de los fusibles

- **Cuerpo del fusible.** Es el armazón esqueleto que permite el montaje y posicionado del elemento de fusión. El material más empleado es la cerámica.
- **Material de relleno.** Se utiliza normalmente arena de cuarzo, como medio para apagar el arco y evacuar el calor del elemento de fusión al exterior. Es el medio de extinción del arco.



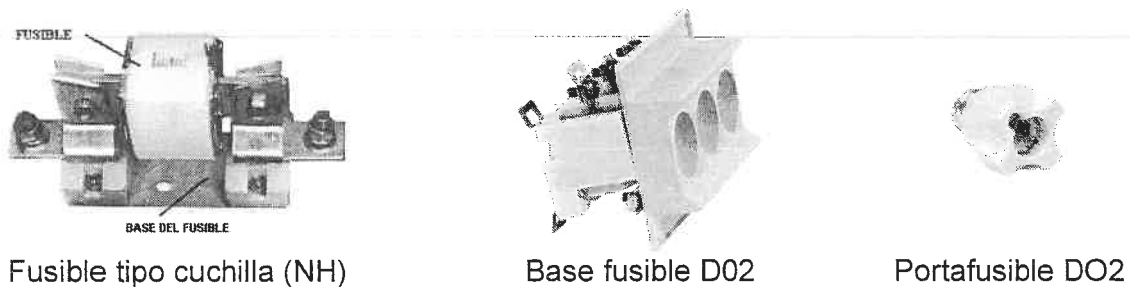
- **Los contactos del cartucho fusible.** Los contactos permiten una conexión eléctrica entre el cartucho fusible y las bases fusibles o portafusibles. Los contactos son de cobre y normalmente están protegidos contra la corrosión ambiental mediante un recubrimiento de plata.
- **Elemento de fusión.** El elemento fusible está usualmente constituido por una cinta de plata o de cobre, con estrechamientos en su sección transversal. Estas reducciones de sección son una de las características importantes en el diseño de un fusible. Los puntos de soldadura añadidos en el elemento fusible son para asegurar el funcionamiento del fusible en el caso de sobrecargas.
- **Indicador de fusión y percutor.** Algunos cartuchos fusibles están equipados con indicadores para permitir un conocimiento rápido del funcionamiento del cartucho fusible o de percutores que, además, proporcionan una actuación mecánica.

● **BASE FUSIBLE. Fig. 3.10**

Parte fija que contiene los contactos para el cartucho fusible, los bornes de conexión para los cables o las pletinas y el cuerpo o carcasa aislante.

● **PORTAFUSIBLES. Fig. 3.10**

Parte móvil destinada a recibir el fusible. Permiten cambiar los cartuchos fusibles en un sistema bajo tensión según las reglas de seguridad especificadas. Están hechos de material aislante y sometidos a los ensayos requeridos para las herramientas de seguridad. En algunos sistemas, los portafusibles están integrados en la base fusible, eliminando la necesidad de utilizar una empuñadura.



Fusible tipo cuchilla (NH)

Base fusible D02

Portafusible DO2

Fig. 3.10 Bases de fusibles

F) CARACTERÍSTICAS DE FUSIÓN DE UN FUSIBLE.

La característica tiempo/corriente de un fusible, representa mediante una curva (**Fig. 3.12**) los tiempos de funcionamiento del fusible para cada valor de intensidad en unas condiciones determinadas de funcionamiento.

Cualquier par de valores tiempo - corriente que se sitúe en la zona no admisible por el fusible provoca el funcionamiento de éste, abriendo el circuito protegido.



Para la curva de la **Fig. 3.12** se observa que:

- Para una intensidad de **16 A**, el fusible se funde a partir de los 3 segundos
- Para una intensidad de 10 A se funde a partir de los 2 segundos

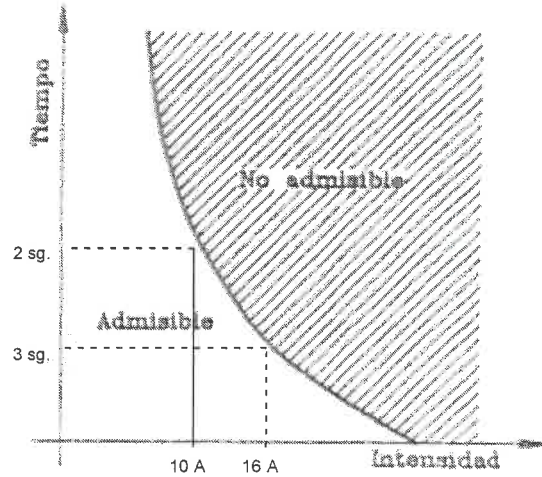


Fig. 3.12 Característica tiempo-corriente de un fusible

MUY IMPORTANTE

CLASIFICACIÓN DE FUSIBLES.

Normativa EN (Europea)

Se identifican mediante dos letras, de las cuales, la primera define la clase de función y la segunda indica el objeto a proteger.

La norma EN 602.69111 tipifica:

X Primera letra: Indica la clase de función.

- **g** (anteriormente usos generales). Puede cortar todas las intensidades.
- **a** (anteriormente acompañamiento). Puede cortar solamente una parte de las corrientes.

X Segunda letra: Indica la característica de empleo. Esta letra define con precisión las características tiempo/corriente.

- **G** Receptores en general.
- **M** Aparatos de conexión (motores eléctricos).

Ejemplos:

gG Uso general que corte todas las corrientes. Protegen a la vez contra los **cortocircuitos** y contra las **sobrecargas** a los circuitos con **picos de corriente poco elevados** (ejemplo: circuitos resistivos). Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

gM Protección de circuitos de motores y que pueden cortar todas las corrientes.



aM Protección de circuitos de motores y que no pueden cortar más que una parte de las corrientes.

Protegen contra los cortocircuitos a los circuitos sometidos a picos de corriente elevados (picos magnetizantes en la puesta bajo tensión de los primarios de transformadores o electroimanes, picos de arranque de motores asíncronos, etc.). Las características de fusión de los fusibles aM no ofrecen ninguna protección contra las sobrecargas. En caso de que también sea necesario este tipo de protección, debe emplearse otro dispositivo (por ejemplo, un relé térmico).

Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

Nota:

Según GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: PROTECCIONES PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES		GUÍA-BT-22 Edición: Oct 05 Revisión: 1
CLASES DE CURVAS DE FUSIÓN		
1ª Letra	g	<i>Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir todas las corrientes desde su intensidad asignada (I_n) hasta su poder de corte asignado. Cortan intensidades de sobrecarga y de cortocircuito</i>
	a	<i>Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir las corrientes comprendidas entre el valor mínimo indicado en sus características tiempo-corriente ($k_2 I_n$) y su poder de corte asignado. Cortan solo intensidades de cortocircuito</i>
2ª Letra	G	<i>Cartuchos fusibles para uso general</i>
	M	<i>Cartuchos fusibles para protección de motores</i>
	Tr	<i>Cartuchos fusibles para protección de transformadores</i>
	B	<i>Cartuchos fusibles para protección de líneas de gran longitud</i>
	R	<i>Cartuchos fusibles para la protección de semiconductores</i>
	D	<i>Cartuchos fusibles con tiempo de actuación retardado</i>

También es posible encontrarnos con designaciones antiguas en los fusibles. Veamos algunos ejemplos.

Normativa IEC

gI De uso general. Se utiliza para la protección de líneas y receptores en general.

aM De acompañamiento. Se utiliza para la protección de motores y que no pueden cortar más que una parte de las corrientes. Obligatoriamente debe usarse asociada a un elemento de protección contra sobrecargas, como puede ser un relé térmico.



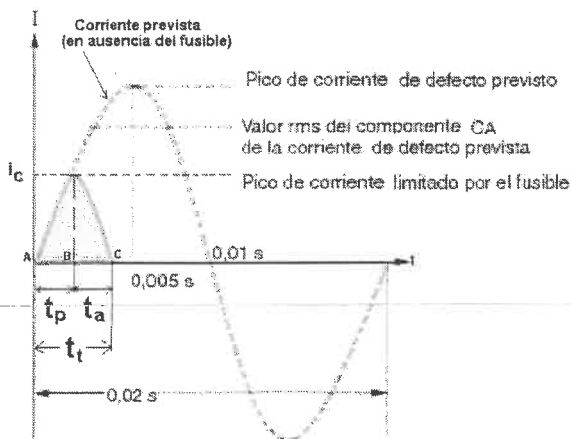
Normativa VDE

- gL De uso general.** Se utiliza para la protección de líneas y receptores en general.
- aM De acompañamiento.** Se utiliza para la protección de motores y que no pueden cortar más que una parte de las corrientes. Obligatoriamente debe usarse asociada a un elemento de protección contra sobrecargas, como puede ser un reté térmico.
- gR De uso general y para protección de semiconductores.**

G) FUNCIONAMIENTO DE UN FUSIBLE

El funcionamiento del fusible se divide en dos etapas: Fig. 3.20

- La **etapa de prearco (t_p)**. Se produce el calentamiento de las secciones reducidas hasta el punto de fusión y vaporización del material.
- La **etapa de arco (t_a)**. El arco comienza y después es extinguido por el material de relleno (arena de cuarzo).



- t_p = tiempo de fusión del fusible de prearco
- t_a = tiempo de arco
- t_t = tiempo total de funcionamiento (de eliminación de defecto)
- i_c = corriente cortada
- i_p = corriente prevista (en ausencia de fusible)
- A: instante del inicio del defecto
- B: instante del inicio del arco
- C: instante del fin del arco

Fig. 3.20 Curva de funcionamiento de un fusible

H) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL FUSIBLE

a) Para la base y portador del fusible

Las características más importantes para la base portafusibles son la tensión e intensidad nominal.

- **Naturaleza de la corriente.** Corriente continua y corriente alterna.
- **Frecuencia** de la corriente alterna
- **Tensión asignada (tensión nominal, U_n).** Valor máximo de tensión para el cual el fusible está diseñado. En alterna es el valor eficaz.



Los valores de tensión nominal normalizados son: 230, 400, 500 y 660 V.

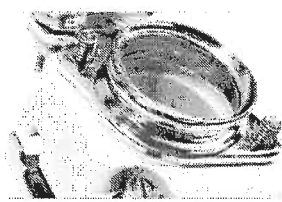
Lo más IMP

- **Corriente asignada (corriente nominal)** de un cartucho fusible (I_n). Valor de la corriente que el cartucho fusible es capaz de soportar de manera continuada sin deteriorarse y sin sobrecalentarse, en unas determinadas condiciones de uso normalizadas.

Los valores de intensidad nominal normalizados son: 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800 y 1.000 A.

Para elegir la **base** apropiada, en un caso concreto, tenemos que elegir aquella que tenga una tensión nominal igual o superior a la tensión de servicio de la red a proteger, y una corriente asignada igual o superior a la del fusible calculado para proteger dicha red.

En la **Fig. 3.21** se muestran dos tipos de bases fusibles.



a) Base de fusible Neozed



b) Base de fusible NH

Fig. 3.21 Bases de fusibles

Las bases portafusibles de la **Fig. 3.21-a** corresponden con los siguientes portafusibles de la **Fig. 3.22**.

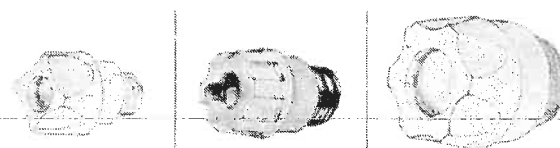


Fig. 3.22 Portafusibles

b) Para el fusible

Para una mayor facilidad y comprensión de las características de los fusibles se enumeran las definiciones que más se utilizan.

- **Naturaleza de la corriente.** Corriente continua y corriente alterna.
- **Frecuencia** de la corriente alterna
- **Tensión asignada (tensión nominal, U_n).** Valor máximo de tensión para el cual el fusible está diseñado. En alterna es el valor eficaz.

Los valores de tensión nominal normalizados son: 230, 400, 500 y 660 V.

- **Corriente asignada (corriente nominal)** de un cartucho fusible (I_n). Valor de la corriente que el cartucho fusible es capaz de soportar de manera continuada sin deteriorarse y sin sobrecalentarse, en unas determinadas condiciones de uso normalizadas.

Según IEC/EN 60269-1 los valores de intensidad nominal para cartuchos fusibles



normalizados son: 2, 4, 6, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 y 1250 A.

- **Intensidad convencional de no fusión (I_{nf})**. Valor especificado de la corriente que el cartucho puede soportar durante un tiempo determinado (tiempo convencional) sin fundir.
- **Intensidad convencional de fusión (I_f)**. Valor especificado de la corriente que provoca la fusión del cartucho fusible en un tiempo determinado (tiempo convencional).
- **Potencia disipada por un cartucho fusible (P_d)**. Potencia liberada en un cartucho fusible cuando circula su corriente asignada y ha alcanzado su temperatura de régimen, en determinadas condiciones de uso normalizadas.
- **Característica tiempo/intensidad t/I (curva de fusión)**. Curva que indica el tiempo de prearco o el tiempo de funcionamiento, en función de la corriente prevista para determinadas condiciones de funcionamiento. Para tiempos mayores a 100 ms la diferencia entre el tiempo de prearco y el tiempo de funcionamiento es despreciable.
- **Energía específica pasante (I^2t)**. Es la máxima energía que deja pasar el fusible al eliminar un defecto. Si el valor de esta energía es superior al que soporta el receptor al que protege, se produce la destrucción térmica del mismo.
- **Poder de corte asignado (PdC)**. Es el valor (eficaz de la corriente) de la intensidad de cortocircuito que puede cortar el aparato para la tensión nominal de empleo, a la frecuencia nominal y para un factor de potencia especificado. Este valor se da en kA y en fusibles de tipo industrial las normas UNE exigen que no sea inferior a 50 kA. El valor ha de ser igual o mayor que la intensidad de cortocircuito prevista en el circuito de la aplicación.
Valores habituales: 6, 20, 40, 50, 70, 100, etc. KA

I) CURVA DE FUSIÓN. ZONA DE FUNCIONAMIENTO

Los fusibles están “calibrados” para una intensidad y un tiempo de respuesta.

Sea la gráfica de la **Fig. 3.23**, donde se muestra una serie de las curvas de fusión para un modelo (cilíndrico) y tamaño de fusible (talla 2). El fabricante proporciona las curvas de fusión para la serie de fusibles. En este caso se representan las de 50, 63 y 80 A.

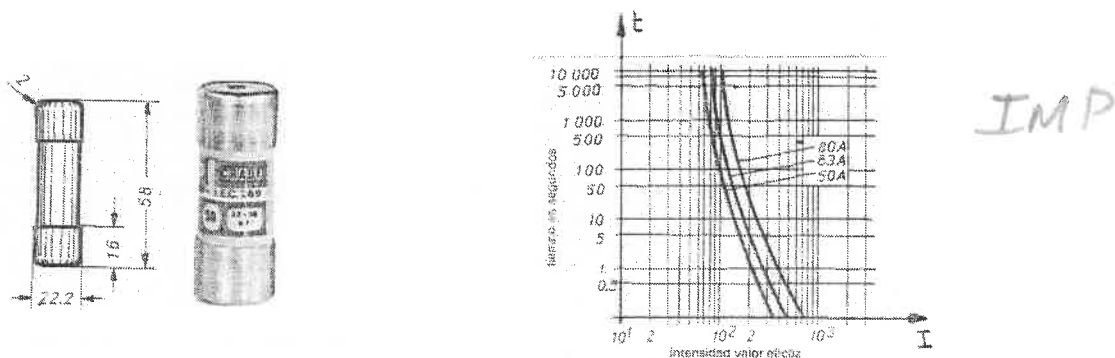


Fig. 3.23 Curvas de fusión para una serie de fusible cilíndricos de la talla 2



Ejemplo:

Sea un fusible calibrado con una intensidad nominal de $I_n = 100 \text{ A}$.

Se realizan una serie de ensayos, haciendo circular por el fusible diferentes intensidades, obteniéndose unos resultados medios, que indican lo siguiente:

- **Intensidad convencional de no fusión (I_{nf})**. Valor especificado de la corriente que el cartucho puede soportar durante un tiempo determinado (tiempo convencional) sin fundir.

$$I \leq 1'3 \cdot I_n$$

Indica que el fusible no se funde para intensidades inferiores al 130 % de su valor nominal

- **Intensidad convencional de fusión (I_f)**. Valor especificado de la corriente que provoca la fusión del cartucho fusible en un tiempo determinado (tiempo convencional).

$$I \geq 1'6 \cdot I_n$$

Quiere decir que el fusible se funde para intensidades superiores al 160 % de su valor nominal

- **Zona de incertidumbre**

$$1'3 \cdot I_n \leq I \leq 1'6 \cdot I_n$$

Entre estos dos márgenes, no es seguro que el fusible se funda, es decir, que para intensidades comprendidas entre el 130 % - 160 % de su valor nominal, no es seguro la actuación del fusible.

Seleccionando los valores intermedios de fusión para diferentes tiempos de ensayo nos permite obtener la curva característica de fusión del fusible para un calibre determinado. En la Fig. 3.24 corresponde con la curva con el trazo más grueso.

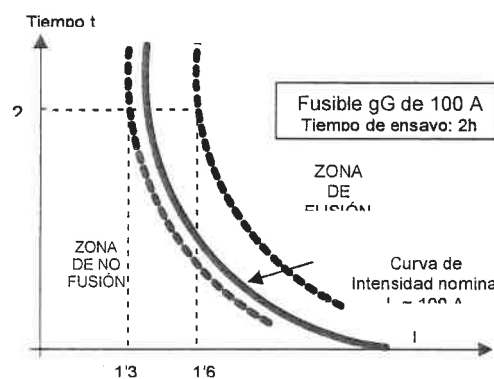


Fig. 3.24 Curva de intensidad – tiempo para un fusible



J) MODELOS DE CORTACIRCUITOS FUSIBLES

■ PEQUEÑOS FUSIBLES PARA VIVIENDAS, LOCALES, ETC. (EN DESUSO)

En tomas de corriente y en los interruptores, protegiendo las derivaciones que llegan a ellos. Los portafusibles suelen ser de tipo tampón o de clavija. De éste último tipo se ven en la Fig. 3.25

■ CILÍNDRICOS

■ PEQUEÑOS Fig. 3.26

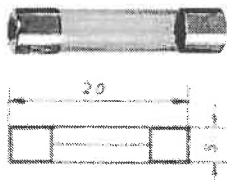


Fig. 3.25
Fusible cilíndrico tipo cristal

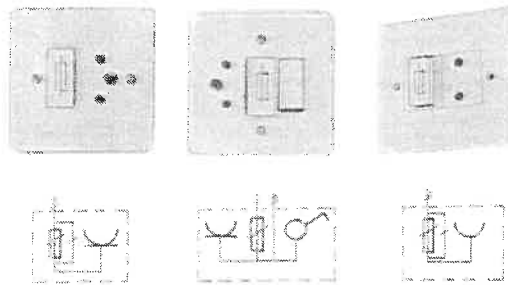
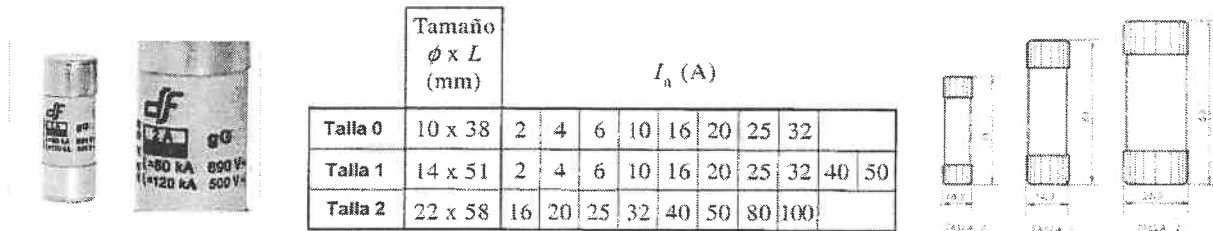


Fig. 3.26
Fusible para viviendas y locales

■ GRANDES.

Los fusibles **cilíndricos** de la Fig. 3.28 tienen las dimensiones y valores indicados.

Los conjuntos portadores de la Fig. 3.29 pueden alojar a los fusibles de la Fig. 3.28. Se trata de conjuntos con base fija y portafusibles abatible. Los portafusibles pueden llevar un indicador de presencia de fusible (pitón que sobresale) o un indicador de fusión, pequeño piloto que se enciende cuando el fusible se funde.



Dimensiones y corrientes asignadas para fusibles cilíndricos

Fig. 3.28

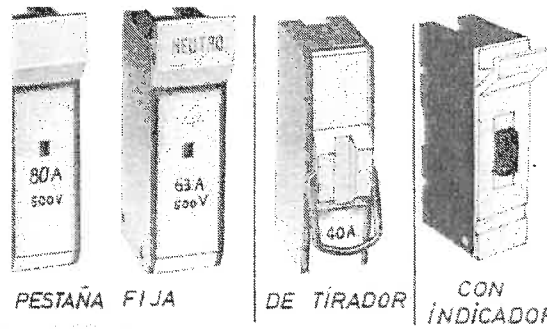
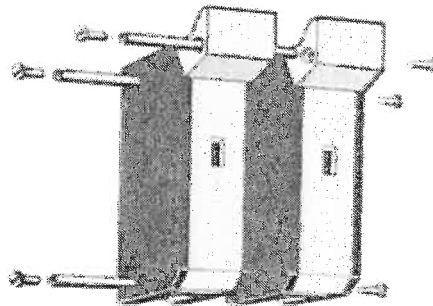
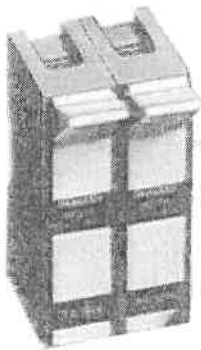


Fig. 3.29 Portafusibles con indicador de fusión

Estos conjuntos seccionables pueden acoplarse entre si, obteniendo entonces verdaderos seccionadores bipolares, tripolares, tetrapolares o tripolar + neutro. Fig. 3.30 y 3.31



Forma de ensamblaje de los portafusibles

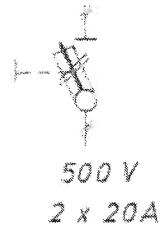


Fig. 3.30 Portafusibles acoplables
- Fusible bipolar -

Nota:

Para el neutro no se utiliza fusible y en ocasiones se usa una pletina o un cilindro metálico hueco de iguales dimensiones externas que éste. Fig. 3.32

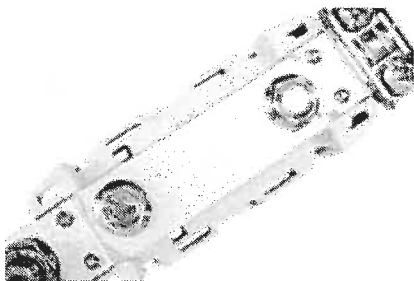


Fig. 3.32 Pletina de neutro

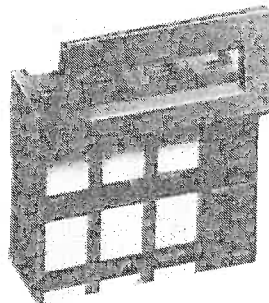
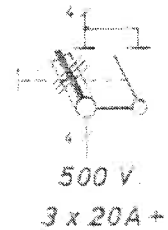


Fig. 3.32 Portafusibles acoplables
- Fusible tripolar + neutro



Los interruptores con fusibles incorporados admiten también tipos cilíndricos (Fig. 3.33).



- 1 BASE CERÁMICA
- 2 BORNES ENTRADA
- 3 BORNES SALIDA
- 4 CONTACTOS DE PLATA
- 5 MANETA INDICADORA DE POSICIÓN
- 6 TAPÓN RECAMBIABLE CON VISOR
- 7 FUSIBLE
- 8 FUNDA PLÁSTICA
- 9 ENTRADA TUBO CABLES
- 10 TORNILLO FUNDA

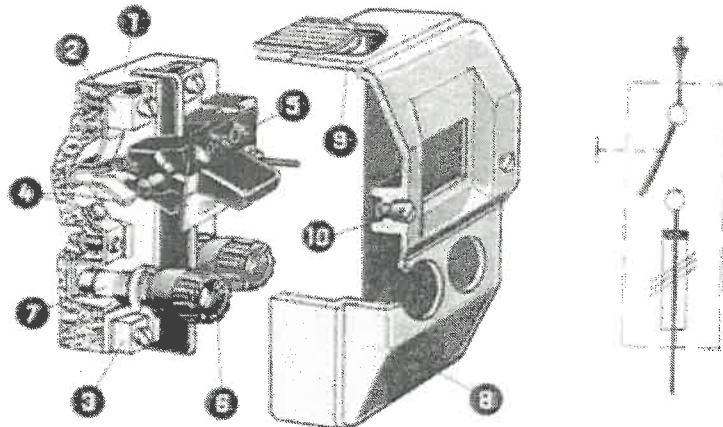


Fig. 3.33 Interruptor con fusibles

• NEOZED.

Los fusibles de la serie neozed (Fig. 3.34) son del tipo cartucho (fusión cerrada). Su tamaño y diámetro del casquillo terminal aumentan con el calibre.

Estos fusibles son muy utilizados en las centralizaciones de contadores.

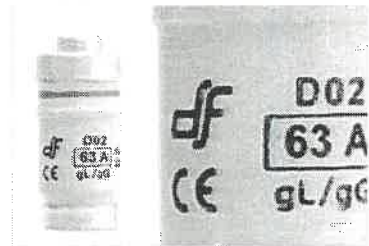
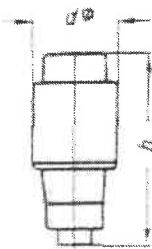


Fig. 3.34 Fusibles Neozed

En la Fig. 3.35-a se indican los datos y dimensiones de una serie de fusible Neozed.



TIPO	d	h	CALIBRES (A)
D01	11	36	2-4-6-10-16
D02	15	36	20-25-35-50-63
D03	22	43	80-100

Tensión asignada: 400 V ~ / 250 V -
Poder de corte: 50 kA

Fig. 3.35-a Fusibles Neozed. Datos y dimensiones



Fig. 3.35-b Bases de fusibles Neozed



Fig. 3.35-c Portafusible (Tapón roscado) de un fusible Neozed

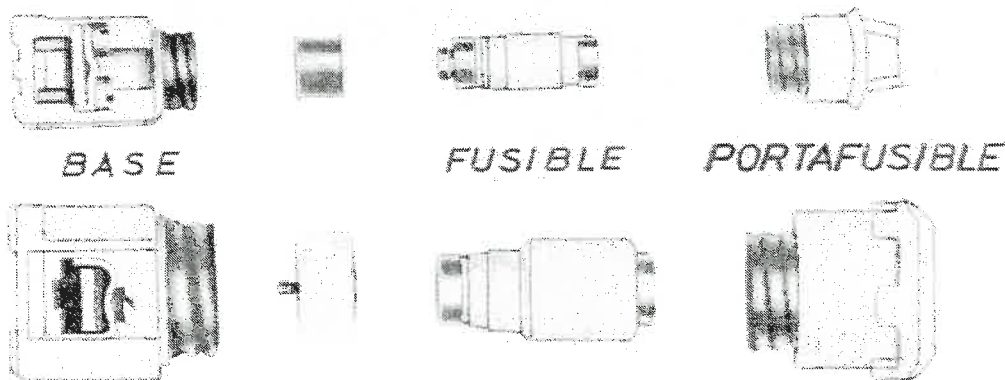


Fig. 3.35-d Conjunto fusible Neozed para una centralización de contadores

Las características de los fusibles Neozed de clase gG son:

- Tensiones nominales: ~ 400 V / -- 250 V
- Poder de corte nominal: ~ 50 kA / -- 8 kA

• DIAZED

Los fusibles de la serie Diazed (Fig. 3.36) son del tipo cartucho (fusión cerrada). Su tamaño y diámetro del casquillo terminal aumentan con el calibre.

Los fusibles de la serie neozed (Fig. 3.34) son del tipo cartucho (fusión cerrada). Su tamaño y diámetro del casquillo terminal aumentan con el calibre.

Son muy utilizados en cuadros de mando y control.

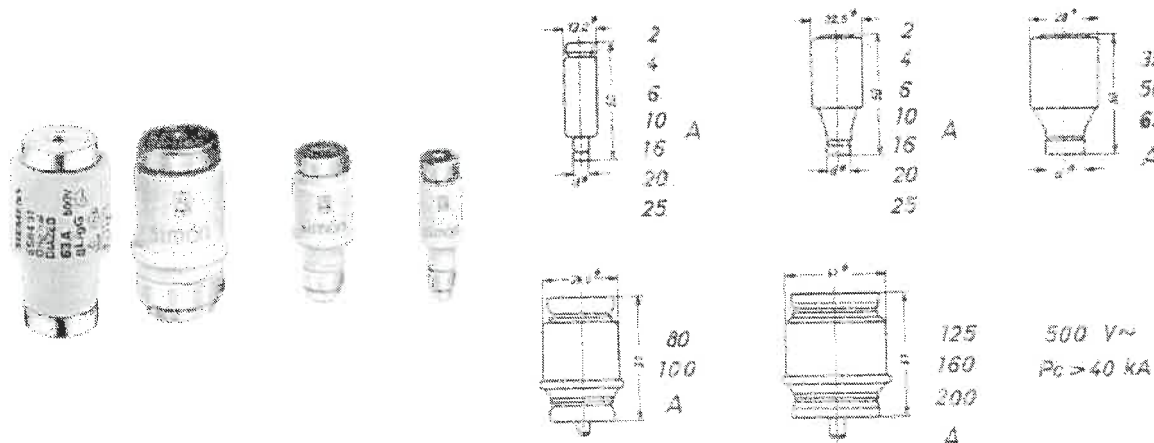


Fig. 3.36 Fusibles Diazed

Las bases para los anteriores fusibles tienen formas diferentes de embornado de conductores. En la Fig. 3.37 se muestran diferentes bases de 63 A.

Las dimensiones principales a considerar en tales bases se ilustran con el ejemplo de



la Fig. 3.38, de 100 A, 500 V. Alojja fusibles de 80-100A.



Fig. 3.37 bases de fusibles Diazed



Fig. 3.36 Fusibles Diazed

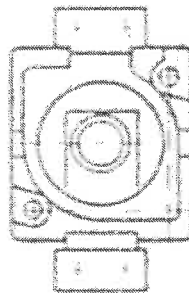
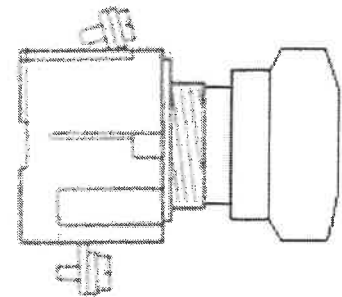


Fig. 3.38 Bases de fusibles Diazed



La base o zócalo fijo va unido a un bastidor de guías. El estado del fusible se vigila por un capuchón con visor transparente. Fig. 3.39

Ventanas de cristal

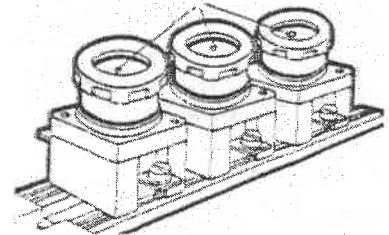


Fig. 3.39 Fusibles Diazed
Conjunto unido a un bastidor de guías

Ejemplo:

Las características de los fusibles Diazed clase gG son:

- Tensiones nominales: ~ 500 V / -- 500 V
- Poder de corte nominal: ~ 50 kA / -- 8 kA

Los tamaños e intensidades utilizados son los que se muestran en la Fig. Tabla 3.40.

Tamaño	Intensidades												
	D II	2	4	6	10	16	20	25					
D III								35	50	63			
D IV											80	100	
D V													125 160 200

Fig. 3.40 Fusibles Diazed
Tamaños e intensidades nominales

En sistemas centralizados, también se usan bases de fusibles con fijación rápida en perfil metálico (Fig. 3.41). De la observación del croquis se desprende que la ausencia de cartucho produce la apertura del interruptor previo incorporado.

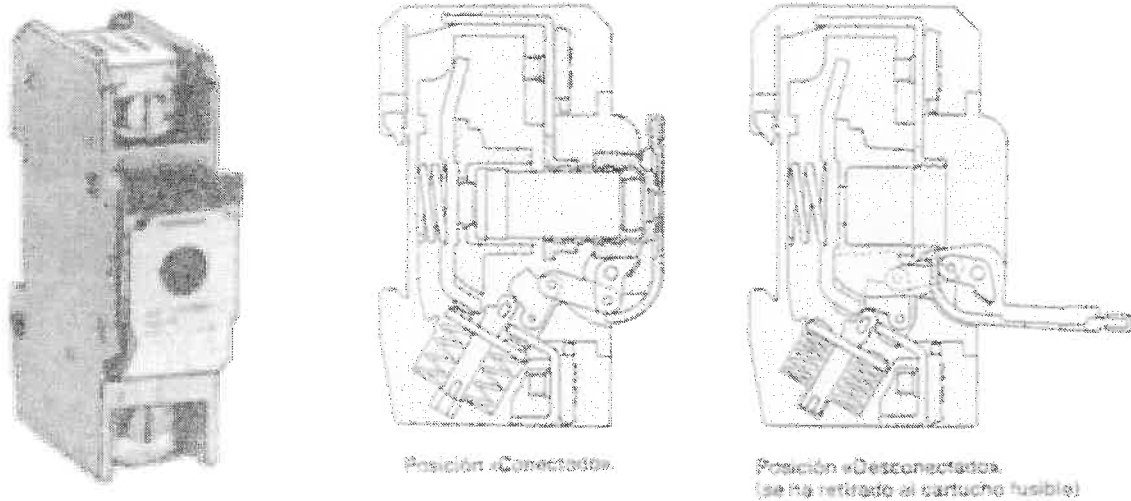


Fig. 3.41 Fusibles Diazed
Fijación rápida en carril DIN

• DE CUCHILLA (NH)

Los fusibles de cuchilla son del tipo cartucho (fusión cerrada). Su tamaño aumenta con el calibre. (Fig. 3.42)

Utilizados en las redes de distribución.

Los fusibles de cuchilla admiten una amplia gama de calibres (de 6 a 1000 A)
Tienen alto poder de ruptura (hasta 120 kA).

Partes constituyentes. En la Fig. 3.42 se muestran las partes principales que constituyen un fusible de tipo cuchilla.



Fig. 3.42-a Fusible de cuchilla
Aspecto externo

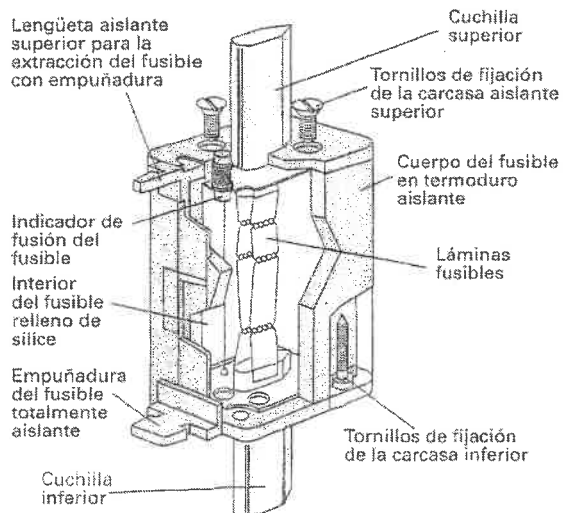


Fig. 3.42-b Fusible de cuchilla
Partes constituyentes



Tamaños normalizados. En estos fusibles existen seis tallas normalizadas. En la Fig. 3.43 se especifican datos eléctricos de estas tallas, para una serie de fusibles de cuchilla gL, de 100 kA de poder de corte.


	Tamaño	Intensidades													
	00	10	16	20	25	35	40	50	63	80	100	125	160		
0	16	20	25	35	40	50	63	80	100	125	160	200	250		
1	20	25	35	40	50	63	80	100	125	160	200	224	250	315	355
2	35	40	50	63	80	100	125	160	200	224	250	315	355	400	500
3	315	355	400	500	630										
4	630	800	1000	1250											

Fig. 3.43 Fusibles de cuchilla NH
Tamaños e intensidades nominales

Las bases de estos fusibles son de gran robustez y sus zócalos son de esteatita o aislante similar. Las de la Fig. 3.44 alojan tallas 3 y 4 y sus contactos en forma de lira, que aseguran gran presión de contacto entre ellos y las cuchillas, están atornillados a la base.

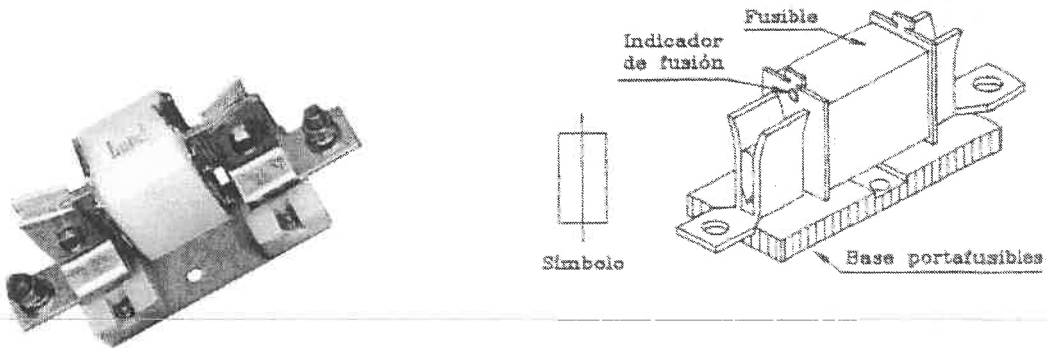


Fig. 3.44 Fusibles de cuchilla. Bases

Nota: Algunos fabricantes de fusibles disponen de unos elementos indicadores sobre el estado de fusión o no fusión del fusible. En la Fig. 3.47 se muestra con detalle la forma con la cual se sabe si el fusible está fundido o no.

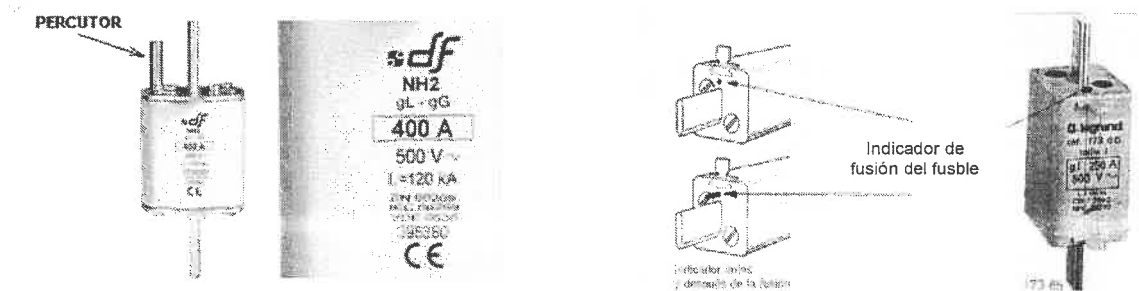


Fig. 3.47 Fusible de cuchilla
Indicador de fusión del fusible



MODELOS Y TAMAÑOS DE CORTACIRCUITOS FUSIBLES MÁS UTILIZADOS



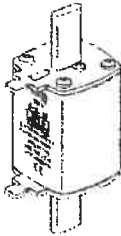
Tipo	Intensidades (A)	Tamaño
Cilíndrico 	2-4-6-10-16-20-25-32	10 × 38
	4-6-10-16-20-25-32-40-50	14 × 51
	16-20-25-32-40-50-63-80-100	22 × 58
D (Neozed) 	2-4-6-10-16	D01
	20-25-35-50-63	D02
	80-100	D03
NH 	10-16-20-25-35-40-50-63-80-100-125-160	00
	16-20-25-35-40-50-63-80-100-125-160-200-250	0
	20-25-35-40-50-63-80-100-125-160-200-224-250-315-355	1
	35-40-50-63-80-100-125-160-200-224-250-315-355-400-500	2
	315-355-400-500-630	3
	630-800-1.000-1.250	4

Fig. Tabla 3.48

K) SELECTIVIDAD EN LAS PROTECCIONES

En una conexión de elementos de protección (fusibles) se califica como "selectiva" la protección contra sobrecargas (sobrecargas y cortocircuitos), cuando, vista la dirección del flujo de energía, cuando al producirse el defecto **solo desconectará el elemento de protección más cercano al punto del fallo "aguas arriba"**. Es decir deben actuar la primera protección desde el punto del fallo siguiendo la dirección del origen de la energía eléctrica.

Aguas arriba. Significa hacia el origen de la red de energía eléctrica.

Aguas ~~arriba~~ *abajo*. Significa alejándose del origen de la red de energía eléctrica.

Se dice que hay selectividad, si en el caso de una sobrecarga en la salida de una rama, solo actúa el fusible de dicha rama y no el/los fusible/s siguiente/s aguas arriba.

Objetivo: Continuidad del servicio y, por tanto, seguridad.



Ejemplo:

Sea la **Fig. 3.49** con las protecciones (fusibles) representadas.

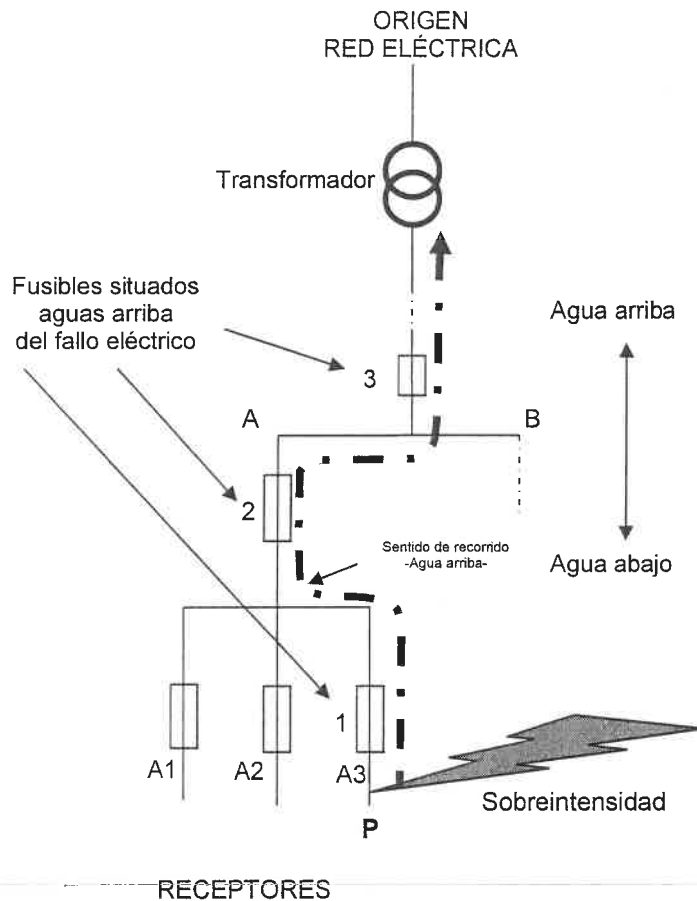


Fig. 3.49 Selectividad de funcionamiento en los fusibles

CON SELECTIVIDAD

Ante una sobrecarga o cortocircuito en el punto P situado en la rama A3, actuará únicamente el fusible de dicha rama (fusible 1) y no los fusibles 2 o 3.

SIN SELECTIVIDAD

En el caso de no cumplirse la selectividad podrá ocurrir que se interrumpa el servicio,

- de la derivación A → caso de actuar el fusible 2
- de toda la instalación (derivación A y B) → caso de actuar el fusible 3

Esta es una situación no deseable.



Para conseguir la selectividad de actuación (fusión del fusible) en una instalación es preciso que existan unos tiempos de escalonamiento, es decir, intervalos de actuación necesarios para que actúe sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto. Esto se consigue cuando la desconexión va en orden creciente del final al principio de la instalación y en sentido contrario al flujo de energía. Además, es necesario que las curvas de fusión de todos los fusibles que forman la instalación no se crucen.

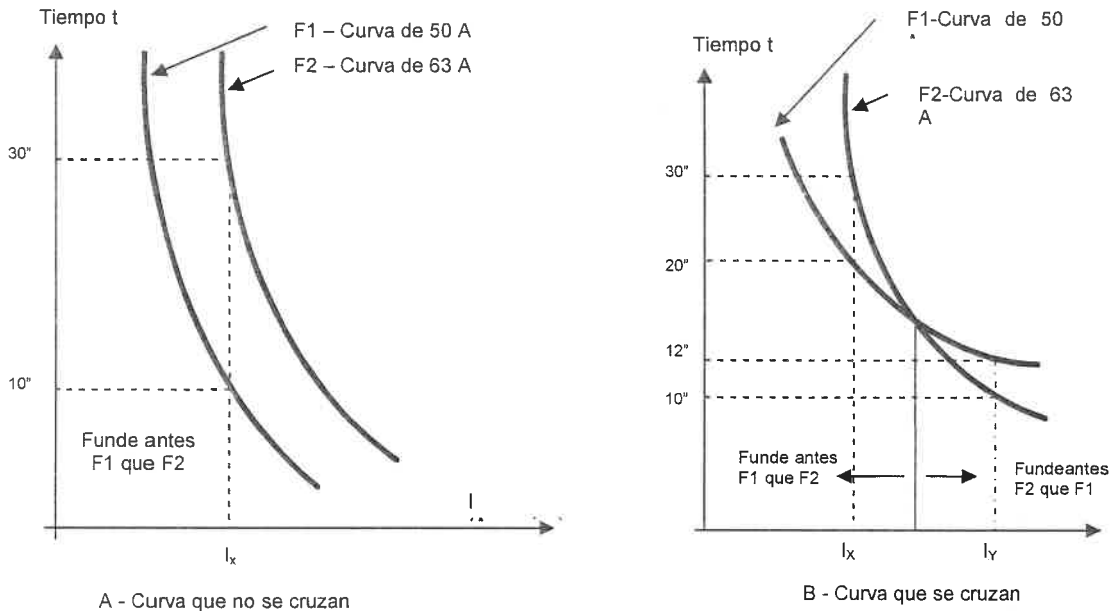


Fig. 3.50 Curva de intensidad – tiempo de dos fusibles

Se aprecia en la Fig. 3.50-A, que ante una sobreintensidad cualquiera, fundirá siempre el fusible F1 antes de que lo haga el F2. Esto no se produciría si las curvas de fusión F1 y F2 se entrecruzaran, puesto que en ese caso, habría una zona en la que el fusible F2 dispararía antes que el fusible F1 (Fig. 3.50-B).

4 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS MAGNETOTÉRMICOS

A) DEFINICIONES

Un **interruptor automático** es un dispositivo capaz de abrir automáticamente un circuito eléctrico en función de la intensidad que por él circula.

- Según ITC-BT-01 (UNE). Es un interruptor capaz de:

establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio,

así como de:

establecer e interrumpir automáticamente, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente **elevadas**, tales como las corrientes de **cortocircuito**.





Los interruptores automáticos (disyuntores) MAGNETOTÉRMICOS (IAM) se destinan a la protección de los conductores en instalaciones y distribuciones, contra sobreintensidades, bien sean sobrecargas o cortocircuitos.

A los interruptores automáticos (**disyuntores**) **magnetotérmicos** (IAM) también se les conoce de forma coloquial como “automáticos”.

Además este aparato tiene la posibilidad de servir como elemento de maniobra manual, pero solo de forma ocasional, ya que no está dentro de sus funciones.

Nota:

Interruptor (a secas). El interruptor puede ser capaz de establecer, **pero no interrumpir**, intensidades de cortocircuito.

Un interruptor capaz de interrumpir corrientes anormales, como las de cortocircuito, se denomina **Interruptor automático o disyuntor**

B) PROTECCIONES

Como INTERRUPTOR: ABRIR / CERRAR:

- Por mando manual
- Por telemando
 - Motorización (abrir/cerrar a distancia),
 - Bobina o relé MX o “a emisión de corriente”
dispara al alimentar la bobina del relé
 - Bobina o relé MN o de “tensión mínima”
dispara cuando su tensión baja de cierto valor

Como dispositivo PROTECCIÓN: sólo ABRIR O DISPARAR

- Por magnitud fuera de límites:
 - relé magnético: sobreintensidad de cortocircuito
 - relé térmico: sobreintensidad de sobrecarga
 - relé electrónico de CR y LR
 - relé diferencial: sobrepasar la sensibilidad ($I\Delta n$)

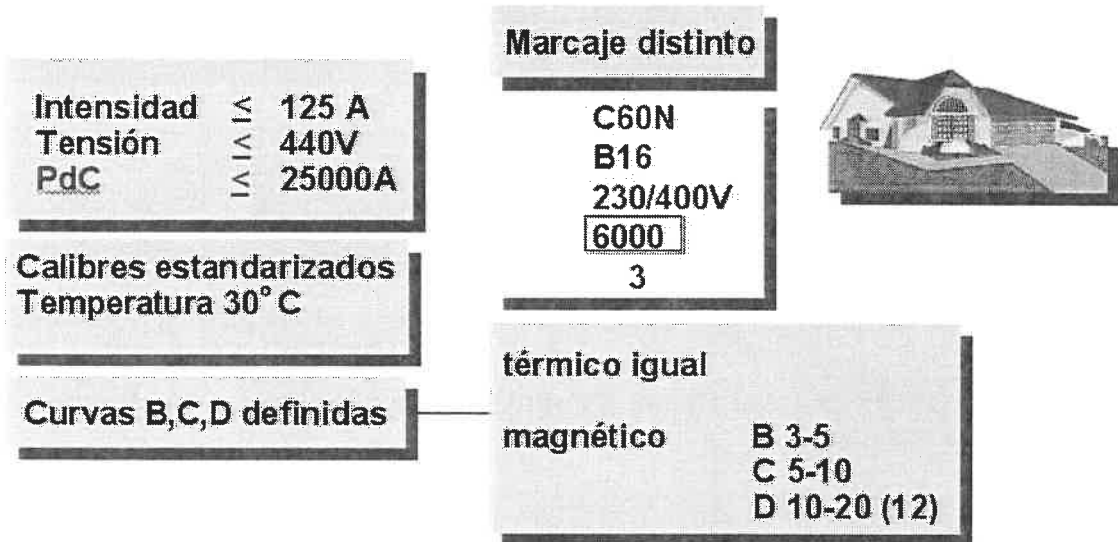
C) NORMATIVA

Norma UNE 20460: “Instalaciones Eléctricas en Edificios”:

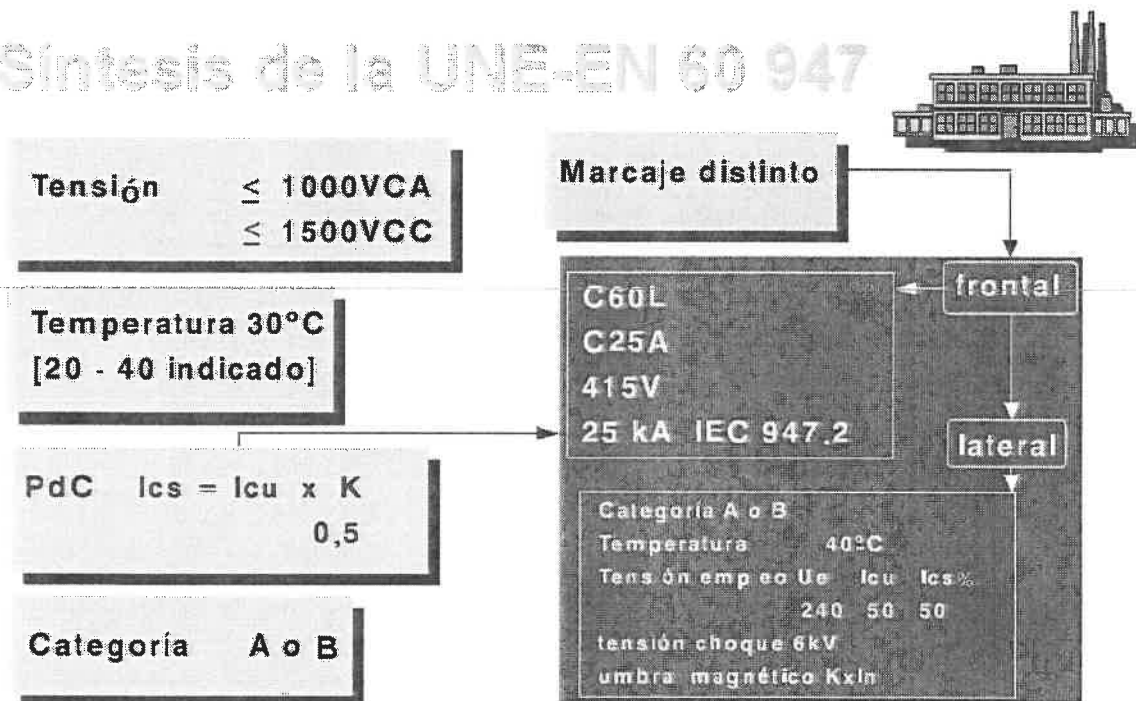
Esta norma trata de la concepción, realización, verificación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en edificios en Baja Tensión.



Síntesis de la UNE-EN 60 893



Síntesis de la UNE-EN 60 947



I_{cu} = Poder de corte último

I_{cs} = Poder de corte en servicio

32

Fig. 4.1 Normativas aplicables a los IAM



D) PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Estos interruptores (Fig. 4.2) están provistos de:

Protección **MAGNÉTICA**
+
Protección **TÉRMICA**

De ahí el nombre de MAGNETO - TÉRMICO

- **Protección térmica**.(para **sobrecargas**). Estos interruptores están provistos de un disparador **térmico** (bimetal) retardado para pequeñas sobreintensidades que dependen del tiempo de permanencia de la sobrecarga. **Fig. 4.2-a**



Fig. 4.2-a

Se consigue mediante una lámina bimetálica, que por acción de las sobrecargas se deforma y su movimiento actúa sobre los contactos y produce la apertura del circuito.

- **Protección magnética**.(para **cortocircuitos**) Consta también de un disparador electromagnético instantáneo para sobreintensidades elevadas o por cortocircuitos, separándose en este caso los contactos para la desconexión rápida en un tiempo muy breve. **Fig. 4.2-b**

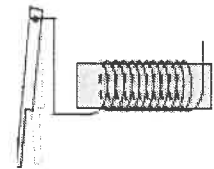
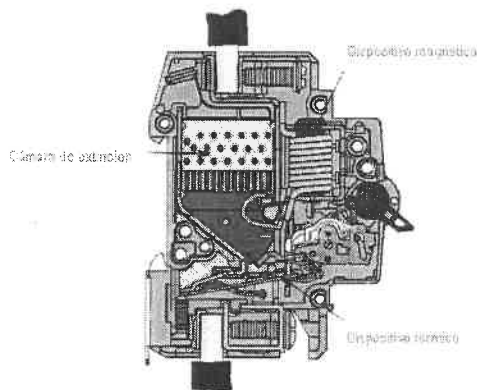


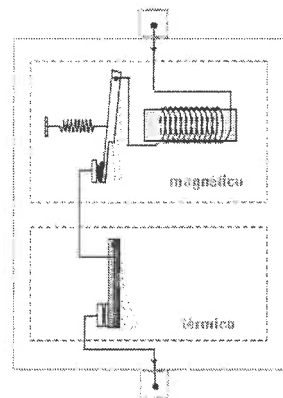
Fig. 4.2-b

Actúa cuando circula por una bobina una intensidad muy superior a la nominal (corriente de cortocircuito), produciéndose la atracción de una pieza metálica, que a su vez desplaza los contactos y produce la apertura del circuito.



Composición real

Fig. 4.5



Composición esquemática

Composición de un IAM

E) SÍMBOLOS.

Existe diferente simbología dependiendo de las normas utilizadas. En la Fig. 4.3 aparecen los símbolos más frecuentes.

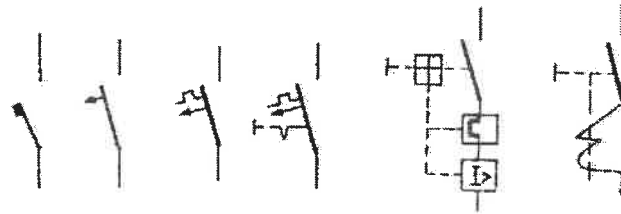
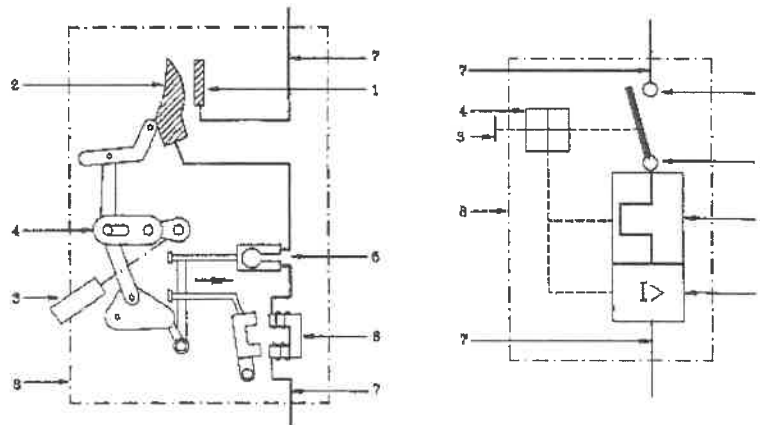


Fig. 4.3

F) CONSTITUCIÓN BÁSICA

En la Fig. 4.4 podemos observar la estructura básica y el símbolo de un interruptor automático magnetotérmico (IAM) con protección contra sobrecargas y cortocircuitos.



- | | | |
|--------------------------|----------------------------------|--------------|
| 1: Contacto fijo | Disparadores de sobreintensidad: | 5: Térmico |
| 2: Contacto móvil | | 6: Magnético |
| 3: Accionamiento | 7: Elementos de conexión | |
| 4: Mecanismo de maniobra | 8: Envoltente | |

Fig. 4.4 ESTRUCTURA BÁSICA Y SÍMBOLO DE UN IAM

Sus componentes fundamentales son:

- Los **contactos**, fijo (1) y móvil (2), que forman un **polo** del interruptor y que abren o cierran el circuito.
- El **accionamiento** (3), que abre o cierra el interruptor y que puede ser manual o motorizado.
- El **mecanismo de maniobra** (4), que se encarga de acumular la energía para abrir el interruptor, de manera automática, cuando recibe esa orden de los disparadores.
- Los **disparadores de sobreintensidad**, que si son **térmicos** (5), generalmente están formados por un bimetálico que al calentarse por el paso de una corriente excesiva, se deforma, dando la orden de disparo. Se designan con la letra T.
- Los **disparadores de sobreintensidad**, que si son **magnéticos** (6), están formados por un electroimán, que por la atracción de una armadura de hierro, da la orden de disparo cuando se supera un determinado umbral de intensidad. Se designan con la letra M.



- Los **elementos de conexión** (7), que según su forma permiten la conexión de cables u pletinas conductoras al interruptor.
- La **envolvente** (8) del aparato que protege al interruptor de los agentes externos y, a su vez, evita que partes bajo tensión queden al descubierto.

NOTAS:

La **cámara de extinción del arco** está especialmente diseñada para reducir la corriente de cortocircuito e interrumpirla mucho antes de su paso por cero en corriente alterna.

Los **contactos** se fabrican en aleación de plata, ya que este metal ofrece una elevada seguridad contra su soldadura, a la vez que garantiza larga duración en sus maniobras (aproximadamente 20.000 maniobras) en servicio normal.

Los interruptores automáticos magnetotérmicos están dotados a su vez de **mecanismo libre de disparo**, de manera que aun con la manera bloqueada actúan frente a sobrecargas y cortacircuitos.

G) TIPOS

Dependiendo del **número de contactos o polos**, los IAM pueden ser: (Fig. 4.7)

- Unipolares (1 P)
- Bipolar con un polo protegido (Unipolar + neutro) (1P+N) *
- Bipolar con dos polos protegidos (2P)
- Tripolar con tres polos protegidos (3P)
- Tetrapolar con tres polos protegido (tripolar + neutro) (3P+N) *
- Tetrapolar con cuatro polos protegidos (4P)

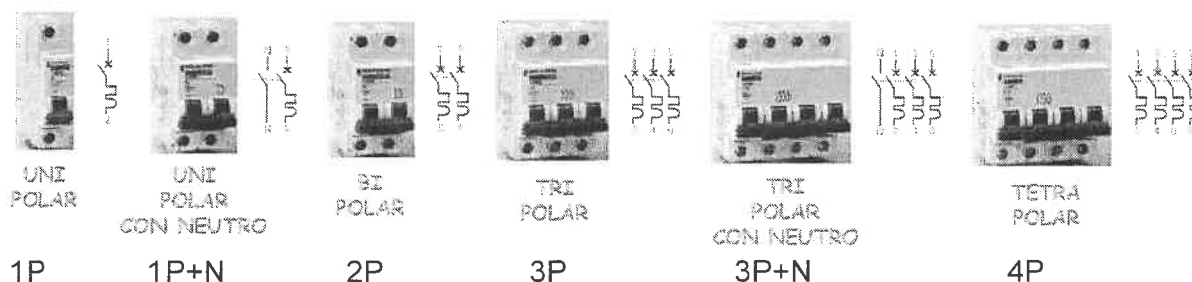


Fig. 4.7 Cuadro para elección de interruptores automáticos magnetotérmicos por número de polos

* En los interruptores bipolares y tetrapolares, uno de los polos puede no tener disparadores de sobreintensidad, debiéndose conectar en dicho polo el conductor neutro. En este caso es mejor hablar de interruptores:

- unipolar + neutro (1P+N)
- tripolar + neutro (3P+N)



Unipolares (1 P)

Estos IA protegen solamente el conductor de fase, por lo que su utilización no es recomendable. **Fig. 4.7-a**

Los IA unipolares se les suele llamar PIAs

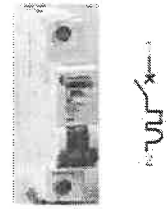
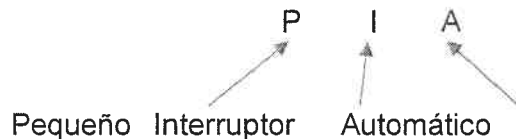


Fig. 4.7-a IAM 1P

* De todas formas el nombre de PIA es extensible a los IA que protegen los circuitos interiores (alumbrado, tomas de corriente, etc.)

H) CARACTERÍSTICAS DE LOS IAM

TENSIÓN ASIGNADA DE EMPLEO (U_e). Antes se denominaba **tensión nominal** del IAM (U_n). Utilizaremos los dos términos indistintamente.

Valor de tensión que indica el fabricante, según sus características.

- 230 V para interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V para interruptores automáticos unipolares.
- 400 V para interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.
- También son admisibles los valores 240 V, 240/415 V y 415 V.

TENSIÓN DE AISLAMIENTO ASIGNADA (U_i)

Valor de aislamiento indicado por el fabricante según las tensiones de ensayo y las líneas de fuga. La tensión asignada de empleo nunca puede sobrepasar la tensión de aislamiento asignada.

FRECUENCIA ASIGNADA.

Frecuencia industrial para la que el interruptor automático ha sido fabricado.

- Valores nominales: 50 Hz y 60 Hz.

CORRIENTE ASIGNADA (TÉRMICA) (I_n). Antes se denominaba **intensidad nominal** del IAM. Utilizaremos los dos términos indistintamente. También es muy utilizado el término de "**calibre**"

Valor de intensidad indicado por el fabricante, que el interruptor automático debe soportar con los contactos cerrados, sin interrupción durante largos periodos de tiempo (servicio permanente) a 30 °C.



- Valores preferenciales: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

CORRIENTE CONVENCIONAL DE NO DESCONEXIÓN (I_{nd})

Tiene como valor 1'13 veces la corriente asignada: $I_{nd} = 1'13 \cdot I_n$

CORRIENTE CONVENCIONAL DE DESCONEXIÓN (I_d)

Tiene como valor 1'45 veces la corriente asignada: $I_d = 1'45 \cdot I_n$

CORRIENTE DE DISPARO INSTANTANEO

Indica los límites de disparo magnético para cada una de las curvas de los IAMs.

PODER DE CORTE ASIGNADO (PdC)

Es el valor de la intensidad de cortocircuito que puede cortar el aparato para la tensión nominal de empleo, a la frecuencia nominal y para un factor de potencia especificado.

- Valores nominales: 1'5 kA, 3 kA, 4,5 kA, 6 kA, 10 kA, 15 kA, 20 kA, 25 kA

El valor ha de ser igual o mayor que la intensidad de cortocircuito prevista en el circuito de la aplicación.

Nota: La mayoría de las veces los interruptores automáticos magnetotérmicos se colocan en instalaciones o distribuciones en las que no se conoce la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de utilización o, aunque ésta sea conocida, puede modificarse. Un cambio en la potencia del transformador de alimentación o una modificación en la instalación o en la distribución puede producir una variación de la intensidad de cortocircuito.

En ocasiones los interruptores automáticos magnetotérmicos deben protegerse contra los efectos de las corrientes de cortocircuito que estén por encima de su poder de corte nominal (coordinación o protección back-up) anteponiendo fusibles con intensidad nominal de 100 A, como valor máximo. Estos protegen a los interruptores automáticos magnetotérmicos contra corrientes de cortocircuito hasta 35 kA/50 kA.

CARACTERÍSTICA TIEMPO-CORRIENTE (t-i) (CURVA DE DISPARO)

Ver apartado correspondiente.

EXIGENCIA TÉRMICA O ENERGÍA ESPECÍFICA PASANTE (I^2t)

Ver apartado EL PODER LIMITADOR DE UN IAM



CAPACIDAD DE MANIOBRA (ENDURANCIA)

Es el número de maniobras que puede realizar. Ejemplo: 2.000.

OTRAS CARACTERÍSTICAS.

- Sistema de montaje (en cuadro sobre carril, saliente, empotrado).
- Forma de conexión (No asociadas a un sistema de fijación mecánica, asociadas a un sistema de fijación mecánica, por tornillo, por espárragos, por conectores del tipo enchufables).
- Grado de protección IP, IK

I) DISPARADORES DE SOBREENFORSO Y AUXILIARES

Los **disparadores de sobreenferso y auxiliares** pueden ser:

- a) **De intensidad instantánea.** Se utilizan como disparadores magnéticos rápidos para la protección frente a cortocircuitos. Actúan por atracción electromagnética, **no retardada**, de una armadura y se ajustan, según el régimen de carga admisible, a un múltiplo de la corriente nominal, de manera que no actúan frente a las intensidades de arranque o conexión y a las sobrecargas normales del servicio, pero sí frente a los cortocircuitos. **Fig. 4.9**

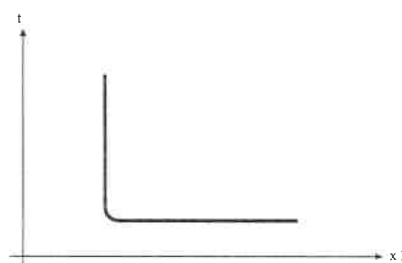


Fig. 4.9
CURVA DE I-t DE UN DISPARADOR DE SOBREENFORSO INSTANTÁNEA

- b) **De sobreenferso de tiempo inverso.** Se utilizan para la protección frente sobrecargas. Son dispositivos **térmicos** que permiten las sobrecargas no perjudiciales, es decir, con una duración que no implique elevaciones de temperatura indeseables, y que tienen un retardo dependiente de la intensidad de tipo inverso, a mayor intensidad, menor tiempo de disparo. **Fig. 4.10**

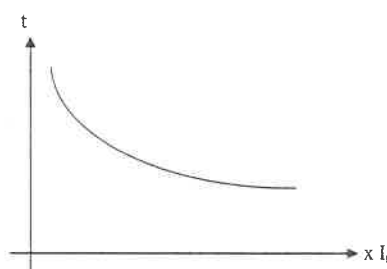


Fig. 4.10
CURVA DE I-t DE UN DISPARADOR DE SOBREENFORSO DE TIEMPO INVERSO

- c) **De sobreenferso con retardo independiente.** Son disparadores electromagnéticos con retardo por dispositivo mecánico de freno. El tiempo de disparo no depende del valor de la intensidad previa, como ocurre con los dispositivos térmicos. No se pueden utilizar como protección única en motores.



- d) **De mínima tensión.** Son disparadores auxiliares electromagnéticos que tienen que estar conectados permanentemente a la tensión de servicio y disparan al disminuir el valor de la tensión entre un 70 % y un 35 % de su valor nominal. Permiten la conexión del interruptor cuando el valor de la tensión se reestablece por encima del 35 % de su valor nominal. Se utilizan para impedir el arranque automático de motores al retornar la tensión de servicio después de un fallo en el suministro de energía, como prescribe la instrucción ITC-BT 47 Ap. 5 del REBT.
- e) **Shunt.** Disparadores auxiliares también denominados bobinas de disparo a emisión de corriente. Provocan el disparo del interruptor cuando se aplica una tensión al disparador de un valor situado entre el 70 % y el 110 % de la tensión nominal. Se utilizan para disparar a distancia el interruptor. Es muy frecuente su uso cuando se dispone una protección diferencial mediante núcleo toroidal, asociada al interruptor automático.

En las instalaciones de viviendas, y de pequeños receptores industriales, se utilizan interruptores automáticos denominados magnetotérmicos, que llevan incorporados disparadores de sobreintensidad de tiempo inverso (térmicos) y de sobreintensidad instantáneos (magnéticos) con regulaciones fijas.

J) ACCIONAMIENTOS

Los accionamientos pueden ser:

- **Accionamiento manual.** Consiste en una palanca o mando que permite la apertura y el cierre manuales del interruptor.
- **Accionamiento motorizado.** Para determinados modelos, se pueden instalar accionamientos a motor que permiten la apertura y el cierre del interruptor a distancia, mediante la aplicación de una tensión de cc o ca.

También en determinados modelos se pueden instalar contactos auxiliares que permiten señalar la apertura y el cierre del interruptor y la actuación de los disparadores de sobreintensidad. Estos contactos auxiliares son para pequeñas intensidades.

K) ELECCIÓN DEL CALIBRE

¿Qué implica elegir un determinado calibre?

- 1 **Proteger las instalaciones contra las sobrecargas y cortocircuitos.**
- 2 **Dejar pasar la corriente sin producir calentamientos “excesivos”.**

¿Qué dicen las normas?

- IEC 60 898: Calentamiento en bornes, 60 °C a I_n (+ Temp. Ambiente)
IEC 947-2: Calentamiento en bornes, 80 °C a I_n (+ Temp. Ambiente)



Influencia de la temperatura ambiente:

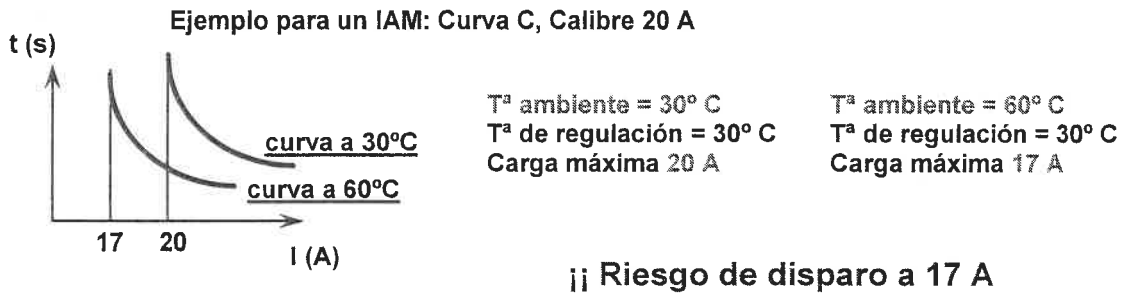


Fig. 4.11-a

3 Controlar un circuito bajo corriente nominal.

El int. automático debe garantizar una buena durabilidad eléctrica y mecánica.

NORMA IEC 947-2:

- Durabilidad eléctrica: 4000 CICLOS
- Durabilidad mecánica: 10.000 CICLOS

multi 9 → 20.000 ciclos
eléctrica y mecánica

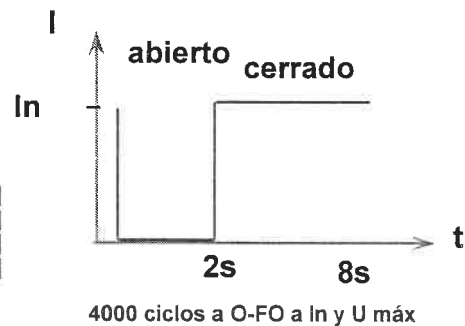


Fig. 4.11-b

L) CURVAS DE DISPARO

Característica tiempo / corriente. Es la representación gráfica de los pares de intensidad-tiempo que hacen actuar a los disparadores del interruptor.

Se representa en escala logarítmica, indicando en el eje de abscisas la intensidad en múltiplos del valor nominal ajustado en los disparadores, y en el eje de ordenadas el tiempo.

Los IAM disponen de una curva de disparo con dos **zonas** diferentes.

- Zona de disparo térmico
- Zona de disparo magnético

Cualquier par de valores intensidad-tiempo que se sitúe en la **zona de desconexión (no admisible)** hace disparar al interruptor. (Fig. 4.12)



DISPARO TERMICO

EN 60 898



Doméstica

$I_{nf} = 1,13 I_n \geq 1 \text{ hora}$

$I_f = 1,45 I_n \leq 1 \text{ hora}$

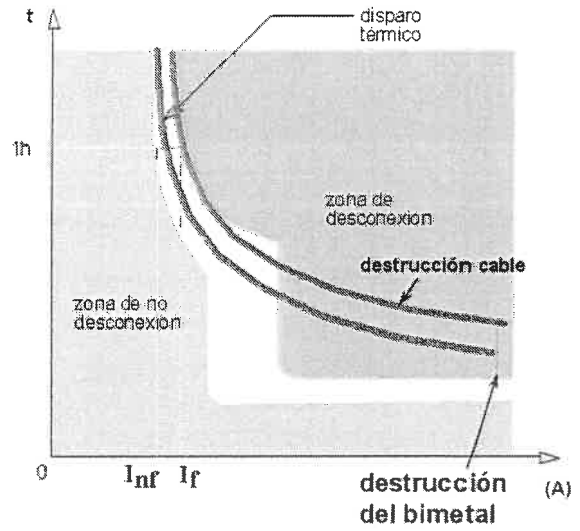
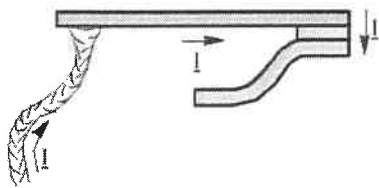
EN 60 947



Industrial

$= 1,05 I_n \geq 1 \text{ hora}$

$= 1,30 I_n \leq 1 \text{ hora}$



I_{nf} : corriente de no desconexión (no funcionamiento)

I_f : corriente de desconexión (funcionamiento)

Fig. 4.12-a

DISPARO MAGNÉTICO

EN 60 898



Doméstica

B 3 a 5 I_n

C 5 a 10 I_n

D 10 a 20 I_n

EN 60 947



Industrial

B 3,2 a 4,8 I_n (4· I_n)

C 7 a 10 I_n (8,5· I_n)

D 10 a 14 I_n (12· I_n)

$\pm 20\%$

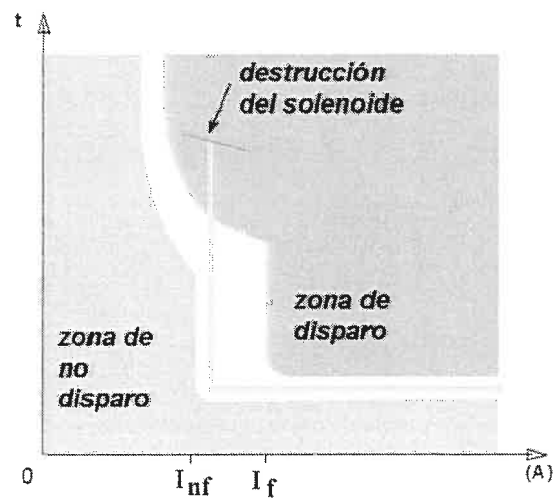
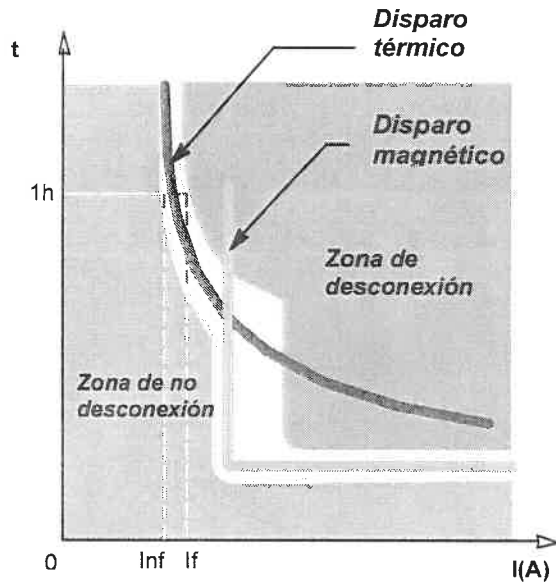
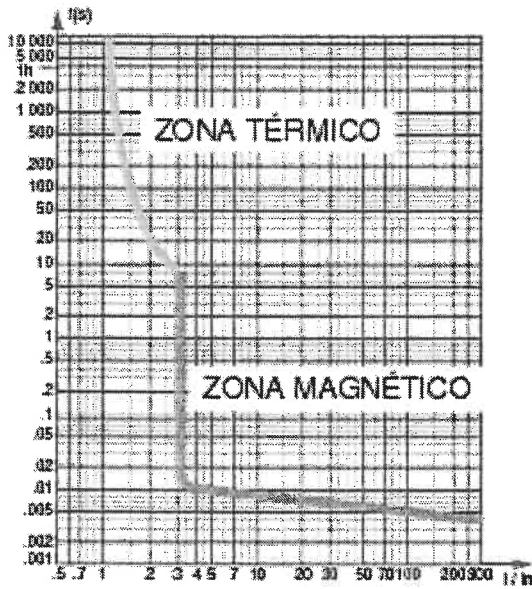


Fig. 4.12-b



Inf: corriente de no desconexión (no funcionamiento)
If: corriente de desconexión (funcionamiento)

Fig. 4.12-c Curva de disparo

CLASIFICACIÓN DE LAS CURVAS DE DISPARO

Normativas a aplicar.

UNE-EN 60898 → Usos domésticos

$$I_{nf} = 1,13 I_n$$

$$I_f = 1,45 I_n$$

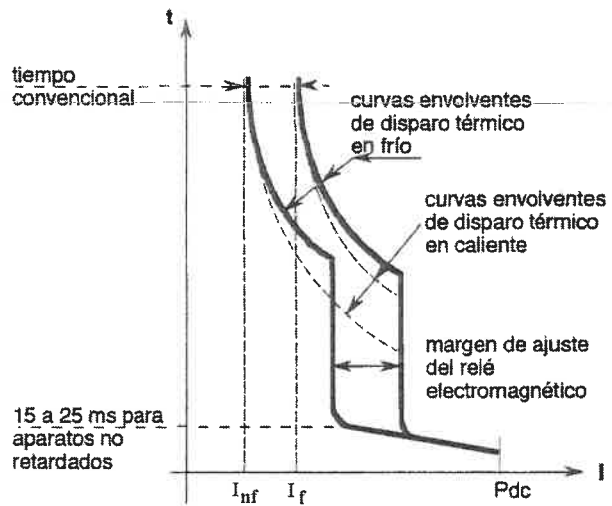
$$t_c = 1 \text{ ó } 2 \text{ h}$$

UNE-EN 60947 → Usos industriales

$$I_{nf} = 1,05 I_n$$

$$I_f = 1,3 I_n$$

$$t_c = 1 \text{ ó } 2 \text{ h}$$



I_{nf} intensidad de NO DESCONEXIÓN (no funcionamiento)
 I_f intensidad de DESCONEXIÓN (funcionamiento)

Fig. 4.14

Las curvas de disparo intensidad – tiempo de los IAM se representan en las Fig. 4.15.



Curva tipo B (antes L). Fig. 4.15-a. – Norma UNE-EN 60898

Disparo térmico:
Limitado hasta $3 \cdot I_n$

Disparo magnético:
Situado entre $3 \cdot I_n$ y $5 \cdot I_n$

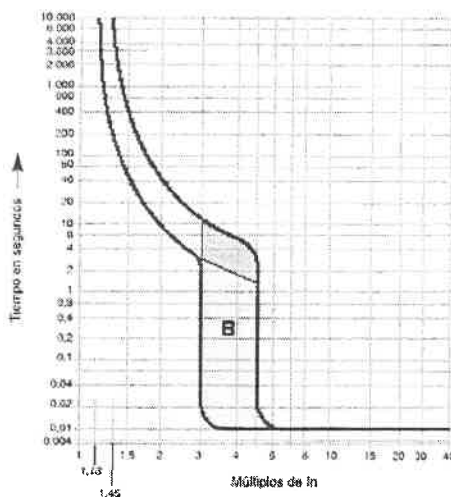


Fig. 4.15-a CURVA TIPO B DE UN IAM

El disparo térmico es lento y el disparo magnético es rápido.

Así, por ejemplo, en un magnetotérmico de intensidad nominal 10A, para una intensidad de 20A., la desconexión la efectuará el elemento térmico en un tiempo comprendido entre 20 sg. y 200 seg. Para una intensidad de 50A, la desconexión la efectuará el elemento magnético en un tiempo del orden de comprendo entre 0,01 y 0,009 seg.

Aplicaciones: Protección de receptores sin sobrecargas importantes en el funcionamiento. Protección de equipos en los que se precisa una protección muy ajustada a los valores máximos de consumo. Permiten realizar la protección de las personas para longitudes mayores que con la curva C, siendo indicado para instalaciones de líneas y generadores.

Ejemplos: Generadores, paneles de relés de alarma, transformadores de seguridad, etc.

Curva tipo C (antes U UNE 20.347). Fig. 4.15-b. – Norma UNE-EN 60898

El disparo térmico es lento y el disparo magnético es medio.

Aplicaciones: Protección estándar en el sector doméstico y terciario donde existan distintos tipos de receptores, incluso iluminación. Una vez en servicio, soportan puntas de corriente de cierta consideración. Se aplican para evitar los disparos intempestivos, en el caso de la protección de receptores, que presentan, una vez en servicio, puntas de corriente de cierta consideración.

Ejemplos: Se utilizan en las instalaciones de líneas-receptores, alumbrado, receptores domésticos, derivaciones individuales, etc.



Disparo **térmico**:
Limitado hasta $5 \cdot I_n$

Disparo **magnético**:
Situado entre $5 \cdot I_n$ y $10 \cdot I_n$

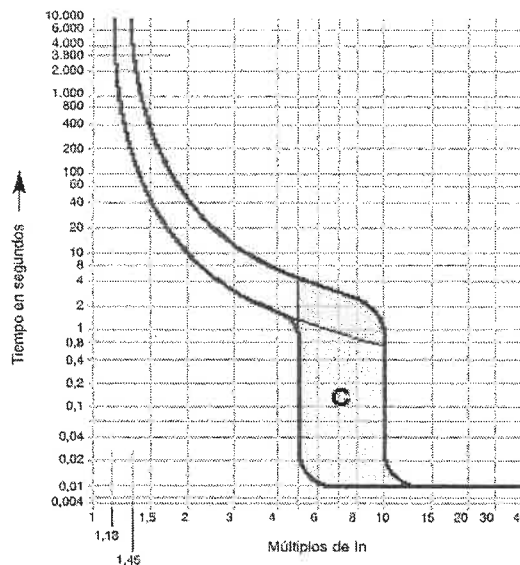


Fig. 4.15-b CURVA TIPO C DE UN IAM

Curva tipo D. Fig. 4.15-c. – Norma UNE-EN 60898

El disparo térmico es lento y el disparo magnético es muy lento.

Aplicaciones: Son adecuados para instalaciones que alimentan receptores con un pico de corriente muy elevado durante la conexión.

Ejemplos: Protección de circuitos muy inductivos (entrada a transformadores de aislamiento BT/BT), ordenadores, rectificadores, fuentes de alimentación conmutadas, motores, baterías de condensadores.

Disparo **térmico**:
Limitado hasta $10 \cdot I_n$

Disparo **magnético**:
Situado entre $10 \cdot I_n$ y $20 \cdot I_n$

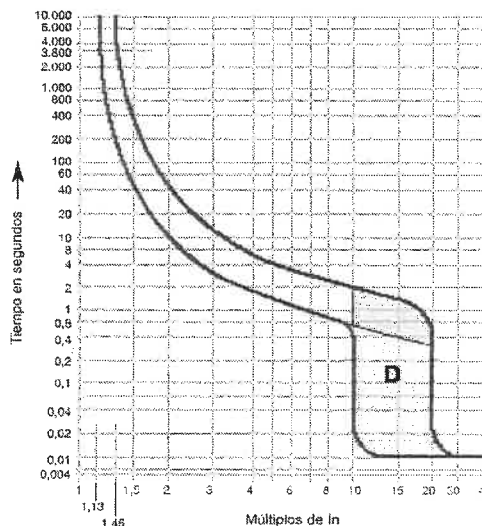


Fig. 4.15-c CURVA TIPO D DE UN IAM



Curva tipo MA. Fig. 4.15-d.

Curva de disparo magnético exclusivamente, con un valor de 12 In, de acuerdo con la norma EN 60947.2.

Los interruptores automáticos equipados con esta curva no son interruptores magnetotérmicos, ya que carecen de protección térmica.

Aplicaciones: Se utilizan para la protección magnética de motores.

Disparo **térmico**:
NO TIENE

Disparo **magnético**:
Situado a 12·In (± 20%)

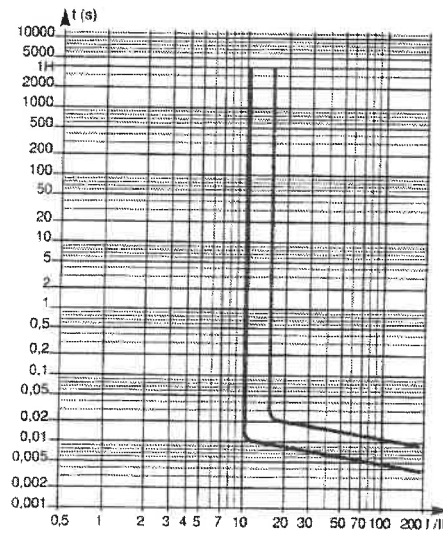


Fig. 4.15-d CURVA TIPO MA DE UN IAM

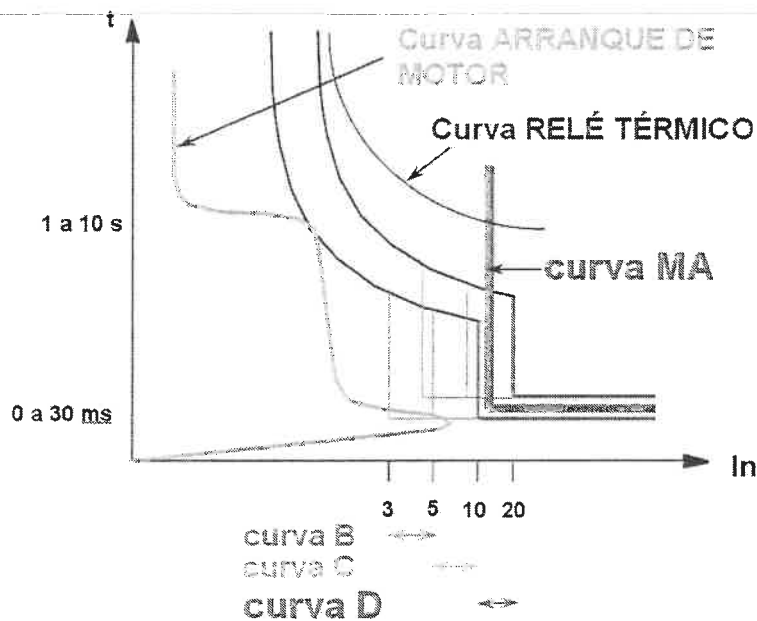


Fig. 4.15-d-a CURVA TIPO D Y CURVA MA DE UN IAM



Curva tipo Z. Fig. 4.15-e. – Norma UNE EN 60947.2.

I_m entre $2,4 I_n$ y $3,6 I_n$

Aplicaciones: Se utilizan para proteger instalaciones con receptores electrónicos y circuitos secundarios de medida.

Disparo **térmico**:
Limitado hasta $2'4 \cdot I_n$

Disparo **magnético**:
Situado entre $2'4 \cdot I_n$ y $3'6 \cdot I_n$

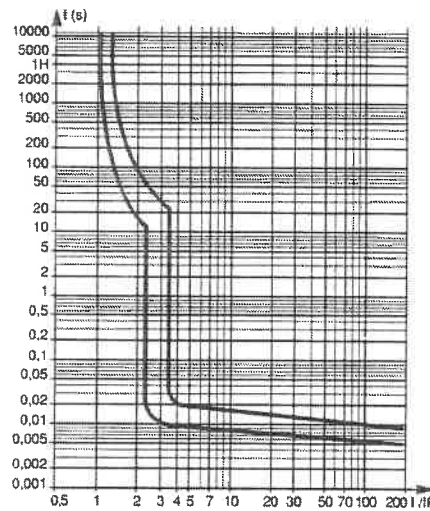


Fig. 4.15-e CURVA TIPO Z DE UN IAM

Curva tipo K. Fig. 4.15-g.

Permite mejor aprovechamiento del cable pues elimina disparos intempestivos de arranque ($> I_m$) y menor intensidad de disparo térmico que el resto.

Aplicaciones: Mando y protección de circuitos inductivos (motores, bombas,...) en sector terciario e industrial

Disparo **térmico**:
Limitado a $8 \cdot I_n$

Disparo **magnético**:
Situado entre $8 \cdot I_n$ y $12 \cdot I_n$

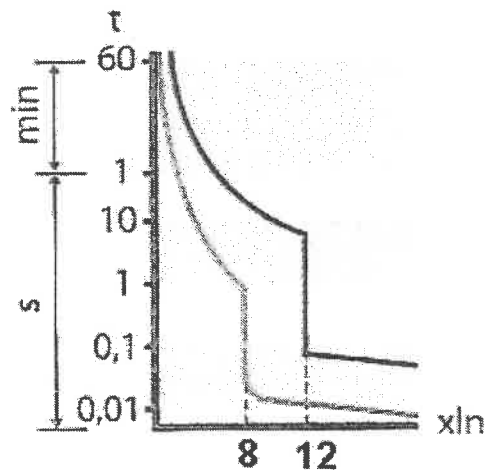


Fig. 4.15-g CURVA TIPO K DE UN IAM



Curva tipo ICP-M. Fig. 4.15-f. Norma UNE 20.137-88 / UNESA: RU 6101C

Se le conoce como interruptor de control de potencia de rearme manual.

El disparo magnético actúa entre 5 y 8 I_n .

Esta curva no está englobada en la norma EN, sino en la recomendación UNESA: RU 6101C.

Aplicaciones: Se emplean por las compañías eléctricas como Interruptores de Control de Potencia (ICPM). En uso general equivaldría a los interruptores de curva C.

Disparo **térmico**:

Limitado hasta $5 \cdot I_n$

Disparo **magnético**:

Situado entre $5 \cdot I_n$ y $8 \cdot I_n$

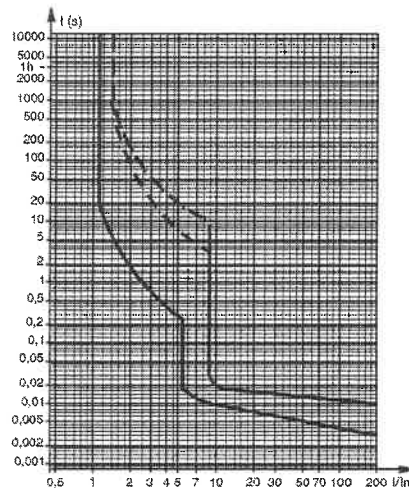


Fig. 4.15-f CURVA TIPO ICP-M DE UN IAM

Punto	Ctes	Tiempos	Resultado
I_{nf}	1,1	$t < 1h$	no disparo
I_f	1,5	$t < 1h$	disparo
I_{media}	2,5	$1 s < t < 60 s \ (I_n < 30 A)$	disparo
		$2 s < t < 120s \ (I_n > 30 A)$	disparo
I_{cc}	5 - 8	$t < 0,1 s$	disparo

Fig. 4.15-f-a CURVA TIPO ICP-M DE UN IAM



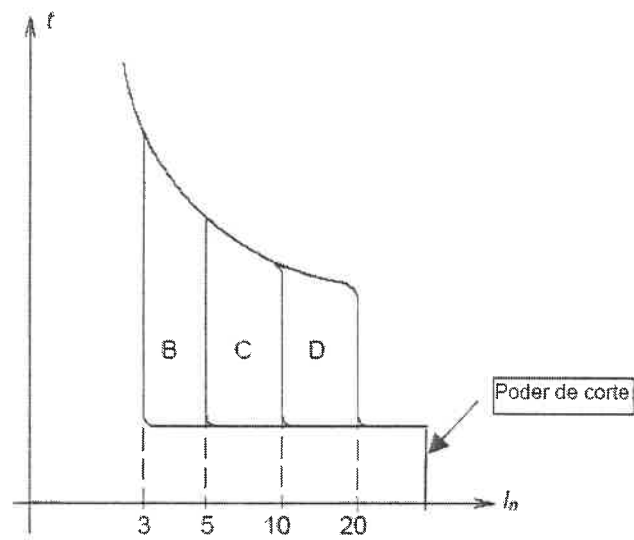
Según
**GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN:
 PROTECCIONES**
 PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES

GUÍA-BT-22
 Edición: Oct 05
 Revisión: 1

En interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas (modulares o magnetotérmicos) se definen tres clases de disparo magnético (I_m) según el múltiplo de la corriente asignada (I_n), cuyos valores normalizados son:

- Curva B: $I_m = (3 \div 5) I_n$
- Curva C: $I_m = (5 \div 10) I_n$
- Curva D: $I_m = (10 \div 20) I_n$

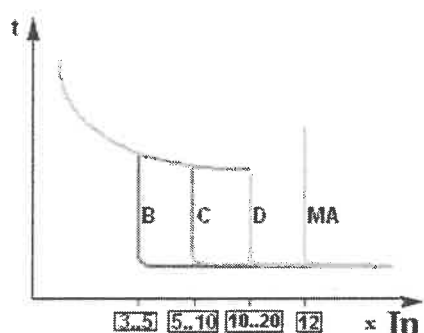
FIG. 4.16-a
CURVAS DE IAM
SEGUN
LA GUÍA TÉCNICA
BT-22



Tipos de disparo magnético de los interruptores automáticos modulares



CUADRO RESUMEN








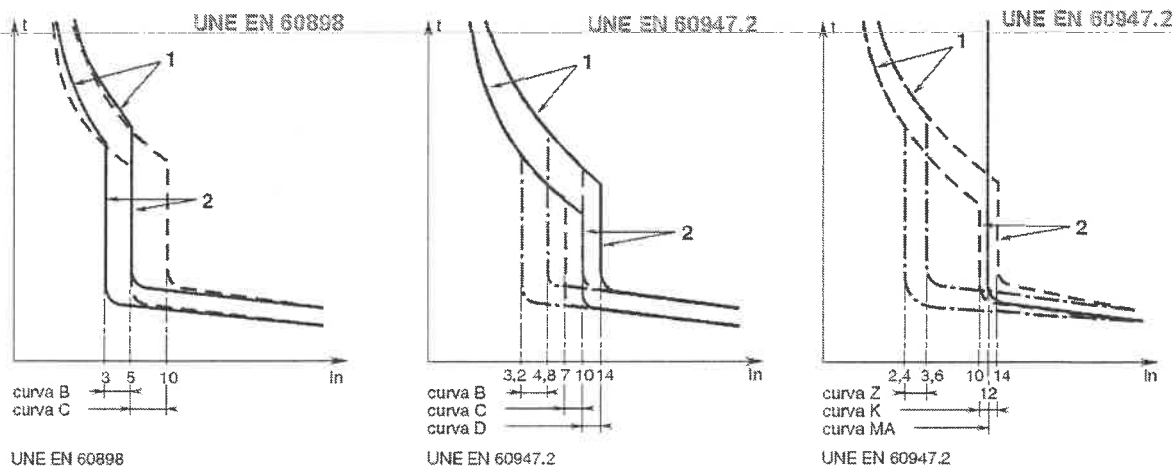
-  **Curva B**
 Disparo: 3 a 5 veces la corriente nominal (I_n);
 protección de los generadores, personas, cables de gran longitud; no hay puntas de corriente
-  **Curva C**
 Disparo: 5 a 10 I_n
 protección de los circuitos (alumbrado, tomas de corriente); aplicaciones generales
-  **Curvas D**
 Disparo: 10 a 20 I_n
 protección de cables alimentando receptores con fuertes puntas de arranque; transformadores, motores.
-  **Curva Z**
 Disparo: 2,4 a 3,6 I_n
 protección de los circuitos electrónicos
-  **Curva MA**
 Disparo: 12 I_n
 protección de arranque de motores y aplicaciones específicas (no hay protección térmica)

Fig. 4.16-b TIPOS DE CURVAS PARA LOS IAM



① límites de disparo térmico en frío, 2 polos cargados.
 ② límites de disparo electromagnético, 2 polos cargados.

I_r: intensidad de regulación del disparo térmico = I_n para automáticos multi 9.
I_m: intensidad de regulación del disparo magnético.

(1) La regulación fija del magnético tipo MA está garantizada por $I_m \pm 20\%$.

Fig. 4.16-c



Ensayo	Tipo	Corriente de ensayo	Estado inicial	Limites de tiempo de disparo o de no disparo	Resultados a obtener	Notas
a	B, C, D	$1,13 I_n$	Frio ^a	$t \leq 1 \text{ h}$ (para $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t \leq 2 \text{ h}$ (para $I_n > 63 \text{ A}$)	No disparo	
b	B, C, D	$1,45 I_n$	Siguiendo inmediatamente al ensayo a	$t < 1 \text{ h}$ (para $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t < 2 \text{ h}$ (para $I_n > 63 \text{ A}$)	Disparo	Corriente aumentada uniformemente en 5 s
c	B, C, D	$2,55 I_n$	Frio ^a	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ (para $I_n \leq 32 \text{ A}$) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ (para $I_n > 32 \text{ A}$)	Disparo	
d	B C D	$3 I_n$ $5 I_n$ $10 I_n$	Frio ^a	$0,1 \text{ s} < t < 45 \text{ s}$ (para $I_n \leq 32 \text{ A}$) $0,1 \text{ s} < t < 90 \text{ s}$ (para $I_n > 32 \text{ A}$) $0,1 \text{ s} < t < 15 \text{ s}$ (para $I_n \leq 32 \text{ A}$) $0,1 \text{ s} < t < 30 \text{ s}$ (para $I_n > 32 \text{ A}$) $0,1 \text{ s} < t < 4 \text{ s}^b$ (para $I_n \leq 32 \text{ A}$) $0,1 \text{ s} < t < 8 \text{ s}$ (para $I_n > 32 \text{ A}$)	Disparo	Corriente establecida al cerrar un interruptor auxiliar
e	B C D	$5 I_n$ $10 I_n$ $20 I_n$	Frio ^a	$t < 0,1 \text{ s}$	Disparo	Corriente establecida al cerrar un interruptor auxiliar

NOTA – Está en estudio un ensayo adicional, intermedio entre c y d, para los interruptores de tipo D.

^a El término "frio" significa sin carga previa, a la temperatura de calibración de referencia.

^b Para $I_n \leq 10 \text{ A}$, $t < 8$ es admisible.

Fig. 4.16-d UNE 60 898: curvas B, C y D



M) EL PODER LIMITADOR DE UN IAM

El Poder Limitador de un IAM es la capacidad más o menos grande de no permitir, que en cortocircuito, se alcancen los valores de I_{cc} previstos.

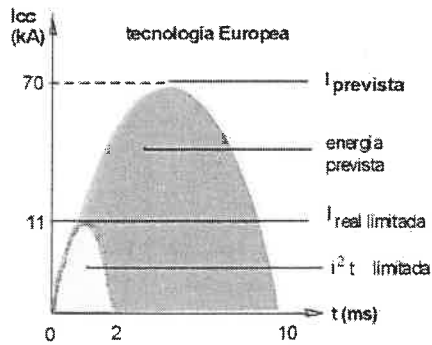


Fig. 4.17-a

Estas características se traducen por las curvas de limitación:

- La intensidad de pico en función de la intensidad eficaz de la corriente de cortocircuito prevista.
- El esfuerzo térmico limitado: $f(I_{cc} \text{ prevista})$

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable.

Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de:

AISLAMIENTO	TEMPERATURA MÁXIMA
TERMOPLÁSTICOS (PVC, poliolefinas Z1 o similares)	160 °c
TERMOESTABLES (tipo XLPE, EPR, poliolefinas Z, silicona...)	250 °c

Fig. Tabla 4.17-b

Siguiendo la norma **UNE 20460-4-43** podemos calcular la **intensidad máxima de cortocircuito que puede soportar un conductor** según la fórmula siguiente:

$$I_{cc_{max}} = \frac{k \cdot s}{\sqrt{t}}$$

- $I_{cc_{max}}$ Intensidad de cortocircuito en amperios.
 K Constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento (termoplástico [(PVC, poliolefinas Z1 o similares)] o termoestable [tipo XLPE, EPR, poliolefinas Z, silicona...])

CONDUCTOR		AISLAMIENTO	K
En el interior de edificios UNE 20460-4-43:2003	Cobre	PVC	115
		XLPE - EPR	143
	Aluminio	PVC	
		XLPE - EPR	94
En redes de distribución UNE 20435-2	Aluminio	XLPE - EPR	93

Fig. Tabla 4.17-c Valores de K según UNE 20460-4-43:2003

s sección del conductor en mm²



t duración del cortocircuito en segundos (mínimo 0,1 segundos, máximo 5 segundos). Al tiempo que tardan los dispositivos en interrumpir el arco que se produce (extinción de arco) se le denomina tiempo de corte, que no debe ser superior al tiempo que tarda en alcanzar la temperatura de los conductores el límite máximo admisible.

	Aislamiento de los conductores						Mineral	
	PVC 70°C ≤ 300 mm ²	PVC 70°C > 300 mm ²	PVC 90°C ≤ 300 mm ²	PVC 90°C > 300 mm ²	PR/EPR	Goma 60 °C	Con PVC	Desnudo
Temperatura inicial °C	70	70	90	90	90	60	70	105
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Material del conductor								
Cobre	115	103	100	86	143	141	115 *	135
Aluminio	76	68	66	57	94	93	-	-
Conexiones soldadas con estaño para conductores de cobre	115	-	-	-	-	-	-	-

* Este valor se debe utilizar para cables desnudos expuestos al contacto.

NOTA 1 Para duraciones muy cortas (< 0,1 s) donde la asimetría de la intensidad es importante y para dispositivos limitadores de la intensidad, $k^2 \cdot S^2$ debe ser superior a la energía ($I^2 t$) que deja pasar el dispositivo de protección, indicada por el fabricante.

NOTA 2 Otros valores de k están en estudio para:
 - los conductores de pequeña sección (especialmente para secciones inferiores a 10mm²);
 - las duraciones de cortocircuitos superiores a 5s;
 - otros tipos de conexiones en los conductores;
 - los conductores desnudos.

NOTA 3 La corriente nominal del dispositivo de protección contra los cortocircuitos puede ser superior a la corriente admisible de los conductores del circuito.

NOTA 4 Los valores de esta tabla están basados en la norma UNE 211003-1.

Fig. Tabla 4.17-d Valores de K según la guía técnica del REBT

Aplicando valores a la fórmula se obtiene la siguiente tabla:

Conductor de Cobre $S = \text{mm}^2$	Aislamiento PVC ($k = 115$) $A^2 \cdot S$	Aislamiento XLPE o EPR ($k = 143$) $A^2 \cdot S$
1	$13,225 \cdot 10^3$	$20,449 \cdot 10^3$
1,5	$29,756 \cdot 10^3$	$46,010 \cdot 10^3$
2,5	$82,656 \cdot 10^3$	$127,800 \cdot 10^3$
4	$211,600 \cdot 10^3$	$327,200 \cdot 10^3$
6	$476,100 \cdot 10^3$	$736,200 \cdot 10^3$
10	$1.322,500 \cdot 10^3$	$2.044,900 \cdot 10^3$
16	$3.385,600 \cdot 10^3$	$5.234,900 \cdot 10^3$
25	$8.265,600 \cdot 10^3$	$12.781,000 \cdot 10^3$
35	$16.200,000 \cdot 10^3$	$25.050,000 \cdot 10^3$
50	$33.063,000 \cdot 10^3$	$51.123,000 \cdot 10^3$
70	$64.803,000 \cdot 10^3$	$100.200,000 \cdot 10^3$
95	$119.356,000 \cdot 10^3$	$184.552,000 \cdot 10^3$
120	$190.440,000 \cdot 10^3$	$258.566,000 \cdot 10^3$
150	$297.563,000 \cdot 10^3$	$460.103,000 \cdot 10^3$
185	$452.626,000 \cdot 10^3$	$699.867,000 \cdot 10^3$
240	$761.760,000 \cdot 10^3$	$1.177.682,000 \cdot 10^3$
300	$1.190.250,000 \cdot 10^3$	$1.840.410,000 \cdot 10^3$

Fig. Tabla 4.17-e Tabla de valores de $k^2 \cdot S^2$ (esfuerzos térmicos admisibles)



CURVAS DE LIMITACIÓN TÉRMICA (ENERGÍA ESPECÍFICA PASANTE). I^2t

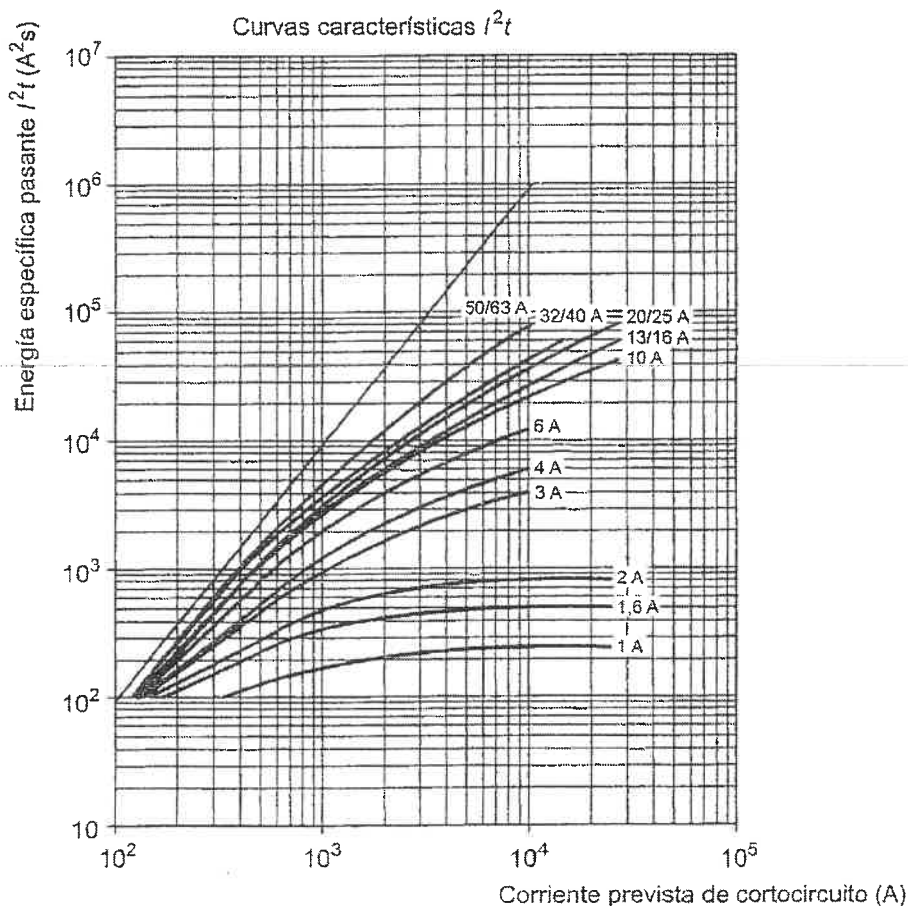
Es la máxima energía que deja pasar el IAM al eliminar un defecto. Si el valor de esta energía es superior a la que soporta el receptor al que protege, se produce la destrucción térmica del mismo.

Característica I^2t (A^2s)

Expresan los valores I^2t (eje de ordenadas) que dejan pasar los IAM, en función de la sobreintensidad previsible I_p en el IAM hasta el poder de corte nominal PdC (eje de abscisas).

La energía específica pasante de un IAM se obtiene multiplicando el cuadrado de la corriente eficaz por el tiempo que hace falta para la actuación de la protección (I^2t).

Este dato es fundamental para el diseñador de las instalaciones, para realizar una correcta selectividad entre las protecciones. **Fig. 4.18-a**



Curvas de energía pasante para interruptores automáticos con curvas B y C

Fig. 4.18-a



Los fabricantes ofrecen unas gráficas correspondientes a la energía específica pasante

Los interruptores automáticos con curva de disparo B y C de corriente asignada I_n hasta 32 A inclusive y con un poder de corte de 4,5 kA, 6 kA y 10 kA. Tienen tres clases de limitación de energía representados en las Fig. **Tabla 4.18-b** y **c**.

PODER DE CORTE ASIGNADO PdC (I_{cn})	CLASE DE LIMITACIÓN DE ENERGÍA				
	CLASE 1	CLASE 2		CLASE 3	
	I^2t máximo (A^2s)	I^2t máximo (A^2s)		I^2t máximo (A^2s)	
	Curvas B y C	Curva B	Curva C	Curva B	Curva C
6.000	Sin límite especificado	100.000	120.000	35.000	42.000
10.000		240.000	290.000	70.000	84.000

FIG. TABLA 4.18-b Exigencia térmica I^2t para IAM hasta 16 a inclusive

PODER DE CORTE ASIGNADO PdC (I_{cn})	CLASE DE LIMITACIÓN DE ENERGÍA				
	CLASE 1	CLASE 2		CLASE 3	
	I^2t máximo (A^2s)	I^2t máximo (A^2s)		I^2t máximo (A^2s)	
	Curvas B y C	Curva B	Curva C	Curva B	Curva C
6.000	Sin límite especificado	130.000	160.000	45.000	55.000
10.000		310.000	370.000	90.000	110.000

FIG. TABLA 4.18-c Exigencia térmica I^2t para IAM de 20 A hasta 32 A inclusive

El uso de estas tablas sirve para ayudar al instalador a obtener una selectividad con los aparatos instalados aguas arriba y a proteger los conductores en caso de cortocircuito. Por ejemplo si aguas arriba tenemos instalado un fusible, esta selectividad se obtiene hasta que la I^2t que deja pasar el interruptor automático es inferior al valor de I^2t de prearco del fusible.

En el caso de la protección de los **conductores** para un cortocircuito, se obtiene que hasta la I^2t que deja pasar el interruptor automático es inferior al valor máximo admisible del conductor.

La ecuación $k^2s^2 > I^2t$ se debe cumplir para toda la longitud del cable. Hay que comprobar su cumplimiento para los valores máximo y mínimo de cortocircuito

$$k^2s^2_{\text{conductor}} > I^2t_{\text{IAM}}$$



Ejemplo:

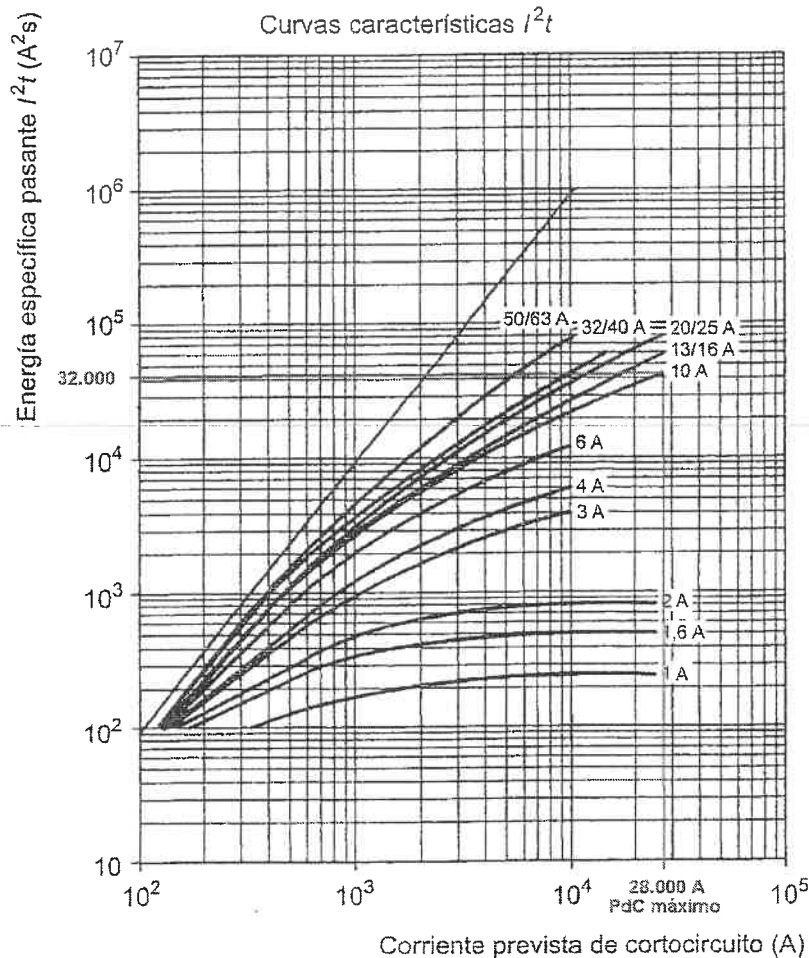
Sea un cable de cobre de 4 mm² de sección y aislamiento PRC, el cual está protegido por un IAM C-3x10A (curva C, calibre 10A, tripolar) instalado en una red a 400/415V.

Interpretación gráfica:

- Si tomamos el extremo de la curva, estaremos en el valor límite del IAM para:
- Intensidad máxima de corriente que puede interrumpir (Poder de corte PDC = 28 kA)
 - Energía específica pasante máxima ($i^2t = 32.000 \text{ A}^2\text{s}$)

Por otra parte, el esfuerzo térmico admisible del cable es de $3'272\text{E}5 = 327.200 \text{ A}^2\text{s}$ (Fig. **Tabla 4.17-e**).

Por tanto, la protección está siempre asegurada hasta su valor máximo de PdC (esfuerzo máximo que permite el automático = $3'2\text{E}4 = 32.000 \text{ A}^2\text{s}$. **Fig. 4.18-d**



Curvas de energía pasante para interruptores automáticos con curvas B y C

Fig. 4.18-d



CURVAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE

Ejemplo:

¿A qué valor está limitado una I_{cc} de 10kA ef. Si la protección es un C60L-2x32A (Merlin Gerin, bipolar, calibre 32^a) a 400/415V ?

Interpretación gráfica:

Podemos leer 5kA de pico.

limitación de corriente

2, 3, 4 polos

- 2. C60N
- 3. C60H - C60L 50 y 63 A
- 4. C60L 32 y 40 A
- 5. C60L ≤ 25 A

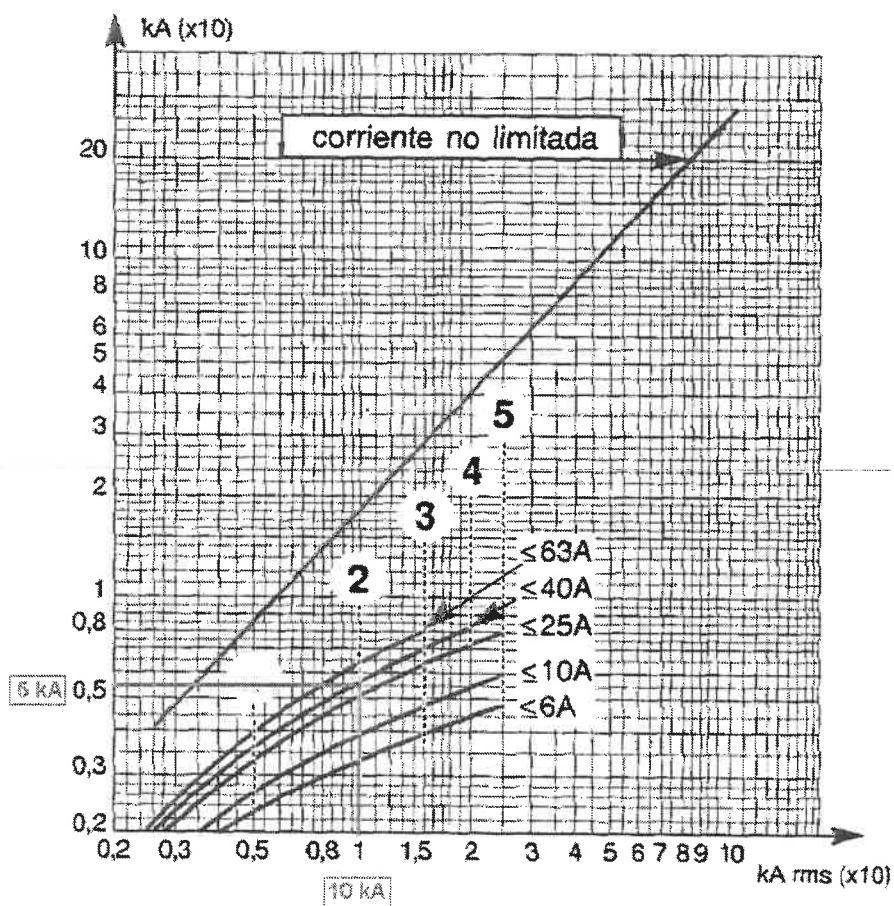


Fig. 4.18-e



VENTAJAS QUE APORTAN LOS AUTOMÁTICOS LIMITADORES:

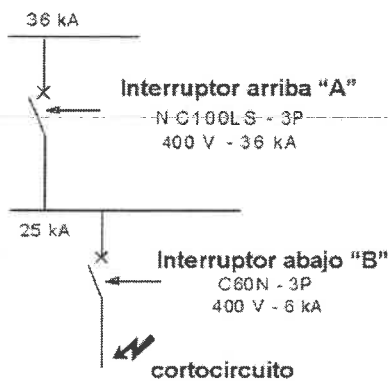
- ✓ Mejor protección de redes ante corrientes de cortocircuito
- ✓ Calentamiento menos elevado de los conductores
- ✓ Disminuye el riesgo de deformación o de ruptura a nivel de contactos eléctricos
- ✓ Reducen la influencia de los aparatos de medida próximos
- ✓ Ventajas económicas gracias a la **FILIACIÓN**

N) LA FILIACIÓN

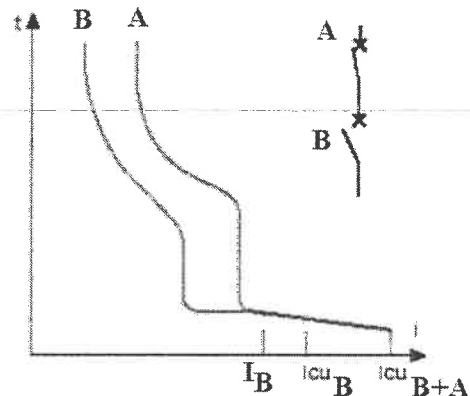
La filiación, "cascading" o protección de acompañamiento, o efecto cascada o protección back-up.

La filiación permite el empleo de un interruptor con un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito prevista en el punto donde está instalado, con la condición de que exista otro dispositivo de protección instalado aguas arriba que posea el poder de corte necesario.

Para el caso del ejemplo de la Fig. 4.19-a, la filiación consiste en instalar un interruptor aguas arriba A para ayudar a un interruptor instalado aguas abajo B a cortar las intensidades de cortocircuito superiores a su poder de corte último I_{cuB} . Este valor se marca como I_{cuB+A} . La IEC 60947-2 reconoce la filiación entre dos interruptores. Para los puntos críticos, donde las curvas de disparo se sobreponen, la filiación debe ser verificada mediante ensayos.



Merlin Gerin
Modicon
Square D
Telemecanique
Fig. 4.19-a



Filiación

Fig. 4.19-b

La filiación se basa en la capacidad de limitación de los IAM

El automático de arriba ayuda al automático de abajo a proteger el cable contra el I_{cc} esperado

La técnica de filiación permite utilizar aguas abajo, aparatos de características inferiores.



Ventajas que aporta la filiación:

- ✓ Simplificación de los cálculos de Icc aguas abajo
- ✓ Simplicidad al escoger los interruptores automáticos
- ✓ Económico ya que se escogen aparatos de menores prestaciones
- ✓ Económico al escoger los envolventes

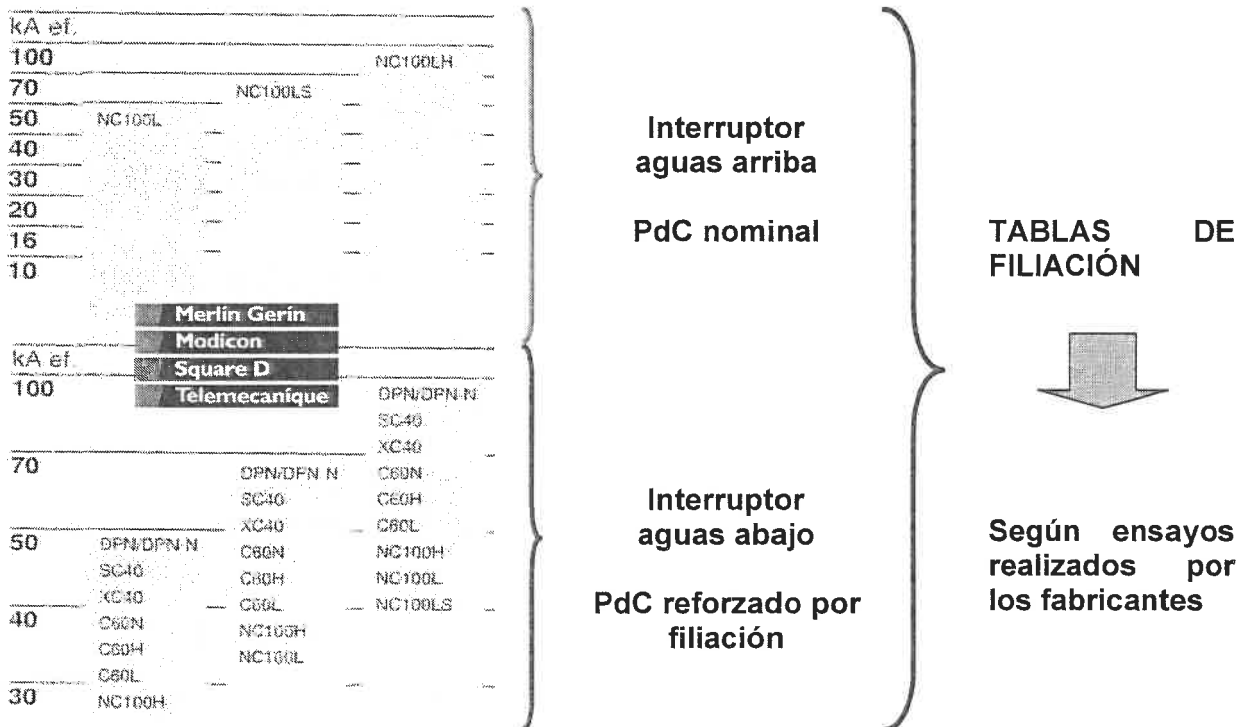


Fig. 4.20

Nota:

La filiación debe ser verificada por ensayos en los puntos críticos.

La filiación sólo puede ser garantizada por el fabricante que recoja sus ensayos en tablas, por lo cual deberemos referirnos a éstas para escoger los aparatos adecuados.

O) SELECTIVIDAD DEL DISPARO

En una conexión de interruptores automáticos magnetotérmicos **en serie** se califica como **selectiva** la protección contra sobrecargas y cortocircuitos cuando, vista la dirección del flujo de energía (aguas arriba), sólo desconecta el interruptor más cercano al punto del fallo.

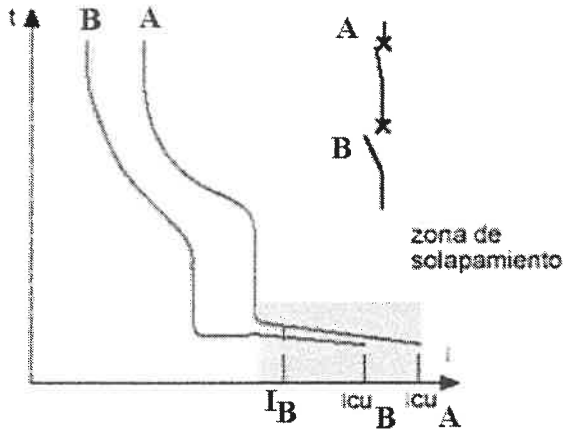
La IEC 60947-2 define un valor de intensidad I_s cuyo nombre es límite de selectividad, tal que: Fig. 4.21-a

- si la intensidad de defecto es inferior a este valor I_s , sólo el interruptor B abre,



- si la intensidad de defecto es superior a este valor I_s , los interruptores A y B abre

Por **ejemplo**, si se produce un fallo en A (**Fig. 4.21-b**), disparará únicamente el IA-1 interrumpiendo el servicio a ese circuito. Si además fallase el IA 1, éste fundiría el fusible F1, o, bien, si el fallo se produce en B se fundiría F1 y si fallase fundiría F2.



Selectividad
Fig. 4.21-a

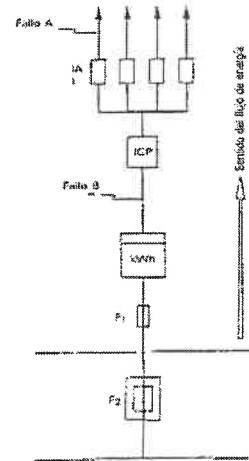


Fig. 4.21-b SELECTIVIDAD DEL DISPARO DE LOS IAM

La Selectividad velará por el confort del usuario



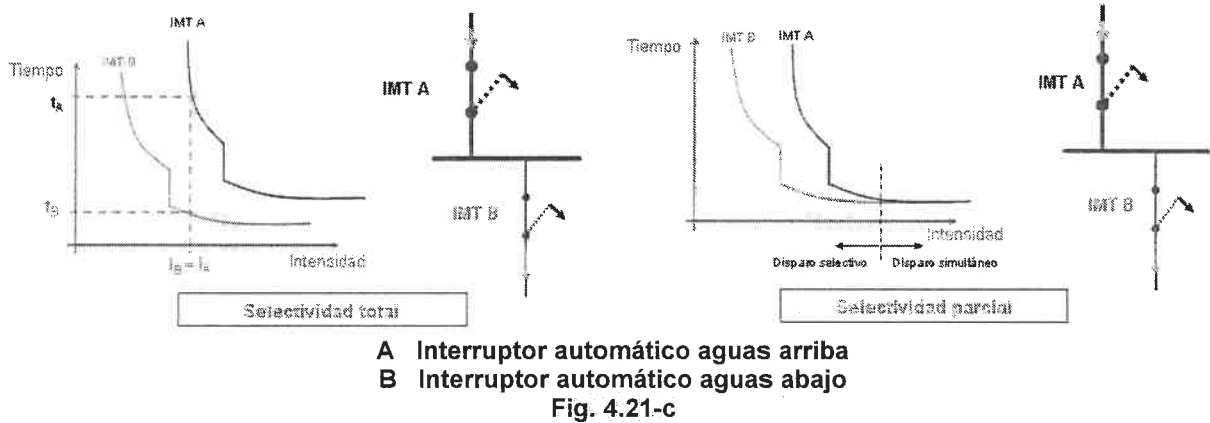
Se garantizará la Continuidad de servicio

Una instalación no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:

- ✓ Imperativos de producción no respetados.
- ✓ Roturas de fabricación con:
 - Pérdida de producción o de producto terminado
 - Riesgo de avería en los útiles de producción dentro de procesos continuos
- ✓ Obligación de volver a realizar los procesos de arranque como consecuencia de una pérdida de alimentación general.
- ✓ Paro de motores de seguridad tales como bombas de lubricación,...

GRADOS DE SELECTIVIDAD: (FIG. 4.21-c)

- **Selectividad total:**
La condición anterior se produce para todos los valores de corriente.
- **Selectividad parcial:**
Cuando por encima de determinados valores de corriente se produce el disparo simultáneo de más de un interruptor.



TIPOS DE SELECTIVIDAD: (FIG. 4.22)

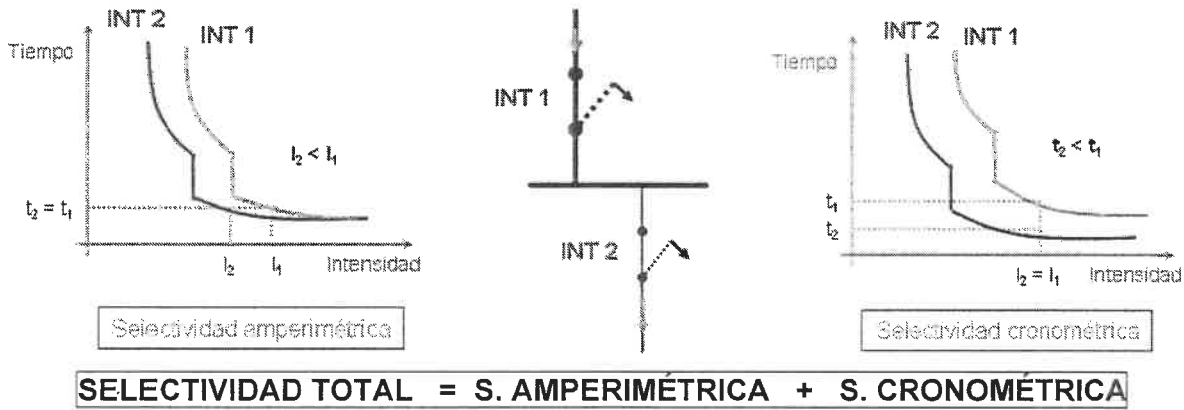


Fig. 4.22-a

- **Selectividad amperimétrica.** El interruptor que esté aguas abajo debe cortar el circuito ante cortocircuitos, antes de que lo haga el superior
- **Selectividad cronométrica.** El interruptor que esté aguas abajo debe cortar el circuito en un tiempo inferior al de aguas arriba para una misma sobreintensidad

AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	C60 N, H, L curva B											
	in (A)	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63
DPN N	límite select. (A)						64	80	100	128	160	200	252
curva B	6												
	10												
	16												
	20												
	25												
	32												
	40												



Fig. 4.22-b

TABLAS DE SELECTIVIDAD



Según ensayos realizados por los fabricantes según norma CEI 947-2



En un edificio de viviendas el sentido del flujo de energía viene representado en la **Fig. 4.23**, de tal forma que en caso de fallar un interruptor tiene que actuar el anterior que será de orden superior.

Nota:

Como para la filiación, la selectividad debe ser verificada por ensayos en los puntos críticos.

La selectividad y la filiación sólo pueden ser garantizadas por el fabricante que recoja sus ensayos en tablas, por lo cual deberemos referirnos a éstas para escoger los aparatos adecuados.

CATEGORÍAS DE EMPLEO.

La categoría de empleo debe fijarse en función de que esté o no previsto el interruptor automático para la selectividad por una temporización intencionada, en condiciones de cortocircuito, respecto a los demás interruptores automáticos montados en serie aguas abajo. Las categorías de empleo son: (Norma CEI 947-2)

Categoría A → No especialmente preparados para realizar selectividad cronométrica

Interruptores automáticos no previstos para la selectividad en condición de cortocircuito en relación con otros dispositivos de protección contra cortocircuitos instalados en serie aguas abajo (no tienen retardo intencional de corta duración, ni intensidad asignada de corta duración admisible).

Categoría B → Especialmente preparados para realizar selectividad cronométrica (I_{cw}: corriente asignada de corta duración admisible)

Interruptores automáticos previstos para la selectividad en condición de cortocircuito en relación con otros dispositivos de protección contra cortocircuitos instalados en serie aguas abajo (tienen un retardo intencional de corta duración que puede ser regulable, y una intensidad asignada de corta duración admisible).

Un interruptor automático de categoría de empleo A puede estar previsto para la selectividad en condiciones distintas de cortocircuito.

P) CARACTERÍSTICAS DE DESCONEXIÓN

La **desconexión** puede ser:

- **Manual:** mecánica
- **Automática:** Térmica (por sobrecargas) y magnética (por cortocircuitos)



La **reconexión** puede ser:

- **Manual:** mecánica (Habitualmente)
- **Automática:** eléctrica (mando a distancia mediante relé)

Los interruptores automáticos magnetotérmicos poseen características de desconexión, las cuales están adaptadas a las características de calentamiento de los conductores.

Las influencias a que están sometidas las características de desconexión son:

- Temperatura ambiente
- Corriente continua
- Frecuencias elevadas

Q) REGLAJE DE LOS INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS.

Las características de reglaje son dadas por las curvas de disparo. Algunos aparatos ya tienen prefijadas dichas curvas y otros tienen la **posibilidad de regular alguna o todas las partes componentes de las curvas**. En el caso de aparatos con las curvas prefijadas el ajuste pasará por elegir adecuadamente el equipo.

Se distinguen las **curvas** según normas UNE-EN60898 y UNE-EN60947.2: (**Ver los tipos de curvas de los IAM**)

Estas curvas contienen distintas zonas delimitadas por las siguientes corrientes (definidas en el anexo K de la norma IEC 60947-2).

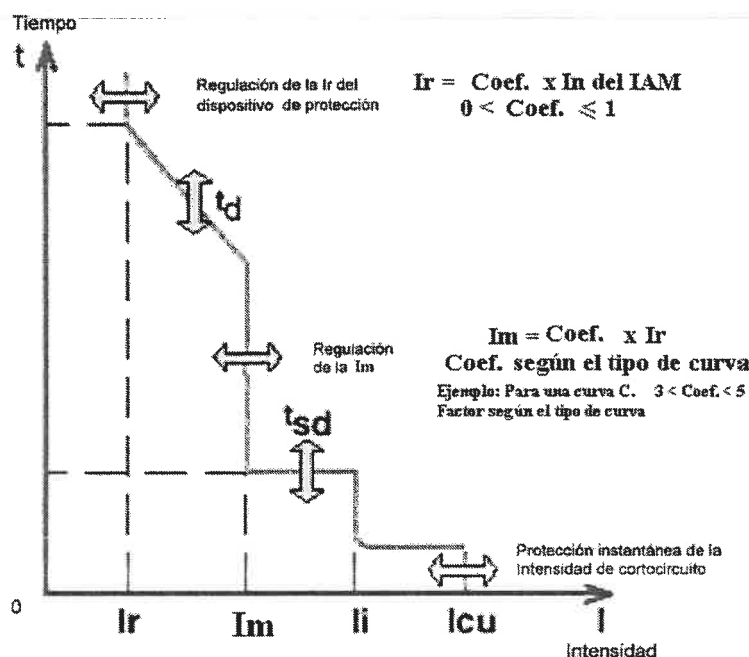


Fig. 4.24



Intensidad nominal (I_n)

I_n (en A eff.) = intensidad ininterrumpida máxima soportada a temperatura ambiente sin sobrecalentamiento anormal.

Ej. : 125 A a 40 °C.

Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable (I_r) (en A eff.)

I_r recibe el nombre de Protección Largo Retardo (PLR).

I_r está en función de I_n .

I_r caracteriza la protección contra las sobrecargas.

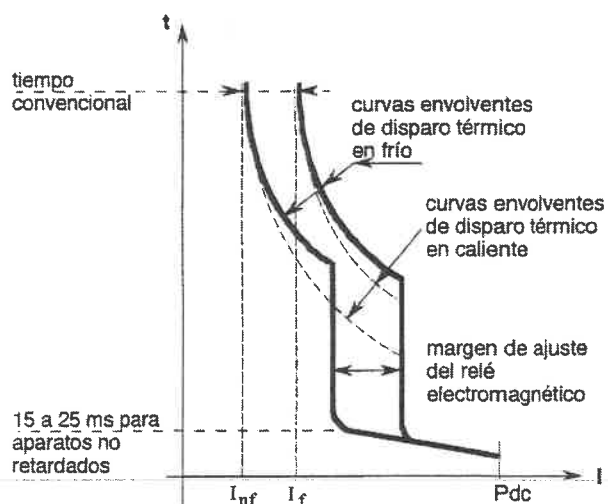
Para el funcionamiento en sobrecarga, las intensidades convencionales de no funcionamiento (no disparo) I_{nf} y de funcionamiento (disparo) I_f son:

UNE-EN 60947 → Usos industriales

$$I_{nf} = 1,05 I_n$$

$$I_f = 1,3 I_n$$

$$t_c = 1 \text{ ó } 2 \text{ h}$$



I_{nf} intensidad de NO DESCONEXIÓN (no funcionamiento)

I_f intensidad de DESCONEXIÓN (funcionamiento)

Fig. 4.25

I_f está dada por un tiempo convencional de disparo. Para una intensidad superior a I_f , el disparo por defecto térmico se hará según la curva a tiempo inverso.

Intensidad de regulación de disparo corto retardo (I_m) (en kA eff.)

I_m recibe el nombre de Protección Corto Retardo o (PCR).

I_m está en función de I_r .

I_m caracteriza la protección contra los cortocircuitos.

La apertura del interruptor se hace según la curva de disparo por corto retardo:

- con una temporización t_{sd} ,
- o con $I^2 \cdot t$ constante,
- o instantáneamente (análoga a la protección instantánea).



Intensidad de regulación de disparo instantáneo (I_i)

I_i (en kA) está en función de I_n . I_i caracteriza la protección contra los cortocircuitos para todas las categorías de interruptores. Para las sobreintensidades importantes (los corto circuitos) superiores al valor I_i , el interruptor debe cortar instantáneamente la intensidad de defecto.

Esta protección puede ser deshabilitada según la tecnología y el tipo de interruptor, en particular los interruptores de categoría B (con retardo para selectividad cronológica)

R) MARCADO DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO

Cada interruptor deberá llevar de forma indeleble las siguientes indicaciones:

- ✓ Nombre del fabricante.
- ✓ Designación comercial de la serie del fabricante.
- ✓ Tensión asignada con el símbolo
- ✓ El tipo de curva de disparo (B, C o D) y a continuación la corriente asignada (I_n) sin el símbolo A. Ejemplo: C25.
- ✓ Poder de corte asignado (I_{cn}) en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicar las unidades. Ejemplo: 6000
- ✓ Clase de limitación de energía (I^2t) dentro de un cuadrado 3.
- ✓ El esquema de conexión.
- ✓ Los bornes exclusivamente destinados al neutro deben estar marcados mediante la letra "N", por ejemplo en los interruptores bipolares con un polo protegido. 1P+N.

S) INFORMACIÓN SOBRE LOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS MAGNETOTÉRMICOS

Los interruptores automáticos deben llevar marcados de forma indeleble una serie de datos:

a) Datos que deben estar en lugares visibles y legibles cuando el aparato está instalado:

- ✓ Intensidad asignada (I_n).
- ✓ Capacidad para el seccionamiento, con el símbolo --/ I-
- ✓ Indicación de las posiciones de marcha y paro, con símbolos I y O respectivamente.
- ✓ Identificación y marcado de bornes. El destinado al conductor neutro con la letra N.

b) Datos que no es necesario que sean visibles cuando el aparato está instalado:

- ✓ Marca o nombre del fabricante y tipo o número de serie.
- ✓ Marcado CEI 60947-2 si el fabricante declara conformidad con esta Norma.
- ✓ Categoría de empleo, A o B.
- ✓ Tensión asignada (U_e) expresada por la tensión entre fases y frecuencia asignada o



- indicación de corriente continua (—).
 ✓ Poder asignado de corte de servicio en cortocircuito (I_{cs}) a la tensión asignada (U_e).
 ✓ Poder asignado de corte último en cortocircuito (I_{cu}) a la tensión asignada (U_e).
 ✓ Intensidad asignada de corta duración admisible (I_{cw}) para la categoría de empleo B.
 ✓ Bornes de entrada y salida, borne de neutro si procede y borne de protección.
 ✓ Temperatura para los disparadores térmicos no compensados si es distinta de 30 °C.

T) CÁLCULO DE PROTECCIÓN DE CONDUCTORES EN SOBRECARGAS, CORTOCIRCUITOS Y CONTRA CHOQUES ELÉCTRICOS.

Ver apartado de cálculo de protecciones.

5 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS. PROTECCIÓN DIFERENCIAL

A) EFECTOS DEL PASO DE LA CORRIENTE EN EL CUERPO HUMANO

B) CHOQUE ELÉCTRICO. TIPOS DE CONTACTOS ELÉCTRICOS

C) TENSIONES DE SEGURIDAD

D) DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS.

Estos apartados se estudian en el módulo de “**Seguridad en las instalaciones eléctricas**”.

E) APARATOS DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Los dispositivos de protección diferencial son los encargados de detectar las corrientes de defecto en una instalación, al producirse un fallo de aislamiento o un contacto accidental de una persona con una masa conductora bajo tensión.

Dentro de los dispositivos de protección diferencial estudiaremos:

- Interruptor diferencial
- Relé diferencial (Ver relés de protección)

En este apartado estudiaremos solamente el Interruptor Diferencial.



Este apartado se estudia en el módulo de "**Seguridad en las instalaciones eléctricas**", pero por se una aparato de protección lo trataremos ampliado en este tema.

6 INTERRUPTOR DIFERENCIAL

A) DEFINICIÓN. SÍMBOLO

El Interruptor Diferencial (ID) es un dispositivo de protección sensible a la corriente de fuga a tierra. Esta recibe el nombre de corriente diferencial, porque es igual a la diferencia entre todas las corrientes entrantes y salientes en la instalación consumidora. El balance de tales corrientes es generalmente nulo (no hay corriente de defecto). Difiere de cero si un defecto hacia tierra establece un camino para la corriente a través del terreno.

En la Fig. 6.1 se muestra el aspecto exterior de algunos ID de uso común.

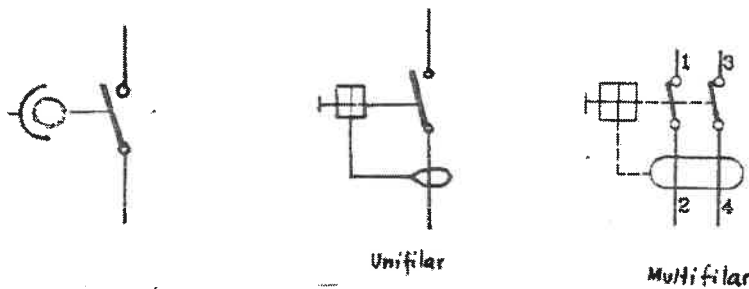


I.D. bipolar

I.D. tetrapolar

Fig. 6.1 INTERRUPTORES DIFERENCIALES

En la Fig. 6.2 se muestran los símbolos para representar un ID.



Unifilar

Multifilar

Fig. 6.2 SÍMBOLOS DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES



B) CONSTITUCIÓN

Básicamente están formados (Fig. 6.3-a) por un interruptor (1), que cuando está en servicio mantiene sus contactos cerrados. Todos los conductores activos, fase (L) y neutro (N), pasan a través de dicho interruptor y por un núcleo toroidal (2) de material ferromagnético que funciona como un transformador de intensidad (los conductores activos representan al arrollamiento primario del transformador) y un arrollamiento auxiliar (bobina de disparo B_d) (3) tiene como misión hacer de secundario y que va a provocar la apertura del interruptor cuando se produzca una corriente de fuga (defecto) de la corriente.

Los núcleos toroidales se fabrican de forma circular o rectangular.

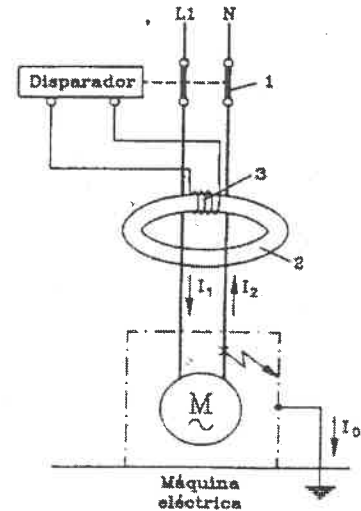


Fig. 6.3-a ESQUEMA BÁSICO DE UN INTERRUPTOR DIFERENCIAL

En la Fig. 6.3-b se muestra la disposición del arrollamiento conductor sobre los núcleos toroidales.

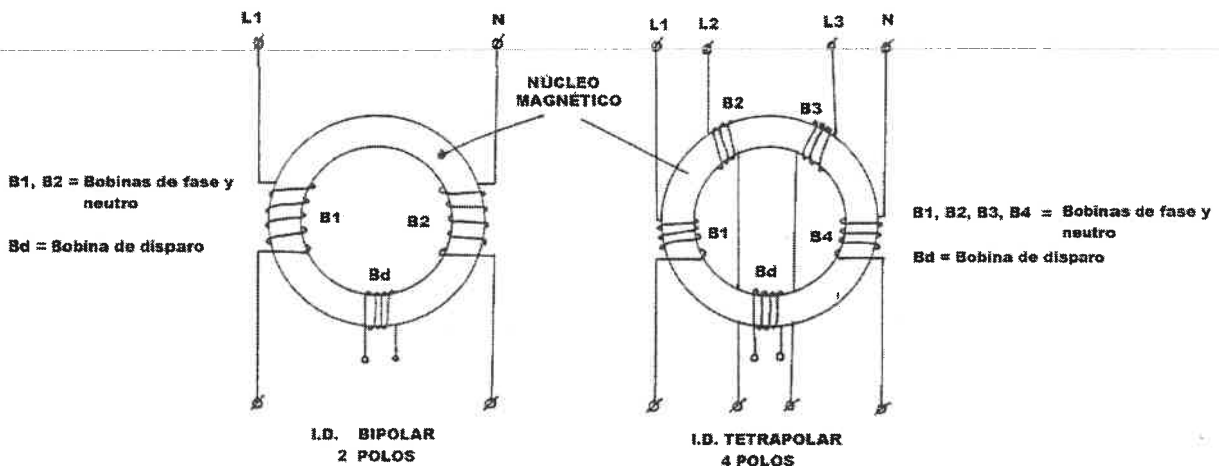


Fig. 6.3-b NUCLEOS TOROIDALES DE UN INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Para un I.D. con **circuitería electrónica**, las partes son las siguientes. Fig. 6.4-a

- **El captador.** Suministra una señal eléctrica útil en el momento que la suma de las corrientes que circulan por los conductores activos es diferente de cero.
- **Bloque de tratamiento de la señal.** La señal eléctrica leída por el captador debe



ser siempre tratada electrónicamente en mayor o menor grado para lograr el correcto funcionamiento del relé de medida y disparo, evitando al mismo tiempo funcionamientos o disparos no deseados del dispositivo diferencial. La señal tratada se envía al relé de medida y disparo.

- **El relé de medida y disparo.** Compara la señal eléctrica suministrada por el captador y una vez tratada, con un valor de referencia y da, con un posible retardo intencionado, la orden de apertura al aparato de corte asociado o dispositivo de maniobra.
- **El dispositivo de maniobra** de apertura del aparato (interruptor o interruptor automático),
- situado aguas arriba del circuito eléctrico controlado por el diferencial, se denomina disparador o accionador.

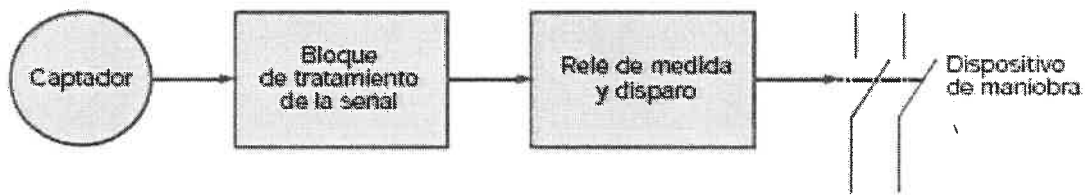


Fig. 6.4-a I.D. electrónico

C) FUNCIONAMIENTO

En un circuito en el cual no hay ninguna fuga la intensidad de entrada y la de salida son iguales:

$$\bar{I}_e = \bar{I}_s$$

Si por el contrario hubiese una fuga la intensidad de entrada y de salida ya no serían iguales:

$$\bar{I}_e = \bar{I}_s + \bar{I}_d$$

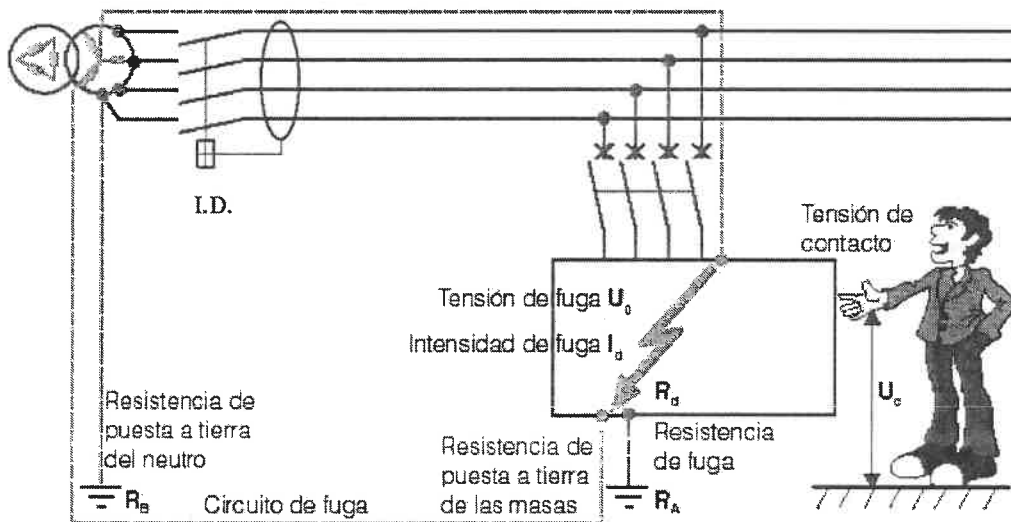


Fig. 6.4-b



La pequeña diferencia de intensidades genera una pequeña tensión, que suministra la energía a un electroimán (EI) cuya parte móvil (la paleta A) se mantiene "pegada" por la atracción del imán permanente (IP). Cuando se alcanza el umbral de funcionamiento el electroimán anula la fuerza de atracción del imán permanente, la paleta móvil A, ayudada por un resorte R que acelera su rotación, abre entonces el circuito magnético y da la orden mecánica de apertura del interruptor del circuito controlado.

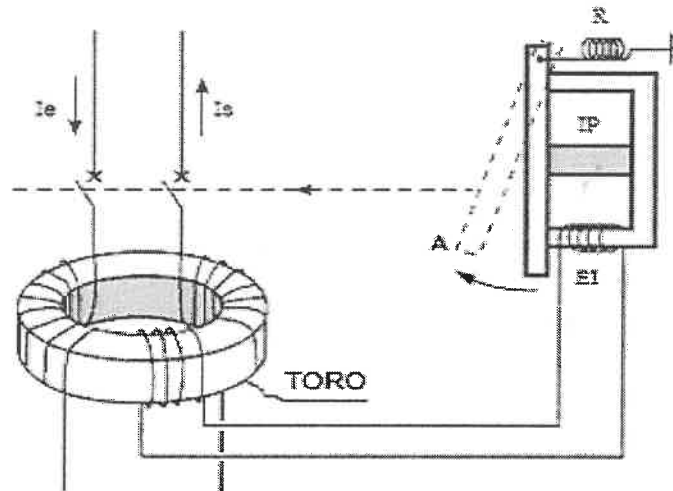


Fig. 6.4-c

Presentamos en la Fig. 6.7 las tres **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO** de un electrodoméstico protegido con un ID:

- en funcionamiento **normal**,
- con una fuga por **contacto directo** en su suministro y
- con una fuga por un **contacto indirecto**.

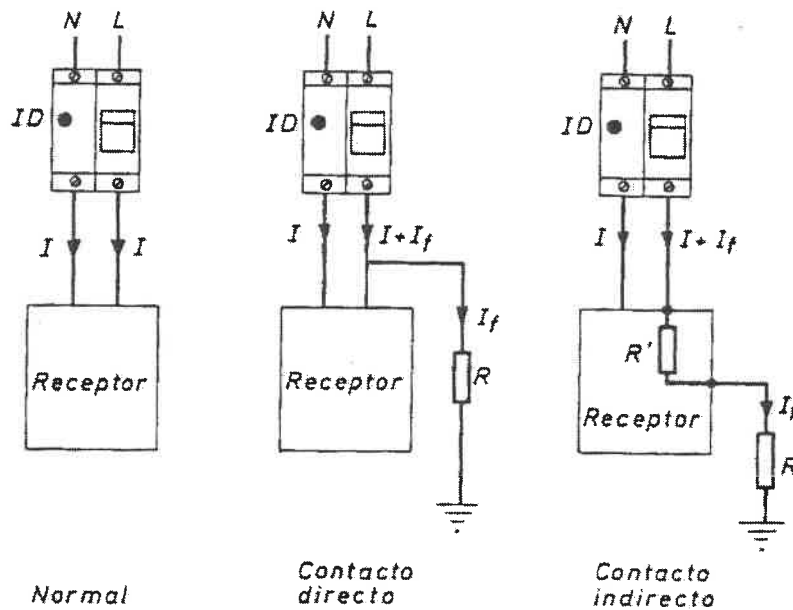


Fig. 6.7 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO



* En el caso de un **contacto directo**, el interruptor diferencial deberá desconectar en un tiempo conveniente, cuando la corriente de fuga (defecto) ronda los 30 mA, que se considera como la intensidad máxima que un ser humano puede soportar durante un breve tiempo sin consecuencias. Diremos, entonces, que dicho diferencial tiene una sensibilidad de 30 mA.

Esto es todo lo que puede hacerse, que es suficiente, cuando se produce un contacto directo.

* Cuando el **contacto es indirecto**, la tensión de contacto puede reducirse a valores que la hagan inofensiva (24 V. o menos), conectando la masa del receptor a tierra mediante un conductor de protección. La pequeña resistencia de tierra de cualquier edificio de viviendas hace que pequeñas tensiones que puedan aparecer en la chapa (puntos A o B de la Fig. 6.8) provoquen importantes corrientes de fuga y la inmediata desconexión del ID.

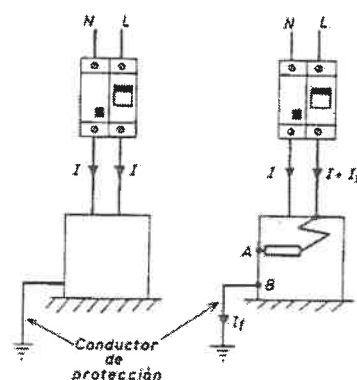


Fig. 6.8
CONTACTO INDIRECTO

D) PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Vamos a analizar el funcionamiento del dispositivo diferencial para el caso de una línea monofásica (fase + neutro). Por lo tanto será de dos polos (ID bipolar).

Ya hemos dicho anteriormente que el dispositivo magnético (núcleo toroidal) es en sí un transformador de intensidad, con un primario (conductores activos de la línea) y un secundario (bobina de disparo B_d)

Cada corriente (I_F , I_N) crea en el circuito magnético un flujo magnético (Φ_F , Φ_N).

I_F crea un flujo magnético Φ_F
 I_N crea un flujo magnético Φ_N

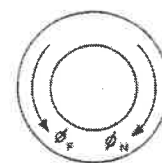


Fig. 6.5

* En condiciones normales, y según la primera ley de Kirchhoff, la intensidad I_F , es igual a la intensidad I_N , por tanto, y por tener sentidos contrarios (sentido vectorial) sus efectos sobre el arrollamiento auxiliar (3) B_d (secundario) se anulan mutuamente, resultando una tensión inducida U_i nula en el mencionado arrollamiento y por tanto no circulará corriente inducida i por el relé de disparado (electroimán R_d).

$$I_d = 0 \rightarrow I_F = I_N \rightarrow \Phi_F = \Phi_N \rightarrow \Phi_R = 0 \rightarrow U_i = 0 \rightarrow i \neq 0 \rightarrow \text{No dispara}$$

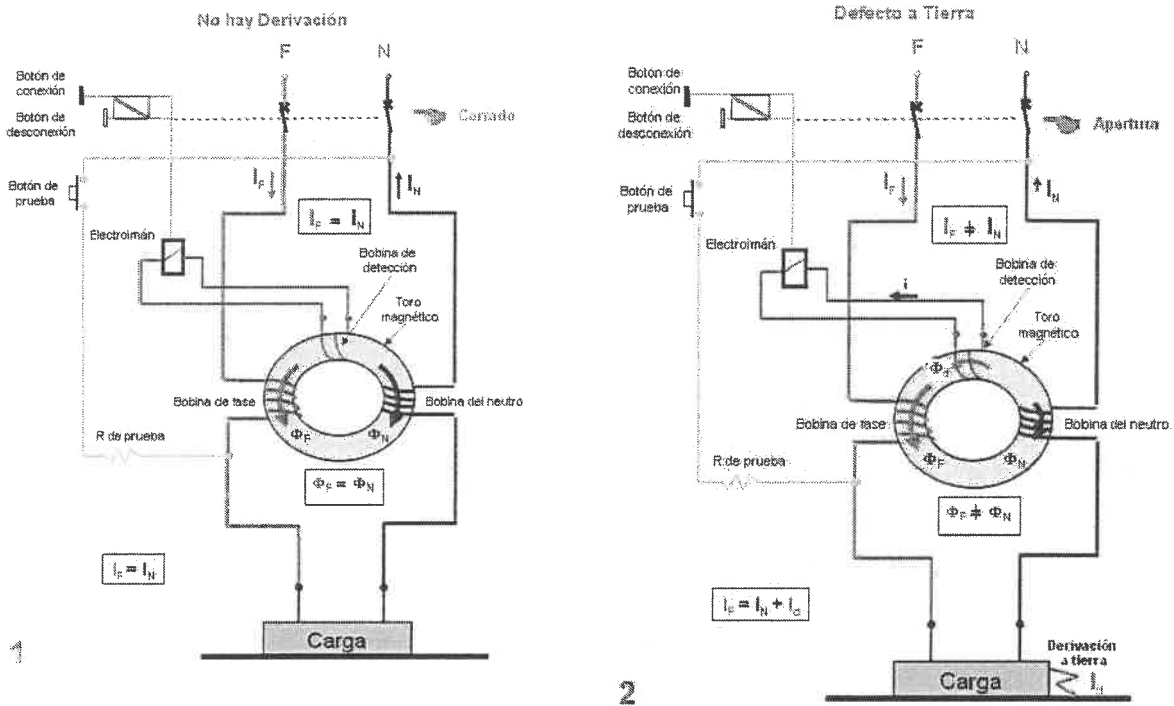


Fig. 6.6-a FUNCIONAMIENTO DE UN ID - FASES

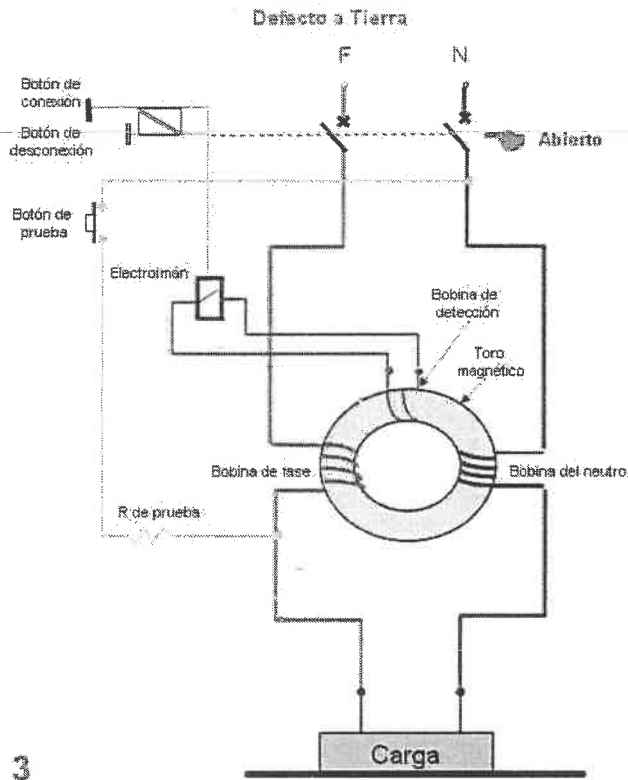


Fig. 6.6-b FUNCIONAMIENTO DE UN ID - FASES



- Cuando en el circuito a proteger se produce una corriente de defecto I_d , las corrientes de entrada I_F y salida I_N no son iguales, los flujos Φ_F y Φ_N creados por ambas corrientes en el núcleo toroidal dejan de ser iguales y el flujo diferencial resultante $\Phi_R = \Phi_F - \Phi_N$ hace que se induzca una tensión inducida U_i (fuerza electromotriz (fem)) en el arrollamiento auxiliar (3) B_d y por tanto circulará una corriente inducida i por el electroimán (disparador) que provoca la apertura del interruptor (1).

$$I_d \neq 0 \rightarrow I_F \neq I_N \rightarrow \Phi_F \neq \Phi_N \rightarrow \Phi_R \neq 0 \rightarrow U_i \neq 0 \rightarrow I \neq 0 \rightarrow \text{Dispara}$$

La corriente de defecto I_d se puede producir por un fallo de aislamiento, derivándose la corriente a través de la toma de tierra. Si no existe toma de tierra, la corriente de defecto se puede producir por un contacto accidental de una persona con una masa conductora que haya quedado bajo tensión.

Nota: Pulsador de prueba

A parte del mando manual para maniobra, el ID está dotado de un pulsador de prueba (PP). Apretando el botón, cuando el ID está conectado, se provoca artificialmente el paso de una corriente diferencial por el circuito de la Fig. 6.9, y se puede comprobar así en cualquier momento la eficacia del interruptor, que se desconectará inmediatamente. De no ser así deberemos de proceder a la sustitución de dicho ID.

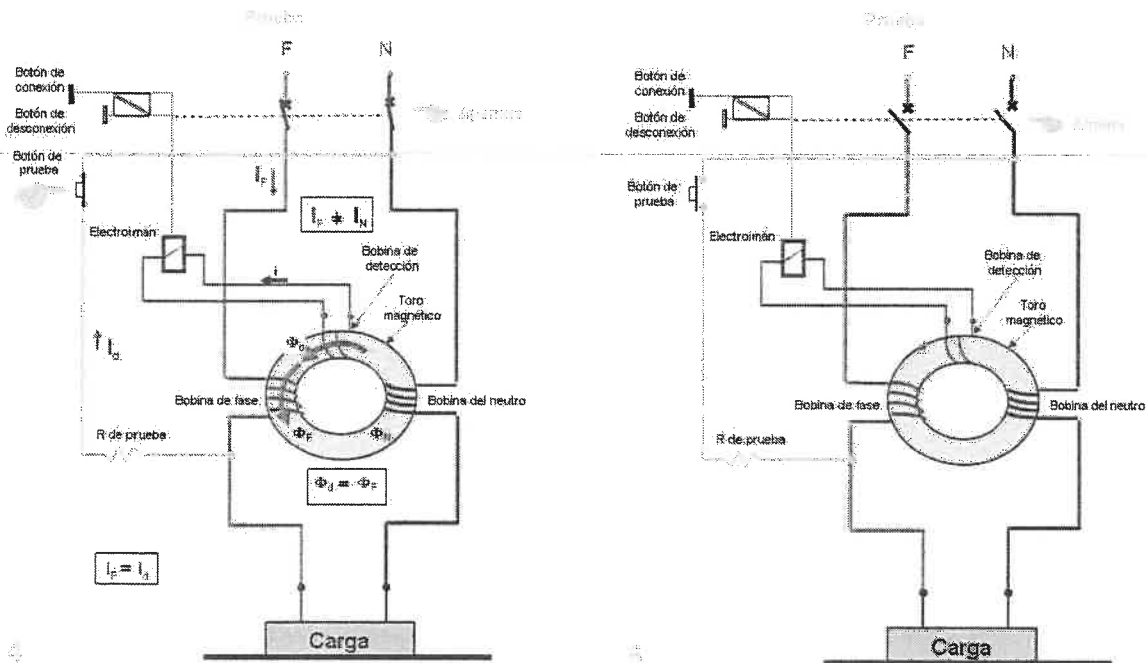


Fig. 6.9 PULSADOR DE PRUEBA DE UN ID

Al pulsar dicho botón se deriva una corriente I_F a través de la resistencia R , siendo ahora $I_N = 0$, activándose el dispositivo. Fig. 6.10

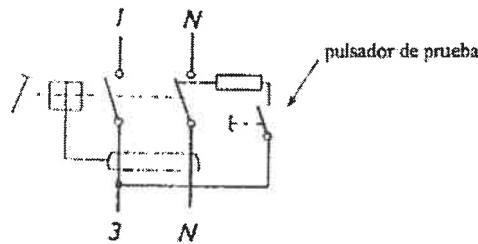


Fig. 6.10 SÍMBOLO DE UN ID CON PULSADOR DE PRUEBA

E) TIPOS DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

• SEGÚN EL NÚMERO DE POLOS

Los tipos de ID son:

• BIPOLARES

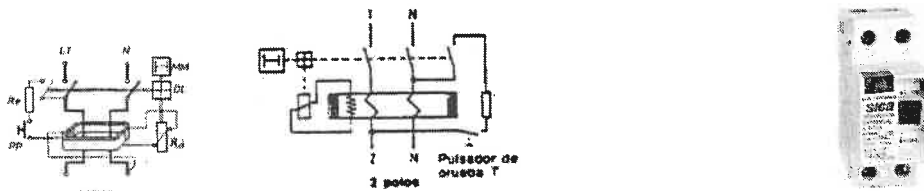


Fig. 6.11 ESQUEMA ELÉCTRICO DE UN ID BIPOLAR

• -TETRAPOLARES

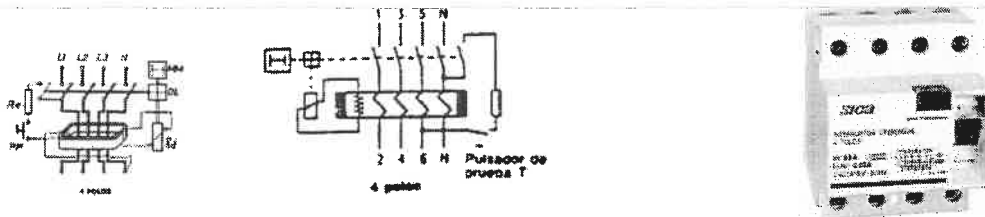


Fig. 6.12 ESQUEMA ELÉCTRICO DE UN ID TETRAPOLAR

- Donde: Re - Resistencia de ensayo.
 PP - Pulsador de prueba.
 MM - Mando manual.
 DL - Disparo libre (dispositivo de desconexión)
 Rd - Bobina del relé de disparo.

Nota: Un ID tetrapolar puede utilizarse perfectamente en derivaciones monofásicas o trifásicas, equilibradas o no, con la sola precaución de no dejar libres los dos polos de los que toma el dispositivo de prueba. En caso contrario el ID funcionaría, pero no así el comprobador manual de disparo.



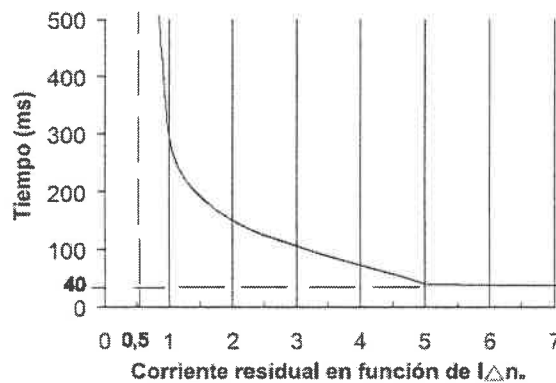
• SEGÚN CLASE

Vamos a describir las características básicas de los interruptores de las normas EN61008 y EN61009; existen los siguientes tipos:

Clase AC  Clase AC	Asegura la desconexión para corrientes diferenciales alternas senoidales (uso general). Estándar, 50...60 Hz.
--	--


Todos los dispositivos diferenciales tienen asociado un valor de corriente simbolizado $I_{\Delta n}$ que indica el valor al cual debe actuar. Para valores mayores de $I_{\Delta n}$, se establecen unos tiempos máximos en que se debe actuar, los cuales determinan una curva de referencia (**Fig. 6.13-a**). Pero téngase en cuenta que un dispositivo tipo AC asegura la desconexión solo para corrientes diferenciales **sinusoidales**.

Corriente Diferencial	Tiempo total de corte
$0,5 \times I_{\Delta n}$	no corte
$1 \times I_{\Delta n}$	<300 ms
$2 \times I_{\Delta n}$	<150 ms
$5 \times I_{\Delta n}$	=<40 ms

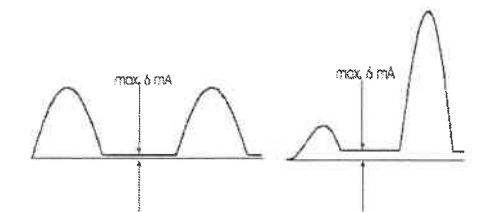


Curva de referencia según EN 61008

Fig. 6.13-a

Clase A  Clase A	Asegura la desconexión para corrientes diferenciales alternas senoidales o continuas pulsantes o continuas pulsantes con una componente continua de 6 mA, con o sin control del ángulo de fase, que estén aplicadas bruscamente o que aumenten lentamente (si existen semiconductores en los receptores, por ejemplo un ordenador personal).
--	---

En ciertos tipos de equipos cuando existen corrientes de fuga a tierra, sucede que estas no son del tipo sinusoidal. Este es el caso de ciertos tipos de cargadores de batería. En estos, las corrientes de fuga son del tipo corriente pulsante como en el caso de la **Fig. 6.13-c**. En estos casos un dispositivo diferencial tipo AC no detectará esta corriente y debemos instalar uno de tipo A.



Corriente pulsante que aparece brusca o lentamente

Fig. 6.13-c



Clase B	<p>Para las mismas corrientes que la clase A pero, además, para las procedentes de rectificadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - de simple alternancia con una carga capacitiva que produce una corriente continua alisada, - trifásicos de alternancia simple o doble.
----------------	---

Tipo S	<p>Disparo selectivo o retardado. En ciertas aplicaciones es necesario retrasar la actuación del diferencial a fin de poder evitar disparos por armónicos o sobrecorrientes de conexión.</p> <p>Se aplican en lugares donde se producen desconexiones no deseadas, sobretensiones provenientes de descargas atmosféricas, líneas de gran longitud, motores, variadores de velocidad, etc.</p> <p>En estos ID durante un tiempo máximo se puede aplicar una corriente diferencial de funcionamiento, sin provocar su funcionamiento.</p> <p>La activación actúa con retardo para permitir la selectividad con otros diferenciales situados aguas abajo. Cuando se montan interruptores diferenciales en cascada (uno a continuación del otro), el primero se utiliza del tipo retardado, para que exista selectividad (cuando se produce una corriente de fuga se ha de desconectar el interruptor diferencial más próximo al defecto, sin que afecte a los otros interruptores diferenciales):</p>
---------------	--

A su vez los interruptores diferenciales tipo S se comportan selectivamente con respecto a cualquier otro de 10, 30 o 100 mA conectado aguas abajo. En la Fig. 6.13-d se observa un diagrama comparativo entre un interruptor de uso general y otro de tipo S.

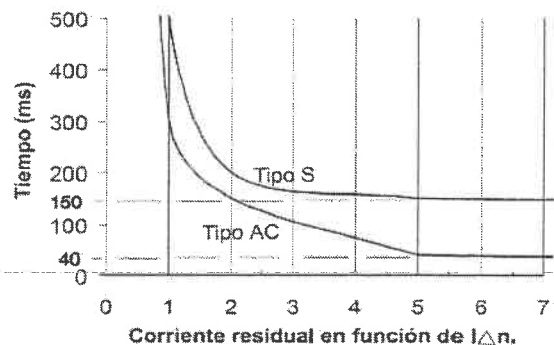


Fig. 6.13-d

Cabe resaltar que si bien las gráficas muestran los tiempos de actuación teóricos de ambos tipos de interruptores, los interruptores tipos S también deben cumplir con requerimientos de “tiempo mínimo de no respuesta” que se muestran en la Fig. Tabla 6.13-e.

Corriente Diferencial	Tiempo total de corte	Tiempo de no respuesta
0,5xIΔn	no corte	
1xIΔn	<500 ms	130 ms
2xIΔn	<200 ms	60 ms
5xIΔn	<150 ms	50ms

Fig. 6.13-e

Dicha columna nos asegura que a una determinada corriente de fuga, el mismo va a actuar después del tiempo estipulado. En la Fig. 6.13-d se muestra estas características, lo cual nos asegura la selectividad en cualquier caso de corriente de fuga a tierra.



<p>Clase A superinmunizada SI</p>	<p>Además, en la actualidad existen en el mercado los diferenciales superinmunizados (SI según Schneider o HPI según Legrand). Estos diferenciales son del tipo A y cuentan con componentes electrónicos para el filtrado de las corrientes Fig. 6.13.</p> <p>Gama particularmente adaptada para asegurar a la vez la protección y la continuidad de servicio ante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgos de disparos intempestivos provocados por: Rayos, maniobras en redes de distribución, iluminación fluorescente/microinformática, etc., - Riesgo de no-disparo provocado por: AF en la red/componentes continuas (diodos, tiristores...)
---	---

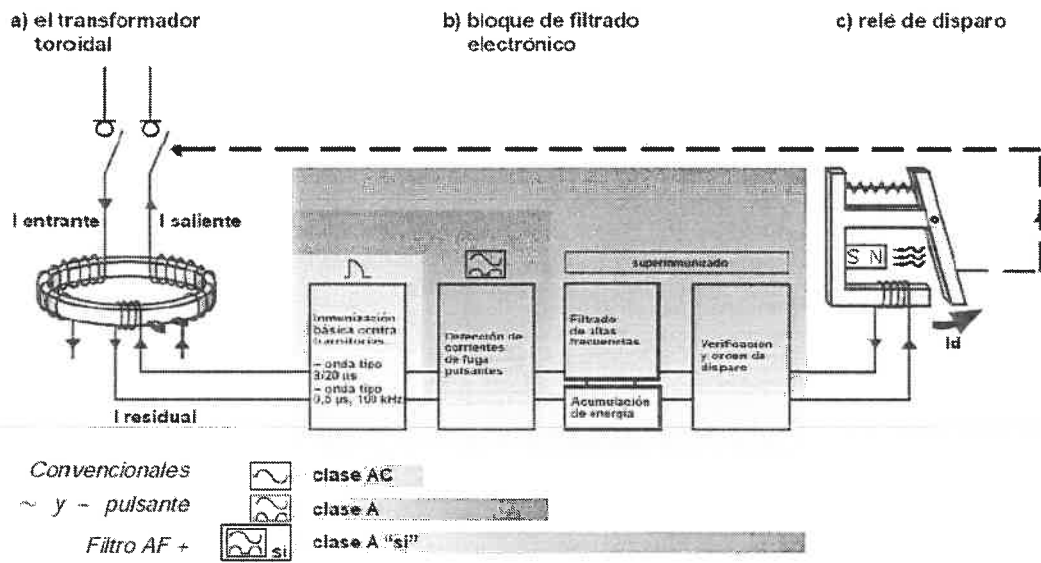


Fig. 6.13-f

Nota:

Las clases más utilizadas son la clase AC y la clase A. No obstante hay que hacer notar que la actualidad cada vez es más raro encontrarse con ondas senoidales puras, pues hay muchos elementos en las instalaciones (tubos fluorescentes, elementos electrónicos, etc) que desvirtúan estas señales. Como consecuencia de esto se debería utilizar cada vez más los diferenciales de clase A e ir olvidando los de clase AC.

• **CLASIFICACIÓN DE LOS ID POR SENSIBILIDAD / TIEMPO**

Existen diferentes tipos de disparo: **instantáneo** y **selectivo**, lo que da lugar a los dos tipos de ID según el retardo en presencia de una corriente diferencial: **Fig. Tabla 6.14**



- **Tipo no retardado.** Disparo instantáneo. Para uso general.
- **Tipo S o retardado.** Disparo selectivo o retardado.

Cuadro de los tiempos de funcionamiento y no funcionamiento de los diferentes tipos de interruptores diferenciales							
Tipo	Intensidad asignada I_n (A)	Intensidad diferencial asignada $I_{\Delta n}$ (A)	Valores normalizados del tiempo de funcionamiento máximo y del tiempo de no actuación con una corriente diferencial igual a:				
			$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$	$I_{\Delta t}$	
General	Cualquier valor	Cualquier valor	0,30	0,15	0,04	0,04	Tiempo de funcionamiento máximo (s)
Retardado «S»	≥ 25	$> 0,030$	0,50	0,20	0,15	0,15	Tiempo de funcionamiento máximo (s)
			0,13	0,06	0,05	0,04	Tiempo de no actuación mínimo (s)

$$I_{\Delta n} : \text{sensibilidad}$$

$$0,5 I_{\Delta n} < I_{\text{disparo}} < I_{\Delta n}$$

General o instantaneo (G)
Retardado o selectivo (S)

Fig. 6.14-a

En todas las normas de protección diferencial se indica que el valor mínimo admitido de la corriente diferencial de no funcionamiento ($I_{\Delta no}$) es $0,5 I_{\Delta n}$. Es decir que las normas admiten como margen correcto de disparo de un diferencial a los valores comprendidos entre $I_{\Delta n}$ y $0,5$ veces $I_{\Delta n}$.

Ejemplo:

Tenemos en la instalación de nuestra vivienda un diferencial con una sensibilidad $I_{\Delta n} = 0,030$ A (30 mA)

El disparo se puede producir entre los 15 mA y los 30 mA

Gama sensibilidad / tiempo

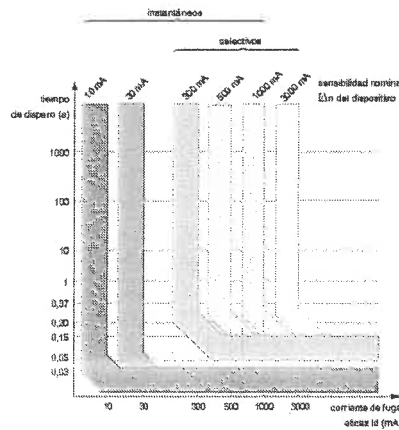


Fig. 6.14-n



F) CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

- **TENSIÓN ASIGNADA DE EMPLEO (U_e).** Antes se denominaba tensión nominal del ID (U_n). Utilizaremos los dos términos indistintamente.

Valor de tensión que indica el fabricante, según sus características.

- 230 V para interruptores diferenciales monofásicos.
- 400 V para interruptores diferenciales tetrapolares.
- También son admisibles los valores 240 V, 240/415 V y 415 V.

La tensión asignada del interruptor diferencial ha de ser igual o mayor que la tensión nominal de la aplicación.

- **CORRIENTE ASIGNADA (I_n).** Antes se denominaba intensidad nominal del ID. Utilizaremos los dos términos indistintamente.

Valor de intensidad indicado por el fabricante, que el interruptor debe soportar con los contactos cerrados, sin interrupción durante largos periodos de tiempo.

- Valores normalizados: **25, 40, 63, 80, 100 y 125 A.**

La intensidad asignada (I_n) del interruptor diferencial ha de ser igual o mayor que la intensidad nominal de la aplicación.

Como la misión de un ID no es la protección contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos), **elegiremos una intensidad asignada (nominal) superior a la del dispositivo de protección contra sobreintensidades que tengamos “aguas arriba”.**

Ejemplo:

Si el IAM inmediato aguas arriba es de 32 A, la corriente asignada del ID tendrá que ser igual o superior a esta, en este caso ≥ 40 A.

- **CORRIENTE ASIGNADA DE DEFECTO (SENSIBILIDAD) ($I_{\Delta n}$)**

Antes se denominaba intensidad nominal de defecto. Un término muy utilizado es el de “**sensibilidad**”. Utilizaremos los tres términos indistintamente.

La sensibilidad para un ID se escribe de la forma $I_{\Delta n}$,

La intensidad diferencial nominal de disparo o sensibilidad, es la mínima corriente de defecto que es capaz de detectar el dispositivo de protección diferencial y producir la apertura automática del mismo. Viene dada en mA.

La **elección de la sensibilidad** de la protección diferencial que debe utilizarse en cada caso (**REBT, ITC-BT-24**) viene determinada por la condición de que el valor de la resistencia a tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas, debe cumplir la relación:



$$R_t \leq \frac{U_{c_{max}}}{I_{\Delta n}}$$

- en locales o emplazamientos conductores: $U_{c_{max}} = 24$ Voltios
- en el resto de los locales : $U_{c_{max}} = 50$ Voltios

siendo: $I_{\Delta n}$ - el valor de la sensibilidad (amperios).
 R_t - la resistencia de tierra (ohmios).

Los valores de sensibilidades normalizados son:

- 0'01 - 0'015 - 0,03 Amperios (alta sensibilidad AS)
- 0,1 - 0,3 Amperios (media sensibilidad MS)
- 0,5 - 1 - 2 Amperios (baja sensibilidad BS)

* Para viviendas: 30 mA → Sensibilidad máxima permitida

La Alta sensibilidad se utiliza para la protección de personas contra contactos indirectos, mientras que la Media sensibilidad y la Baja sensibilidad se utiliza para otras necesidades de la protección contra contactos indirectos (esquema TT), riesgos de incendio y de destrucción de las máquinas.

De lo anteriormente expuesto se deducen los valores:

$I_{\Delta n}$	$R_t (\Omega)$	
	$U_{c_{max}} = 50$ V	$U_{c_{max}} = 24$ V
10 mA	5.000	2.400
30 mA	1.666	800
0'3 A	166	80
0'5 A	100	48
1 A	50	24

Fig. Tabla 6.15 VALORES DE INTENSIDAD DE DEFECTO, TENSIÓN DE CONTACTO MÁXIMA Y RESISTENCIA DE TIERRA

● TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MÁXIMO CON UNA CORRIENTE DIFERENCIAL

Tiempo máximo que tarda el ID entre la aparición de una corriente diferencial entre la aparición de una corriente diferencial de funcionamiento y el instante en que se elimina, al extinguirse el arco en todos los polos.

● TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MÍNIMO CON UNA CORRIENTE DIFERENCIAL

Tiempo mínimo durante el cual el ID al aparecer una corriente diferencial no actúa.



G) CURVA CARACTERÍSTICA DE UN ID

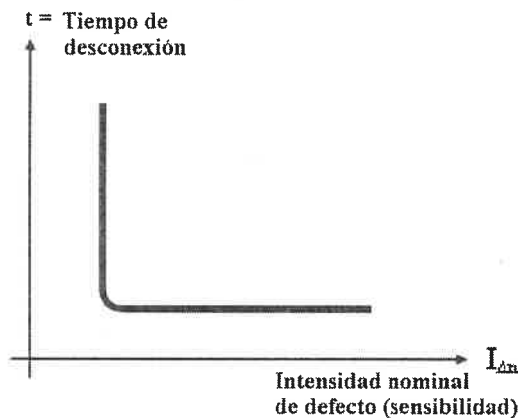


Fig. 6.16-a CURVA CARACTERÍSTICA DE UN ID

Ejemplo:

Dimensionar el interruptor diferencial necesario para proteger contra corrientes de defecto una máquina de 12 kW, trifásica, 400 V y factor de potencia 0'9; sabiendo que la resistencia de la toma de tierra es de 200 Ohm. y el emplazamiento de la máquina es un lugar seco.

Solución:

- Intensidad nominal del interruptor diferencial: I_n

Siendo la intensidad que consume la máquina:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{12.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0'9} = 20'25 \text{ A}$$

La intensidad nominal del interruptor tiene que ser superior a la de la máquina, luego elegimos 25 A.

- Intensidad nominal de defecto (sensibilidad) del interruptor diferencial: $I_{\Delta n}$

Como el lugar de emplazamiento es seco, se tiene que cumplir:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{U_{C_{max}}}{R_t} = \frac{50}{200} = 0'25 \text{ Amperios} = 250 \text{ mA}$$

luego la sensibilidad del diferencial podrá ser de: 30 mA o de 100 mA.

- Tensión nominal y número de polos.



Puesto que la tensión de la máquina es 400 V y es trifásica, el interruptor diferencial tendrá que ser de 400 V de tensión nominal como mínimo y tetrapolar (4 polos).

H) INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO-DIFERENCIAL.

Hay ID que proporcionan una protección total a los circuitos que parten de él, dado que llevan también incorporado el dispositivo de protección magnetotérmica contra las sobrecargas.

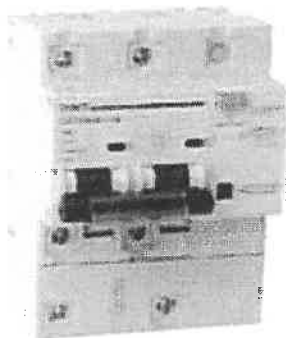


Fig. 6.17-a

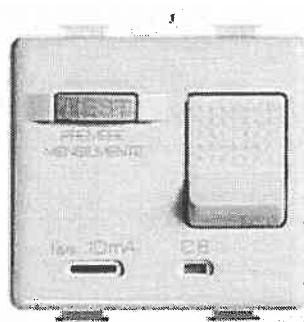
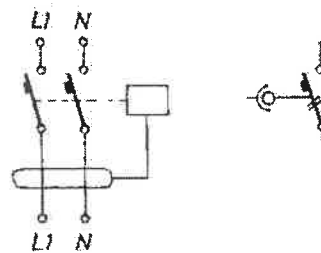


Fig. 6.17-b 16A 10 mA



I.D. magnetotérmico-diferencial.

Fig. 6.18 SÍMBOLO

INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO DIFERENCIAL

I) SELECTIVIDAD DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

Selectividad: Es la coordinación de los ID para que un defecto producido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el ID colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y sólo por él.

Objetivo: Continuidad del servicio y, por tanto, seguridad

Normalmente, los ID tienen una característica de **desconexión instantánea**. Esto significa que los interruptores diferenciales no pueden conectarse en serie para conseguir la desconexión selectiva en el caso de un defecto.

En el caso en que tengamos dos diferenciales en serie, tendremos que tener cuidado de que sean selectivos entre sí, y que un defecto haga disparar el diferencial situado aguas abajo y no el diferencial situado aguas arriba.

TIPOS DE SELECTIVIDAD

Hay dos tipos de selectividad: **Fig. 6.19**

- Selectividad por **sensibilidad** (“Amperimétrica”):

Según las normas, un diferencial debe actuar entre $I_{\Delta n}$ y $I_{\Delta n}/2$.



En la práctica, se requiere una relación de: $I_{\Delta n}$ (aguas arriba) $\geq 2 I_{\Delta n}$ (aguas abajo).

▪ Selectividad por **tiempo** (“Cronométrica”):

Se requiere una temporización o **retardo** (tiempo para actuar) voluntario en el dispositivo aguas arriba.

Para conseguir la selectividad cuando se conectan I.Ds. en serie, el ID antepuesto tiene que tener un retardo en la desconexión en el circuito secundario del transformador diferencial, comparado con los interruptores con disparo instantáneo.

Para que haya selectividad cronométrica se tiene que dar la siguiente condición:

- El tiempo de no disparo aguas arriba debe ser 1,2 veces el tiempo total de apertura del aparato aguas abajo.

En el mercado hay Diferenciales selectivos que tienen un tiempo de retardo fijo de aproximadamente 100 ms (0,1 s).

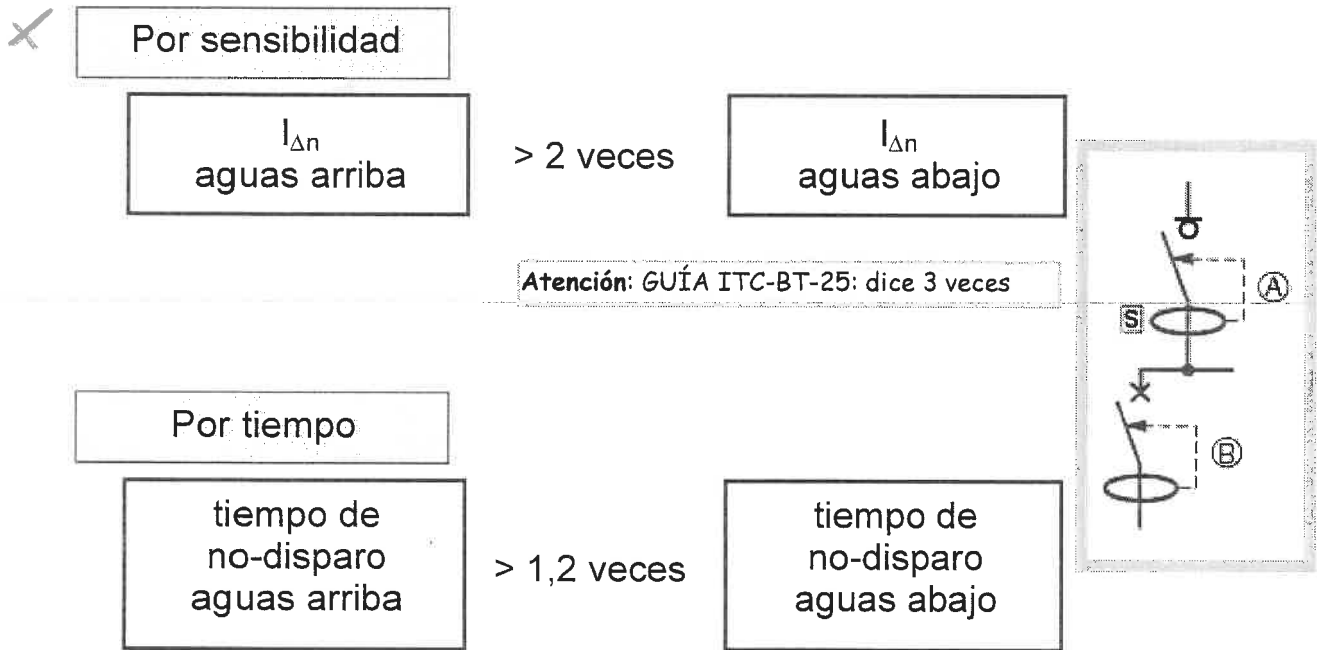
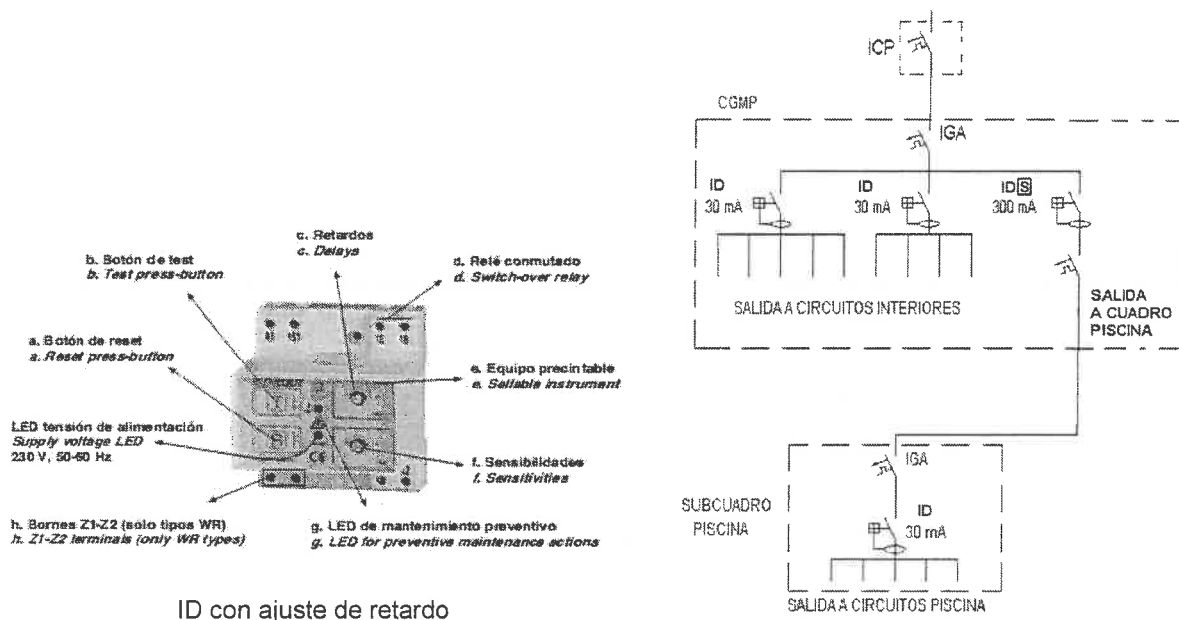


Fig. 6.19

Los bloques Vigi comercializados por  tienen la posibilidad de regular el retardo del disparo.

Vemos el esquema de la Fig. 6.20, donde se ha colocado un ID S de desconexión retardada.



ID con ajuste de retardo

Fig. 6.20 SELECTIVIDAD DE LOS ID

Para que haya una selectividad total se debe cumplir la selectividad **Amperimétrica** y **Cronométrica**.

En la **Fig. 6.21** se recoge el posible escalonamiento de IDs. para desconexión selectiva en serie con diferenciales sin retardo.

$I_{\Delta n}$ (A)	0'3	0'01	0'03	
I_n (A)		16	25, 40, 63	
$I_{\Delta n}$ (A)	0'5	0'01	0'03	0'3
I_n (A)	125, 160	16	25, 40, 63	25, 40, 63, 125
$I_{\Delta n}$ (A)	1	0'01	0'03	0'3, 0'5
I_n (A)	125, 160, 224	16	25, 40, 63	25, 40, 63, 125, 160

Fig. Tabla 6.21-a ESCALONAMIENTO DE I.DS. SIN RETARDO

Nota: en el documento Guía de la Protección Diferencial (pag. 156) da la siguiente tabla de selectividades entre diferenciales:



abajo		arriba: Vigi NG125			
		selectivo (60 ms)		retardado (150 ms)	
gama	tipo	300 mA 500 mA	1000 mA 3000 mA	1000 mA	3000 mA
DPN Vigi	30 mA, inst.				
ID	300 mA, inst.				
Vigi C60/C120	300 mA				
Vigi NC 100	1000 mA				

Fig, Tabla 6.21-b

J) PROCESO DE DETECCIÓN DEL DEFECTO.

Cuando un ID dispara por algún defecto, para poder localizarlo y proceder a la reparación que le hizo desconectar se sigue el diagrama de la Fig. 6.22

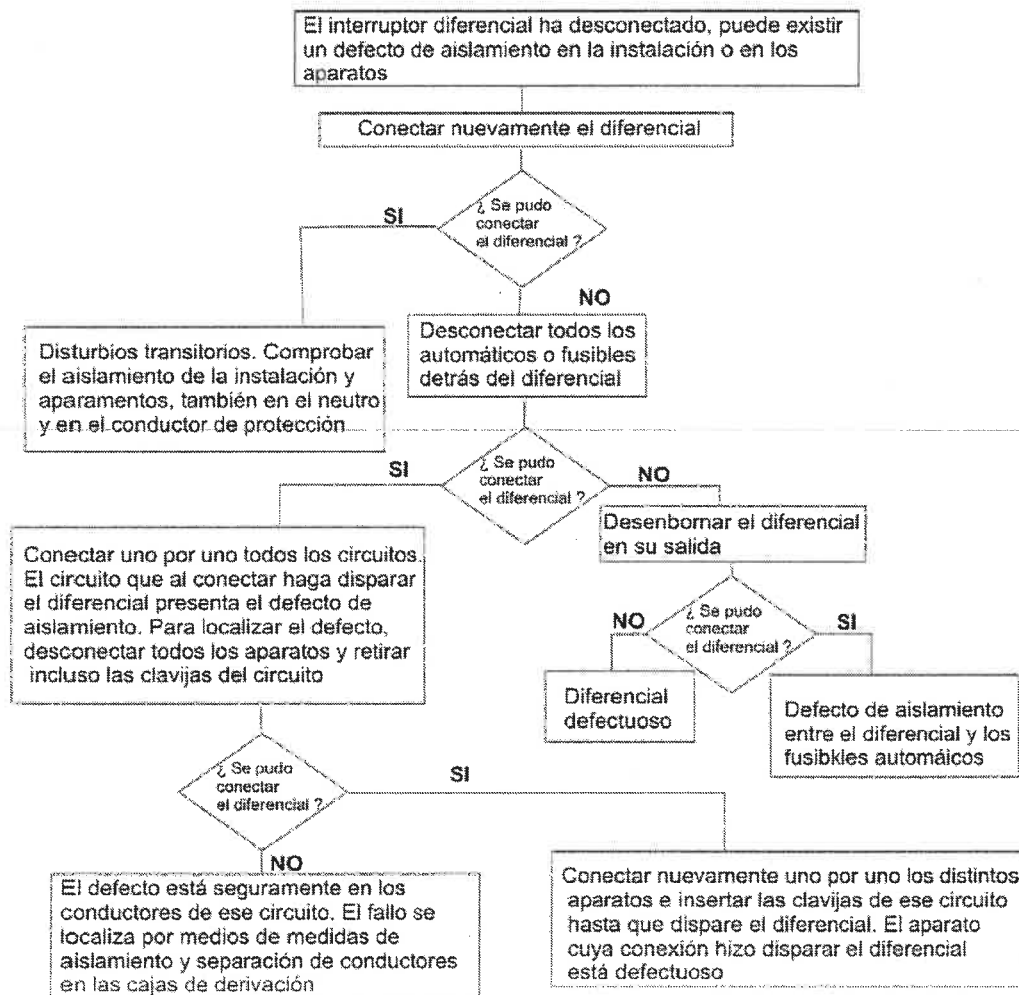


Fig. 6.22 LOCALIZACIÓN DEL DEFECTO DE UN ID



7 PROTECCIONES ELÉCTRICAS CONTRA LAS SOBRIINTENSIDADES EN B.T. APLICACIÓN A LOS CÁLCULOS

OBJETO

Protección contra las **sobriintensidades** de los **conductores activos**, en instalaciones eléctricas en edificios, mediante dispositivos de corte automático, contra sobrecargas y contra cortocircuitos en las líneas eléctricas de B.T. de acuerdo con el REBT.

Exposición a continuación de los diversos tipos de protecciones así como su coordinación, para un correcto funcionamiento de las instalaciones, seguridad de las personas y las canalizaciones.

A) PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

Para la protección contra las sobrecargas en las instalaciones eléctricas en edificios, se deben emplear dispositivos de protección que interrumpan toda corriente de sobrecarga que pueda producirse en los conductores de la instalación originada por una sobriintensidad pequeña en un periodo de tiempo elevado, capaz de causar:

- **Calentamiento de los conductores:** provocando una pérdida de las características del aislamiento lo que se traduce en posibles derivaciones.
- **Calentamiento de conexiones:** lo que se denominan "puntos calientes", provocando falsos contactos, desconexión de sistemas y en definitiva una fuente de averías.
- **Calentamiento de las canalizaciones:** provocando una disminución de la intensidad máxima admisible del resto de los conductores que convivan con el circuito sobrecargado.

Para que la **protección** sea **efectiva**, la característica de disparo del dispositivo I-t debe estar por debajo de la característica I-t del conductor para todas las corrientes de sobrecarga posibles ($t_{ac} < t_{cal}$).

Es decir: $t_{ac} < t_{cal}$ para todas las corrientes de sobrecarga posibles

El aparato de protección debe desconectar antes de que se alcance la máxima temperatura admisible.

Siendo:

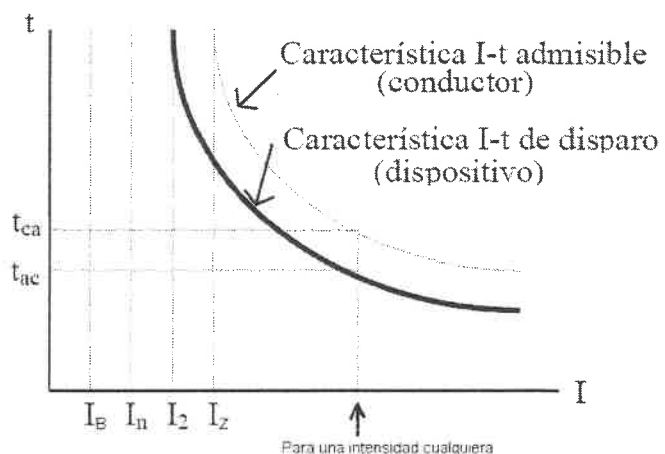


Fig. 7.1-a



- t_{ac} Tiempo que tarda en actuar la protección.
- t_{ca} Tiempo de calentamiento del conductor o tiempo invertido en alcanzar la temperatura admisible.
- I_n Intensidad nominal del dispositivo de protección (en el caso de dispositivos regulables, I_n será la regulación elegida).
- I_2 Intensidad convencional de funcionamiento (desconexión) del dispositivo de protección. Es la intensidad que asegura el funcionamiento efectivo del dispositivo de protección. Se indica en la norma de producto o se puede leer en las instrucciones o especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- Será:
- Intensidad convencional de fusión I_f en los **fusibles**
 - Intensidad convencional de disparo térmico $I_{disp \text{ term}}$ en interruptores automáticos magnetotérmicos **IAM**.
- I_z Intensidad admisible en el conductor según UNE 20.460-5-53, ITC-BT-06, 07 y 19, en función del tipo de instalación.
- I_B Intensidad de utilización del conductor (Intensidad de empleo o utilización del circuito a proteger).

La condición teórica de protección frente a sobrecargas es difícil de aplicar en la práctica, por que normalmente no se conoce la característica I-t admisible de los conductores. La UNE 20 460, establece un criterio de muy fácil aplicación, para verificar la protección frente a sobrecargas.

Se considera que un **DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN PROTEGE DE MODO EFECTIVO** contra **SOBRECARGAS A UN CONDUCTOR**, si se verifican las **dos CONDICIONES** siguientes:

- 1) La intensidad nominal I_n del dispositivo estará comprendida entre la intensidad de servicio del conductor I_B y la intensidad de carga admisible I_z , de tal forma que se cumpla:

$$\textcircled{1} \quad I_B \leq I_n \leq I_z$$

- 2) La condición de la **intensidad de disparo** que provoca la actuación del disparador **térmico** se deberá cumplir cuando la intensidad convencional de desconexión o intensidad de desconexión más retardada I_2 sea menor o igual a 1'45 veces de la intensidad de carga admisible I_z .

$$\textcircled{2} \quad I_2 \leq 1'45 \cdot I_z$$

■ APARATOS DE PROTECCIÓN FRENTE A SOBRECARGAS

Para la protección frente a sobrecargas se utilizan los siguientes dispositivos:

- Interruptor automático con curva térmica con disparador directo de sobreintensidad de tiempo inverso o con disparador indirecto asociado a un relé térmico.
- Interruptor automático magnetotérmico IAM
- Fusibles gG (o gL)
- Relé térmico.

El aparato de protección debe desconectar antes de que se alcance la máxima temperatura admisible.



PROTECCIÓN CON INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS MAGNETOTÉRMICO.

Observamos las curvas de disparo tipo B, C y D. La **intensidad de disparo** que provoca la actuación del disparador **térmico** es:

Según: GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: PROTECCIONES PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES GUÍA-BT-22 Edición: Oct 05 Revisión: 1	$I_2 = I_{\text{disp térm}} = 1'30 \cdot I_n.$ para interruptores según UNE-EN 60947-2 (aplicaciones industriales), el tiempo de disparo debe ser menor de 1 hora. $I_2 = I_{\text{disp térm}} = 1'45 \cdot I_n.$ para interruptores según UNE-EN 60898 o UNE-EN 61009 (Aplicaciones domésticas), el tiempo de disparo debe ser menor de 2 horas. $I_{\text{disp térm}}$ Intensidad convencional de disparo en los interruptores automáticos magnetotérmicos. I_n Intensidad nominal del aparato o intensidad de ajuste en los aparatos que tengan esta posibilidad.
---	--

NOTA: curva B, C y D

Si hacemos que se cumpla la primera condición ① $I_B \leq I_n \leq I_Z$, la segunda condición ② $I_2 \leq 1'45 \cdot I_Z$ se cumplirá siempre ya que:

$$I_2 = I_{\text{disp térm}} = 1'30 \cdot I_n \quad \text{para interruptores según UNE-EN 60947-2 (Aplicaciones Industriales)}$$

$$I_2 = I_{\text{disp térm}} = 1'45 \cdot I_n \quad \text{para interruptores según UNE-EN 60898 o UNE-EN 61009 (Aplicaciones domésticas)}$$

por lo que solo será necesario verificar la primera condición.

En algunos ejercicios que se resuelven en estos apuntes se han aplicado las dos condiciones ① + ② solo por una cuestión didáctica. Sabido esto el alumno puede resolver los ejercicios sin aplicar la condición ②.

Condición: ① $I_B \leq I_n \leq I_Z$

PROTECCIÓN CON FUSIBLES

Para fusibles, la característica equivalente a la I_2 de los interruptores automáticos es la denominada I_f (intensidad de funcionamiento - fusión) que es la corriente que asegura la fusión del fusible en un tiempo convencional de 1 o 2 h, que para los fusibles del tipo **gG** toma los valores siguientes:

$$I_2 = I_f = 1'60 \cdot I_n \quad \text{Para fusible gG de } I_n > 63 \text{ A (según EN 60269-1)}$$



Según GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: PROTECCIONES PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES	GUÍA-BT-22 Edición: Oct 05 Revisión: 1
$I_2 = I_f = 1,60 I_n \quad \text{si} \quad I_n \geq 16 \text{ A}$ $I_2 = I_f = 1,90 I_n \quad \text{si} \quad 4 \text{ A} < I_n < 16 \text{ A}$ $I_2 = I_f = 2,10 I_n \quad \text{si} \quad I_n \leq 4 \text{ A}$	
<p>y sustituyendo I_2 por su valor, en función de corriente asignada, se obtiene:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $I_B \leq I_n \leq \frac{1'45}{C} \cdot I_Z$ </div> <p>$C = 1'6, 1'9$ o $2'10$ en función del valor de I_n</p> <p>es decir, la corriente asignada del fusible debe ser menor que la intensidad máxima admisible del cable a proteger; lo que constituye la primera regla de oro de la elección de fusibles.</p>	
<p>Para $I_n \geq 16 \text{ A} \quad \rightarrow \quad I_B \leq I_n \leq 0,906 \cdot I_Z$</p> <p>Para $4 \text{ A} < I_n < 16 \text{ A} \quad \rightarrow \quad I_B \leq I_n \leq 0,763 \cdot I_Z$</p> <p>Para $I_n \leq 4 \text{ A} \quad \rightarrow \quad I_B \leq I_n \leq 0,690 \cdot I_Z$</p>	

- I_f Intensidad convencional de fusión en los fusibles. Es el valor eficaz de intensidad que provoca la fusión en un tiempo determinado.
- I_n Intensidad nominal del fusible.
- I_B Intensidad de servicio del conductor.

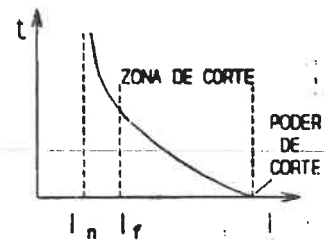


Fig. 7.1-b

Modelos y tamaños de cortacircuitos fusibles.

Se indican en la Fig. **Tabla 7.2** siguiente:




Tipo	Intensidades (A)	Tamaño
 Cilíndrico	2-4-6-10-16-20-25-32	10 x 38
	4-6-10-16-20-25-32-10-30	14 x 51
	16-20-25-32-40-50-63-80-100	25 x 58
 D (Neosid)	2-4-6-10-16	D01
	20-25-35-50-63	D02
	80-100	D03
 NH	10-16-20 25 35 40 50 63 80 100 125 160	00
	16-20-25-35-40-50-63-80-100-125-160-200 250	0
	20-25-35-40-50-63-80-100-125-160-200-224-250-315-355	1
	35 40 50 63 80 100-125-160-200-224-250-315-355-400-500	2
	315 355-400-500-630	3
	630-800-1.000-1.250	4

Fig. **Tabla 7.2**

**Ejemplo:**

Una línea de alimentación a un cuadro de fuerza está formada por 4 conductores (3 F+N+Cp) unipolares de cobre, de sección 6 mm^2 , aislados con PVC, 750 V, canalización bajo tubo en montaje superficial o empotrado.

Se pide:

- a) Intensidad admisible por los conductores (I_Z).
- b) Calibre (I_n) del magnetotérmico necesario para proteger la línea contra sobrecargas si la intensidad que circula por los conductores de fase (I_B) es 21 A.
- b) Si es correcta la protección (I_n) de la línea con fusible tipo gG de 25 A.

a) Intensidad admisible por los conductores (I_Z).

Comprobamos en la Tabla 52-B2 de la norma UNE 20460 el modo de instalación. Según los datos del enunciado, el modo de instalación corresponde al B1 (Ref. 59).

Consultado la Tabla 52-1bis de la norma UNE 20460 de Nov. 2004 obtenemos que para el modo de instalación B1 y para PVC2, obtenemos:

6 mm^2 soporta 32 A (I_Z) a una temperatura de 70°C

Nota: Se recuerda que la tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT ha sido sustituida por la Tabla 52-1bis de la norma UNE 20460 de Nov de 2004.

El conductor de protección será de igual sección y características según ITC BT-19 Tabla 2.

b) Calibre (I_n) del magnetotérmico necesario para proteger la línea contra sobrecargas si la intensidad que circula por los conductores de fase (I_B) es 21 A.

Según la condición: ① $I_B \leq I_n \leq I_Z \rightarrow 21 \leq I_n \leq 32$ Puedo elegir: ~~20~~ y 25 A

② $I_Z \leq 1'45 \cdot I_n$, Siendo $I_Z = I_{\text{disp term}} = 1'45 \cdot I_n$

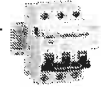
~~Para 20 A: $\rightarrow 1'45 \cdot 20 \leq 1'45 \cdot 32$ Se cumple~~

Para 25 A: $\rightarrow 1'45 \cdot 25 \leq 1'45 \cdot 32$ Se cumple

Por tanto para que se cumpla las condiciones 1+2, podemos elegir para los valores de la intensidad nominal (I_n) del interruptor automático magnetotérmico (IAM): ~~20~~ y 25 A.

Tomamos para este caso: $I_n \text{ IAM} = \boxed{4 \times 25 \text{ A}}$

Nota: Se recuerda que la condición ② siempre se va a cumplir en el caso de los IAM, por lo que se puede evitar la comprobación dicha condición.



c) Si es correcta la protección (I_n) de la línea con fusible tipo gG de 25 A.

Veamos si el fusible cumple las dos condiciones:

- Primera condición: ① $I_B \leq I_n \leq I_Z \rightarrow$ Sustituyendo: $21 \leq I_n \leq 32$

El valor de la intensidad nominal (calibre) del fusible será de: I_n (fusible) = 25 A
 Cumple la primera condición.

- En los fusibles gG la intensidad convencional de funcionamiento $I_f = I_2 = I_n = 25 A$

$1.6 \cdot 1.6 \cdot 25 = 40 A$

La segunda condición indica que el valor máximo de la intensidad de funcionamiento de la protección I_2 tiene que cumplir:

② $I_2 \leq 1.45 \cdot I_Z \rightarrow$ Sustituyendo: $I_2 \leq 1.45 \cdot 32 \rightarrow$ Obtenemos: $I_2 \leq 46.4 A$

Vemos que cumple la condición.

$40 A$

El fusible de 25 A es válido para la protección de la línea

■ PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS DE CONDUCTORES EN PARALELO

En instalaciones de potencias elevadas, es una práctica habitual el "doblado" de líneas, instalando conductores en paralelo para facilitar el tendido y conexionado, colocando dos conductores de menor sección en paralelo, equivalentes a uno de gran sección. Para el cálculo de la I_z , debemos sumar las intensidades máximas admisibles de los dos conductores. Teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Las canalizaciones deben tener iguales características eléctricas:
 - Sección.
 - Longitud.
 - Tipo de conductor.
 - Modo de colocación.
- La canalización no debe tener ninguna derivación en el recorrido.

Ejemplo:

Para la alimentación de un cuadro general de aire acondicionado con una potencia de 200 kw con un $\cos \phi$ de 0,5 en trifásico, se han instalado cables unipolares de cobre, tensión asignada 0,6/1 kV, aislamiento XLPE, instalado en bandeja perforada en una **galería ventilada** y se ha decidido instalar dos conductores de menor sección en paralelo por cada fase y el neutro.



Solución:

La intensidad que demanda la instalación será de:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{200.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,5} = 577,350 A$$

Buscaremos en la ITC BT-07, Tabla 12, una sección duplicada equivalente a 300 mm² que soporta 615 A.

Luego para que la alimentación del receptor soporte la intensidad demandada (I_B = 577,025 A), tendremos que instalar

- Dos unipolares por fase, de 120 mm²..... I_z = 2 x 335 A = 770 A
- Al ir instalado en bandeja perforada (**Fig. 7.3**) aplicaremos el factor de corrección de la **ITC BT-07, Tabla 14** (Nº de bandejas perforadas, 1. Nº de circuitos trifásicos, 1. Tres cables en capa horizontal. Factor de corrección, **0,95**).
- Calculamos la intensidad máxima admisible, I_z = I_n cable x 2 cables x F. Corrección:
 $I_z = 335 \times 2 \times 0,95 = 636,5 A.$
- Para la protección contra sobrecargas elegimos un interruptor de caja moldeada de I_n = 630 A, con bloque de relés magnetotérmico.
- Con este tipo de relés electrónicos podemos hacer una regulación más precisa de la coordinación contra sobrecargas y cortocircuitos. En el siguiente ejemplo vamos a realizar una regulación de la intensidad de protección contra sobrecargas y cortocircuitos en un interruptor de caja moldeada de 630 A (**Fig. 7.4**).

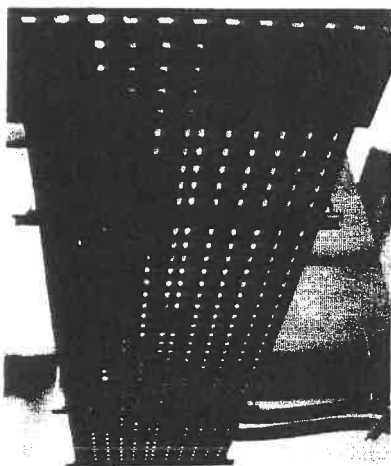
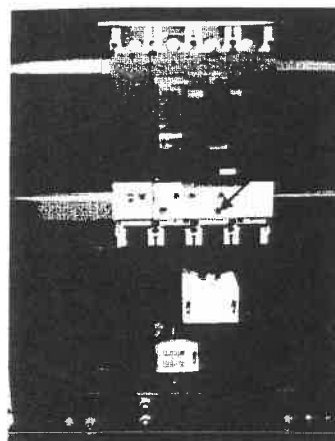


Fig. 7.3
INSTALACIÓN DE CONDUCTORES
CONTIGUOS EN BANDEJA PERFORADA



Bloque de relés electrónico con dispositivos de regulación del umbral de disparo para sobrecargas y cortocircuitos

Fig. 7.4 IAM de 630 A con salida a pletina



Características de la regulación

- Protección contra las **sobrecargas**:

I_r.- Umbral de disparo de largo retardo de la protección en A.

Se ha elegido una regulación x 0'95 para aproximarnos al consumo general de cuadro, en este caso I_B = 577,350 A y tener una regulación más precisa.

$$I_r = 0,95 \cdot I_n = 0,95 \cdot 630 = 598,5 \text{ A}$$

- Protección contra los **cortocircuitos**:

I_m.- Umbral de disparo con retardo para el disparo contra cortocircuitos. Se ha elegido una regulación x 8 teniendo en cuenta las características de la línea.

$$I_m = 8 \cdot I_r = 8 \cdot 598,5 = 4.788 \text{ A}$$

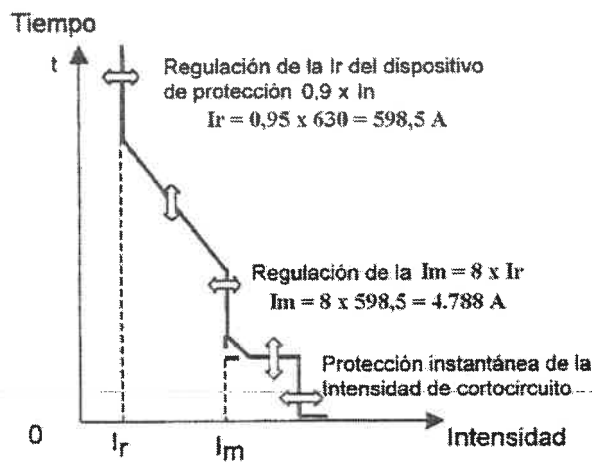


Fig. 7.5-a: CARACTERÍSTICA DE REGULACIÓN

Comprobamos que cumplen las dos condiciones de coordinación en protección contra sobrecargas:

- $I_B \leq I_n \leq I_z$ Siendo en este caso $I_n = I_r$
 $577,350 \text{ A} \leq 598,5 \text{ A} \leq 630,5 \text{ A}$ se cumple.
- $I_2 \leq 1'45 \cdot I_z$ Siendo $I_2 = 1,3 \cdot I_r = 1,3 \cdot 598,5 = 778,5 \text{ A}$
 $778,5 \text{ A} \leq 1'45 \times 636'5 \text{ A} \rightarrow 778,5 \text{ A} \leq 914,225 \text{ A}$ se cumple.

Nota: También se puede instalar:

Tres unipolares por fase, de 70 mm² I_z = 3 x 230 A = 690 A



B) PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

■ CONDICIONES PARA LA PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos deben cumplir las siguientes condiciones: (UNE 20460-4-43: 2003)

• Condición 1

Tendrán un poder de corte (PdC) como mínimo igual a la corriente de cortocircuito prevista para donde esté instalado. Se admite que el dispositivo tenga un poder de corte inferior si se cumplen las siguientes condiciones:

Que un dispositivo situado "aguas arriba" tenga el poder de corte necesario y estén coordinados de modo que la energía que dejen pasar no pueda ocasionar daños a las canalizaciones protegidas por estos dispositivos. De este modo, estaremos utilizando el dispositivo colocado "aguas arriba" para aumentar el poder de corte real del dispositivo situado "aguas abajo". A esta técnica de coordinación se le denomina "filiación". Todas estas características nos las tienen que dar los fabricantes de estos dispositivos.

• Condición 2

Cuando se produce un cortocircuito los circuitos afectados deben quedar interrumpidos casi instantáneamente.

Siguiendo la norma **UNE 20460-4-43** podemos calcular la corriente máxima de cortocircuito que puede soportar un cable según lo que se indica a continuación.

La máxima **energía específica pasante** $k^2 \cdot s^2$ que admite el cable será:

$$I_{cc_{max}}^2 \cdot t = k^2 \cdot s^2$$

por tanto:

$$I_{cc_{max}} = \frac{k \cdot s}{\sqrt{t}}$$

donde:

$I_{cc_{max}}$	Intensidad máxima soportada por el cable durante un cortocircuito (A).
t	Tiempo de actuación de la protección. Duración del cortocircuito en segundos (mínimo 0,1 segundos, máximo 5 segundos). Al tiempo que tardan los dispositivos en interrumpir el arco que se produce (extinción de arco) se le denomina tiempo de corte, que no debe ser superior al tiempo que tarda en alcanzar la temperatura de los conductores el límite máximo admisible.
s	Sección del conductor (mm^2).
K	Constante que depende del material conductor (Cu o Al) empleado y del tipo de aislamiento ($A \cdot s^{1/2}/mm^2$). - termoplástico (PVC, poliolefinas Z1 o similares) - termoestable (tipo XLPE, EPR, poliolefinas Z, silicona...)



CONDUCTOR		AISLAMIENTO	K
En el interior de edificios UNE 20460-4-43:2003	Cobre	PVC	115
		XLPE – EPR	143
	Aluminio	PVC	76
		XLPE - EPR	94
En redes de distribución UNE 20435-2	Aluminio	XLPE - EPR	93

Fig. Tabla 7.7 Valores de K según UNE 20460-4-43:2003

Al tiempo que tardan los dispositivos en interrumpir el arco que se produce (extinción de arco) se le denomina **tiempo de corte**, que no debe ser superior al tiempo que tarda en alcanzar la temperatura de los conductores el límite máximo admisible.

Este tiempo se puede calcular en un valor aproximado, para cortocircuitos con una duración t como máximo de cinco segundos, empleando la siguiente fórmula:

$$\sqrt{t} = K \cdot \frac{S}{I_{cc}}$$

t = duración del cortocircuito (segundos)
I_{cc} = intensidad de cortocircuito efectiva (amperios en valor eficaz)

Ejemplo:

Determinación del tiempo de corte máximo de una línea de 150 mm² de cobre con aislamiento XLPE, con una corriente de cortocircuito prevista de 72 kA.

$$\sqrt{t} = K \cdot \frac{S}{I} ; t = 0'28125^2 = 0'079 \text{ s}$$

	Aislamiento de los conductores						Mineral Con PVC	Mineral Desnudo
	PVC 70°C ≤ 300 mm ²	PVC 70°C > 300 mm ²	PVC 90°C ≤ 300 mm ²	PVC 90°C > 300 mm ²	PR/EPR	Goma 60 °C		
Temperatura inicial °C	70	70	90	90	90	60	70	105
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Material del conductor								
Cobre	115	103	100	86	143	141	115 *	135
Aluminio	76	68	66	57	94	93	-	-
Conexiones soldadas con estaño para conductores de cobre	115	-	-	-	-	-	-	-

* Este valor se debe utilizar para cables desnudos expuestos al contacto.
 NOTA 1 Para duraciones muy cortas (< 0,1 s) donde la asimetría de la intensidad es importante y para dispositivos limitadores de la intensidad, k²S² debe ser superior a la energía (I²t) que deja pasar el dispositivo de protección, indicada por el fabricante.
 NOTA 2 Otros valores de k están en estudio para:
 - los conductores de pequeña sección (especialmente para secciones inferiores a 10mm²);
 - las duraciones de cortocircuitos superiores a 5s;
 - otros tipos de conexiones en los conductores;
 - los conductores desnudos.
 NOTA 3 La corriente nominal del dispositivo de protección contra los cortocircuitos puede ser superior a la corriente admisible de los conductores del circuito.
 NOTA 4 Los valores de esta tabla están basados en la norma UNE 211003-1.

Fig. Tabla 7.8 Valores de K según la guía técnica del REBT



Esta condición debe verificarse tanto para la Icc máxima (trifásico), como para la Icc mínima (fase-neutro al final de la línea). También se puede poner en la forma:

$$(I^2 \cdot t)_{\text{Línea}} \leq (I^2 \cdot t)_{\text{Conductor}} = K^2 \cdot S^2$$

Para las intensidades de cortocircuito de muy corta duración hay que referirse a las características I^2t facilitadas por el fabricante.

Aplicando valores a la fórmula se obtienen las siguientes tablas:

Sección (S)	Duración del cortocircuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,5	182	129	105	81	58	47	41	36	33
0,75	273	193	157	122	86	70	61	55	50
1	364	257	210	163	115	94	81	73	66
1,5	545	386	315	244	173	141	122	109	100
2,5	909	643	525	407	288	235	203	182	166
4	1.455	1.029	840	651	460	376	325	291	266
6	2.182	1.543	1.260	976	690	563	488	436	398
10	3.637	2.571	2.100	1.626	1.150	939	813	727	664
16	5.819	4.114	3.359	2.602	1.840	1.502	1.301	1.164	1.062
25	9.092	6.429	5.249	4.066	2.875	2.347	2.033	1.818	1.660
35	12.728	9.000	7.349	5.692	4.025	3.286	2.846	2.546	2.324
50	18.183	12.857	10.498	8.132	5.750	4.695	4.066	3.637	3.320
70	25.458	18.000	14.697	11.384	8.050	6.573	5.692	5.091	4.648
95	34.548	24.429	19.946	15.450	10.925	8.920	7.725	6.910	6.308
120	43.639	30.858	25.195	19.516	13.800	11.268	9.758	8.728	7.967
150	54.549	38.572	31.494	24.395	17.250	14.085	12.198	10.910	9.959
185	67.277	47.572	38.843	30.087	21.275	17.371	15.044	13.455	12.283
240	87.279	61.715	50.390	39.032	27.600	22.535	19.516	17.456	15.935
300	109.099	77.144	62.988	48.790	34.500	28.169	24.395	21.820	19.919

Intensidad de cortocircuito admisible (A) para conductores de **Cu** con aislamiento termoplástico (tipo **PVC** o **poliolefinas Z1**), máximo 160 °C en cortocircuito. (Icc = 115 · S/√t)

Fig. Tabla 7.9

Sección (S)	Duración del cortocircuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,5	226	160	131	101	72	58	51	45	41
0,75	339	240	196	152	107	88	76	68	62
1	452	320	261	202	143	117	101	90	83
1,5	678	480	392	303	215	175	152	136	124
2,5	1.131	799	653	506	358	292	253	226	206
4	1.809	1.279	1.044	809	572	467	404	362	330
6	2.713	1.919	1.566	1.213	858	701	607	543	495
10	4.522	3.198	2.611	2.022	1.430	1.168	1.011	904	826
16	7.235	5.116	4.177	3.236	2.288	1.868	1.618	1.447	1.321
25	11.305	7.994	6.527	5.056	3.575	2.919	2.528	2.261	2.064
35	15.827	11.192	9.138	7.078	5.005	4.087	3.539	3.165	2.890
50	22.610	15.988	13.054	10.112	7.150	5.838	5.056	4.522	4.128
70	31.654	22.383	18.276	14.155	10.010	8.173	7.078	6.331	5.779
95	42.960	30.377	24.803	19.212	13.585	11.092	9.606	8.592	7.843
120	54.265	38.371	31.330	24.268	17.160	14.011	12.134	10.853	9.907
150	67.831	47.964	39.162	30.335	21.450	17.514	15.167	13.566	12.384
185	83.658	59.155	48.300	37.413	26.455	21.600	18.707	16.732	15.274
240	108.529	76.742	62.658	48.536	34.320	28.022	24.268	21.706	19.815
300	135.662	95.927	78.324	60.670	42.900	35.028	30.335	27.132	24.768

Intensidad de cortocircuito admisible (A) para conductores de **Cu** con aislamiento termoestable (tipo **XLPE**, **EPR**, **poliolefinas Z** o **silicona**), máx 250 °C en cortocircuito. (Icc = 143 · S /√t)

Fig. Tabla 7.10



Sección (S)	Duración del cortocircuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
16	4.756	3.363	2.746	2.127	1.504	1.228	1.063	951	868
25	7.431	5.255	4.290	3.323	2.350	1.919	1.662	1.486	1.357
35	10.404	7.357	6.007	4.653	3.290	2.686	2.326	2.081	1.899
50	14.863	10.510	8.581	6.647	4.700	3.838	3.323	2.973	2.714
70	20.808	14.713	12.013	9.306	6.580	5.373	4.653	4.162	3.799
95	28.239	19.968	16.304	12.629	8.930	7.291	6.314	5.648	5.156
120	35.670	25.223	20.594	15.952	11.280	9.210	7.976	7.134	6.513
150	44.588	31.529	25.743	19.940	14.100	11.513	9.970	8.918	8.141
185	54.992	38.885	31.750	24.593	17.390	14.199	12.297	10.998	10.040
240	71.341	50.446	41.189	31.905	22.560	18.420	15.952	14.268	13.025
300	89.176	63.057	51.486	39.881	28.200	23.025	19.940	17.835	16.281

Intensidad de cortocircuito admisible (A) para conductores de Al con aislamiento termoestable (tipo XLPE, EPR, poliolefinas Z o sílicona), máx 250 °C en cortocircuito ($I_{cc} = 94 \cdot S / \sqrt{t}$)

Fig. Tabla 7.11

En el REBT se proporcionan tablas de densidad máxima de corriente en cortocircuito, siendo el resultado de dividir la intensidad I_s anterior por la S del conductor.

■ DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN FRENTE A CORTOCIRCUITOS

Los aparatos utilizados en B.T. para protección contra cortocircuitos son::

- Interruptor automático con curva magnética
- Interruptor automático magnetotérmico IAM
- Fusibles
- Relé magnético.

El aparato de protección debe desconectar antes de que se alcance la máxima temperatura admisible.

● PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

En la protección con interruptor automático, los criterios de protección son:

Condición 1

Poder de corte PdC del IAM mayor que la máxima intensidad de cortocircuito $I_{cc \text{ max}}$ (cortocircuito al principio de la línea),

$$PdC > I_{cc \text{ máx}}$$

y que corresponde a un cortocircuito trifásico, en el lugar de colocación de los dispositivos de protección.



Donde:
$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (\Sigma Z)}$$

Siendo ΣZ la impedancia total del circuito (sin contar la impedancia del cable a calcular).

Si partimos del transformador, la (I_{cc} trafo) intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador, será:

$$I_{cc} = \frac{S_n}{u_{cc} \%} \cdot 100 \text{ (kA)}$$

donde: S_n Potencia asignada del transformador (kVA)
 u_{cc} Tensión de cortocircuito del transformador (%)

En la Fig. **Tabla 7.12** están los valores de I_{cc} en función de $u_{cc}\%$ para una tensión del secundario de 400 V.

S_n (kVA)	125	160	250	400	630	800	1000	1250	1600
u_{cc} (%)	4				5				6,25
I_n (A)	180	231	361	577	909	1155	1443	1809	2309
I_{cc} (kA)	4,5	5,8	9	14,4	22,7	23,1	28,9	36,1	37
Z_s (mΩ)	51,20	40,00	25,60	16,00	10,16	10,00	8,00	6,40	5,00

Valores de corrientes de cortocircuito aguas debajo de un transformador e impedancias, en función de las tensiones de cortocircuito habituales para tensión en el secundario de 400 V

Fig. Tabla 7.12

En los casos en los que se parta de la CGP se considerará el mayor valor de los dos siguientes, si se desconoce la I_{cc} aguas arriba de dicho punto: 12 kA o $40 S_n$, siendo S_n la potencia nominal en KVA.

Según GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: PROTECCIONES PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES	GUÍA-BT-22 Edición: Oct 05 Revisión: 1
<p>De forma general, el poder de corte PdC del dispositivo de protección deberá ser mayor o igual a la intensidad de cortocircuito máxima que pueda producirse en el punto de su instalación y que corresponde a un cortocircuito trifásico, en el lugar de colocación de los dispositivos de protección.</p> <p>De acuerdo con la ITC-BT 17, apartado 1.3, el poder de corte del interruptor general automático será de 4500 A como mínimo.</p> <p>En particular, para los Interruptores automáticos, se cumplirá lo siguiente:</p> <p>Para IA modulares fabricados según UNE EN 60898 (magnetotérmicos):</p>	



$I_{cn} > I_{cc}$ máxima prevista en el punto de instalación del IA,
 Poder de corte mínimo del Interruptor General Automático (IGA): $I_{cn} \geq 4500$ A

Siendo: I_{cn} el poder de corte (PdC) asignado

Para IA de caja moldeada y de bastidor metálico fabricados según UNE EN 60947-2:

Se aplicará una de las condiciones siguientes:

a) $I_{cu} > I_{cc}$ máxima prevista en el punto de instalación del IA,
 Poder de corte mínimo del Interruptor General Automático (IGA): $I_{cu} \geq 4500$ A

o bien,

b) $I_{cs} > I_{cc}$ máxima prevista en el punto de instalación del IA
 Poder de corte mínimo del Interruptor General Automático (IGA): $I_{cs} \geq 4500$ A

Siendo: I_{cu} el poder de corte último asignado
 I_{cs} el poder de corte de servicio

En la práctica es habitual usar la condición a), ya que los cortocircuitos de valor elevado ocurren raramente. La condición b) se aplicaría en aquellos casos especiales con mayor probabilidad de que se produzcan defectos en la instalación o cuando se trate de instalaciones o circuitos particularmente críticos a juicio del proyectista, como por ejemplo los circuitos con exigencia de continuidad de servicio.

En todo caso, se recomienda que para aplicar el criterio de selección del dispositivo se tengan en cuenta:

- Las condiciones de selectividad o protección en serie de la instalación,
- La importancia económica y/o estratégica de los equipos alimentados,
- La probabilidad de faltas y
- Las consideraciones de tipo económico.

Para instalaciones análogas a las domésticas, incluyendo las de los locales de pública concurrencia, y para aquellas instalaciones en las que, por razones de seguridad, no sea aconsejable el corte prolongado del suministro eléctrico, se recomienda el uso de IA en lugar de fusibles, garantizándose de esta forma la restauración del suministro eléctrico en el tiempo más breve posible.

Condición 2

Esta condición 2, se puede transformar, en el caso de instalar un interruptor automático, en la condición siguiente, que resulta más fácil de aplicar y es generalmente más restrictiva:

Intensidad de cortocircuito mínima $I_{cc\ min}$ (cortocircuito al final de la línea) mayor



que la intensidad de regulación I_m del disparador electromagnético

$$I_{cc \text{ mín}} > I_m$$

Siendo:

$I_{cc \text{ mín}}$ = Intensidad de cortocircuito mínima que se calcula en el extremo del circuito protegida por el interruptor automático.

I_m = Intensidad de regulación del disparador electromagnético (intensidad mínima que asegura el disparo magnético del IAM).

La condición 2 significa que todos los posibles cortocircuitos en la línea protegida por el IAM deben producir la actuación del disparador electromagnético.

El disparo **electromagnético** tiene unos márgenes de actuación según el tipo de curva (Fig. **Tabla 7.13**).

TIPO DE CURVA		I_{mag}	
		Margen inferior ($t > 0'1 \text{ s}$)	Margen superior ($t < 0'1 \text{ s}$)
B	Protección de equipos en los que se precisa una protección muy ajustada a los valores máximos de consumo.	$3 \cdot I_n$	$5 \cdot I_n$
C	Para protección estandar en viviendas y de receptores clásicos. Líneas en general	$5 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$
D	Para receptores con un pico de corriente muy elevado durante la conexión	$10 \cdot I_n$	$14 \cdot I_n$

Fig. Tabla 7.13 Curvas de los IAM según UNE EN 60898

En el caso de circuitos en los que no exista neutro, la I_{cc} mínima se calculará suponiendo que tiene lugar un cortocircuito bifásico, siendo entonces:

$$I_{cc} = \frac{I_{cc \text{ trifásico}}}{1'15}$$

Condición 3

Según GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: PROTECCIONES PROTECCIÓN CONTRA SOBREENSIDADES	GUÍA-BT-22 Edición: Oct 05 Revisión: 1
<p>El interruptor debe cortar la corriente de cortocircuito en un tiempo inferior a aquel que hace tomar al conductor una temperatura superior a su temperatura límite. Así en el cortocircuito el conductor no llegará a la temperatura máxima admisible.</p>	
$\sqrt{t} = K \cdot \frac{S}{I_{cc}}$	<p>t = Duración del cortocircuito (segundos) I_{cc} = Intensidad de cortocircuito efectiva (amperios en valor eficaz) S = Sección (mm^2) K = Constante que depende del material conductor y del aislante. Los valores utilizados se indican en la Fig. Tabla 7.7 y 7.8.</p>
<p>Que se puede presentar de forma práctica por:</p>	



$$(I^2 \cdot t)_{\max \text{ del IAM}} \leq (I^2 \cdot t)_{\text{adm cable}} = K^2 \cdot S^2$$

La intensidad de cortocircuito máxima (cortocircuito al principio de la línea) debe ser menor que la intensidad I_b que corresponde a la energía disipada admisible en el conductor.

$$I_{cc \text{ máx}} < I_b$$

I_b intensidad que corresponde al $(I^2 t)_{\text{adm cable}}$ del conductor medida sobre la característica de $I^2 t$ del IAM.

La energía disipada admisible en el conductor $(I^2 t)_{\text{adm conductor}}$ puede calcularse en función de una constante K y de la sección s del conductor en mm^2 .

$$(I^2 \cdot t)_{\text{adm cable}} = K^2 \cdot S^2$$

Esta condición debe verificarse tanto para la I_{cc} máxima, como para la I_{cc} mínima.

Calculada la energía disipada admisible en el conductor $(I^2 t)_{\text{adm cable}}$, llevando este valor a la curva característica de la energía específica pasante disipada por el interruptor en cortocircuito (Fig. 7.14-B) se obtiene el valor de la intensidad I_b .

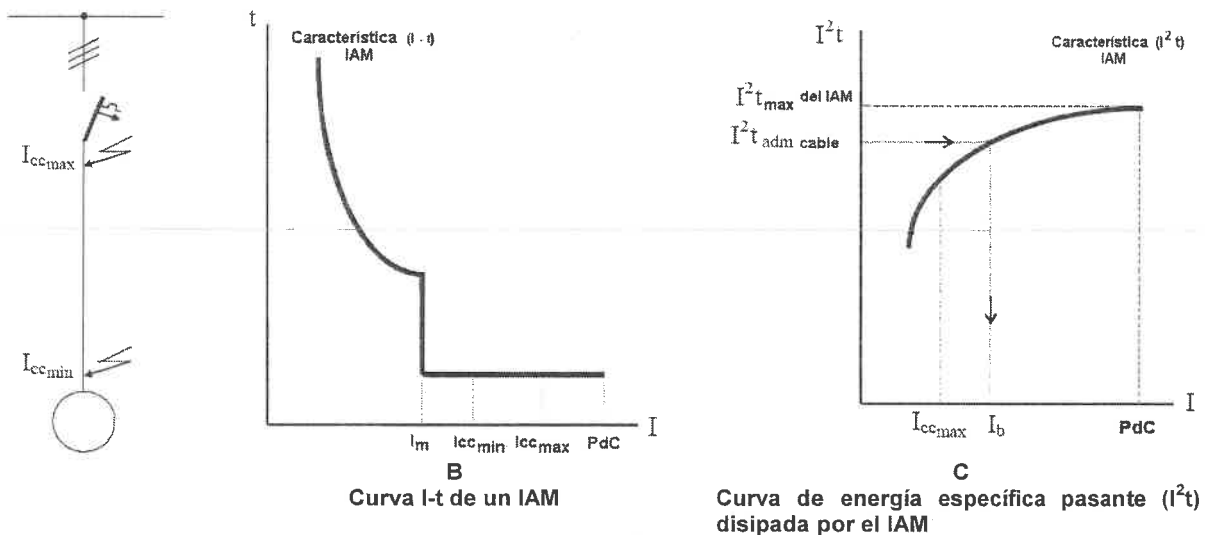


Fig. 7.14

Con la condición 3 se garantiza que para la máxima corriente de cortocircuito posible, la temperatura del cable no alcanza el valor máximo admisible.

• PROTECCIÓN CON FUSIBLES

En las líneas protegidas mediante fusible, según la Norma UNE 20 460, la protección frente a cortocircuitos de la línea está garantizada si se cumplen las siguientes condiciones:



Condición 1

Poder de corte del fusible mayor que la máxima intensidad de cortocircuito (cortocircuito al principio de la línea)

$$PdC > I_{cc \text{ máx}}$$

Condición 2

Intensidad de cortocircuito mínima (cortocircuito al final de la línea) $I_{cc \text{ min}}$ mayor que la intensidad mínima de funcionamiento (de fusión) I_f a la que el fusible protege al conductor.

$$I_{cc \text{ min}} > I_f$$

Condición 3

Se tiene que cumplir que:

$$(I^2 \cdot t)_{\text{max del fusible}} \leq (I^2 \cdot t)_{\text{adm conductor}} = K^2 \cdot s^2$$

El fusible debe cortar la corriente de cortocircuito en un tiempo inferior a aquel que hace tomar al conductor una temperatura superior a su temperatura límite. Así en el cortocircuito el conductor no llegará a la temperatura máxima admisible. La intensidad de cortocircuito máxima (cortocircuito al principio de la línea) debe ser menor que la intensidad I_b que corresponde a la energía disipada admisible en el conductor.

$$I_{cc \text{ máx}} < I_b$$

I_b intensidad que corresponde al $(I^2 t)_{\text{adm conductor}}$ medida sobre la característica de $I^2 t$ del fusible.

La energía disipada admisible en el conductor $(I^2 t)_{\text{adm conductor}}$, puede calcularse en función de una constante K y de la sección s del conductor en mm^2 .

$$(I^2 \cdot t)_{\text{adm conductor}} = K^2 \cdot s^2$$

La constante K depende del material conductor y del aislante. Los valores utilizados se indican en la Fig. **Tabla 7.7 y 7.8**.

Calculada la energía disipada admisible en el conductor $(I^2 \cdot t)_{\text{adm conductor}}$, llevando este valor a la curva característica de la energía específica pasante disipada por el fusible en cortocircuito se obtiene el valor de la intensidad I_b .

A efectos prácticos, si desconocemos más detalles, se debe escoger un calibre ligeramente superior a la intensidad de utilización de la línea I_B .

$$I_{n \text{ fusible}} \text{ ligeramente } > I_B$$



Veamos las características dadas por un fabricante para sus fusibles

El valor de la I_f para un tiempo convencional t viene dado por la Fig. Tabla 7.16

Para fusible de < 63 A vienen en la Fig. Tabla 7.17

I_n (A)	Tiempos (horas)
$I_n \leq 63$	1
$63 < I_n \leq 160$	2
$160 < I_n \leq 400$	3
$400 < I_n$	4

Tiempos convencionales en fusibles

Intensidad nominal I_n (A)	Intensidad de Fusión, I_f (A)
63	300
80	460
100	600
125	800
160	1000
200	1300
250	1850

Intensidades de fusión de fusibles gI en 5 seg.

Fig. Tabla 7.16

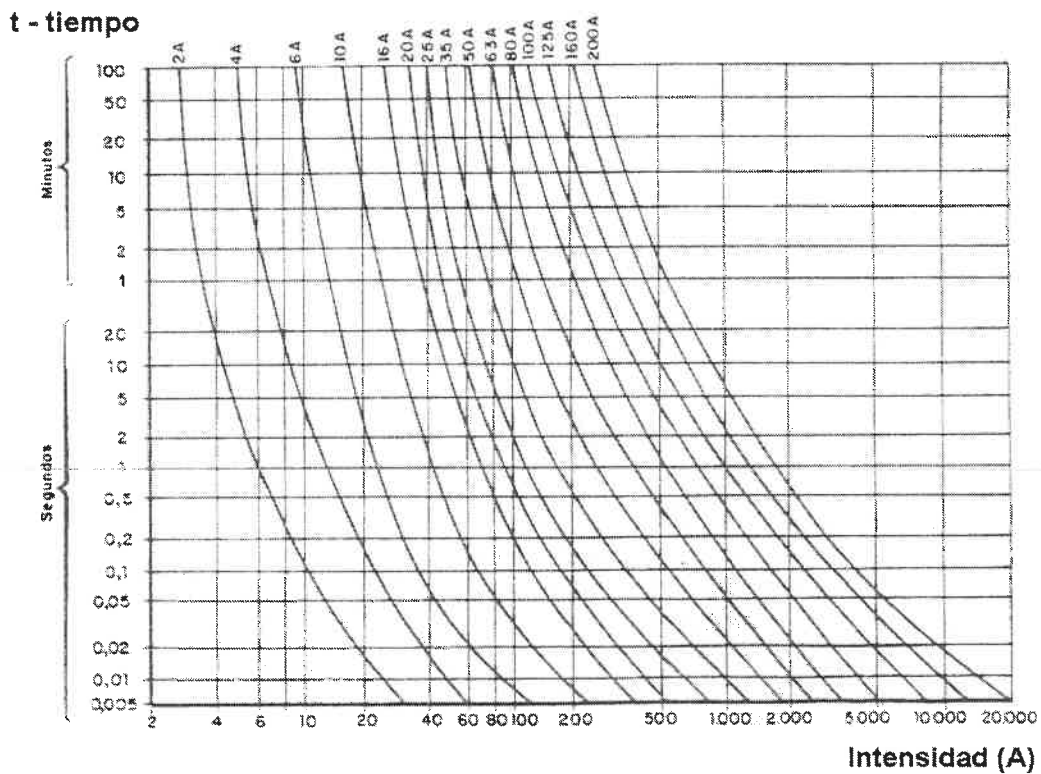


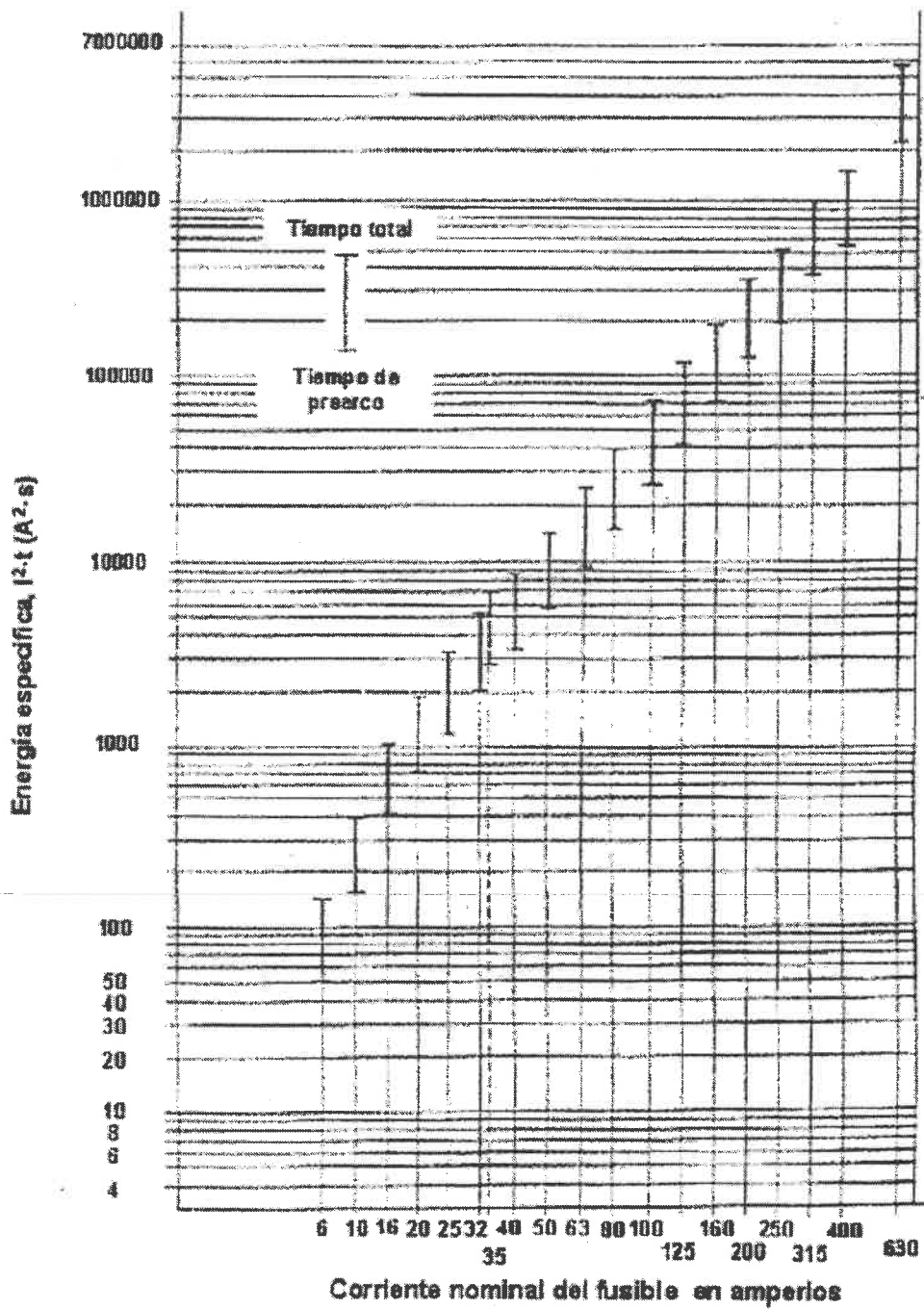
Fig. Tabla 7.17

- Se cumplirá, así mismo que la $(I^2 \cdot t)_{\text{fusible}} < (I^2 \cdot t)_{\text{adm conductor}} = k^2 \cdot s^2$

El valor de $(I^2 \cdot t)_{\text{fusible}}$ sale de la curva de la energía específica pasante.



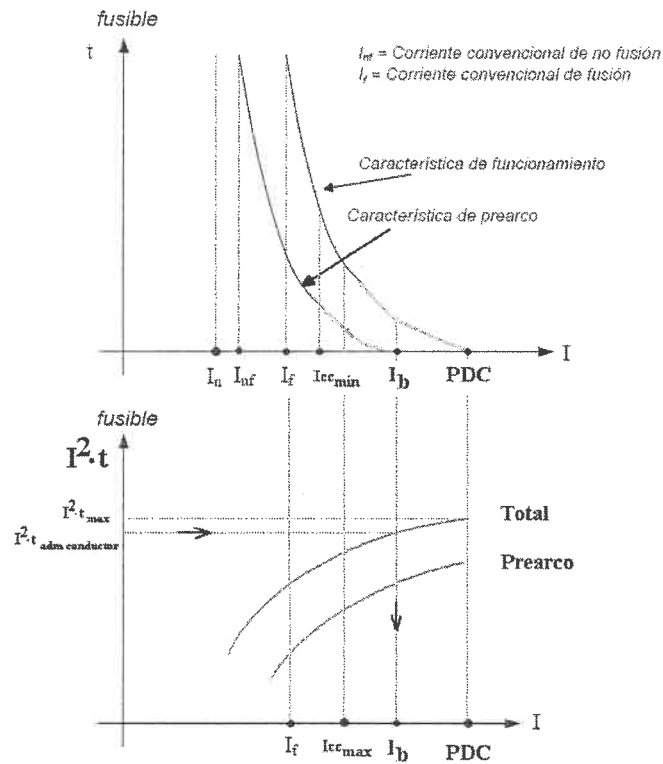
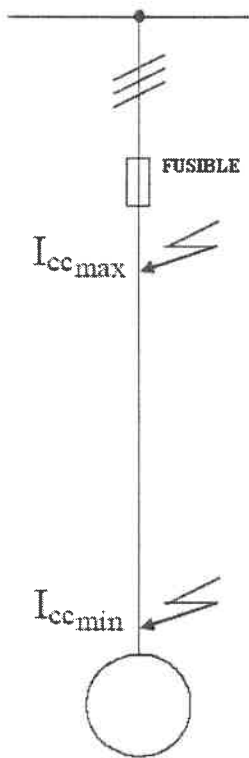
Veamos las curva $I^2 \cdot t$ dadas por un fabricante para sus fusibles Fig. Tabla 7.18



Curvas de fusibles: Curva $I^2 \cdot t$.

Fig. Tabla 7.18

Los fusibles, por su rapidez de actuación, limitan mucho la energía disipada en cortocircuito.



Curva I-t de un FUSIBLE
Curva de energía específica pasante (I^2t) disipada por el FUSIBLE
 Fig. X1

Ejemplo:

Tenemos que realizar la instalación eléctrica de una **derivación individual** a una vivienda de grado de electrificación elevada. Para la protección contra las sobrecargas de esta línea vamos a emplear interruptores automáticos de corte omnipolar, modulares, con curva de disparo tipo C (ver estudio Norma UNE-EN 60898) colocado en el cuadro general de protección de la vivienda (ITC BT-17) I.G.A. (ITC BT-25).

Datos:

- Longitud de la D.I. 20 metros.
- Contadores totalmente centralizados (ITC BT-16).
- Conductores aislados en tubos empotrados en obra (ITC BT-15).
- Elegiremos para la DI, el siguiente cable conductor (de entre otros posibles). Conforme a la ITC-BT-15 Pto. 3

<p>cable ES07Z1-K (AS) (norma UNE 211002)</p>	<p>Conductor unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V, conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1)</p>
---	--

- Tensión 230 V.
- Potencia 9.200 W.
- Cos $\varphi = 0'9$.



Datos de conductividades de cobre

COBRE	TERMOPLÁSTICOS (PVC, poliolefinas Z1 o similares)		TERMOESTABLES (tipo XLPE, EPR, poliolefinas Z, silicona. .)
	σ_{20°	σ_{70°	σ_{90°
	56	48	44

Fig. Tabla 7.19

Cálculo:

- En primer lugar calcularemos la sección teniendo en cuenta la caída de tensión máxima $\% \Delta U = 1\%$ /ITC BT-15 Pto. 3 b).

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\sigma_{Cu-70^\circ} \cdot \Delta U \cdot U} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 9200}{48 \cdot 2'3 \cdot 230} = 14'493 \text{ mm}^2$$

El valor comercial superior será de 16 mm²

* Aislamiento termoplástico (poliolefina Z1)

- Calculamos la intensidad nominal de la vivienda

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{9200}{230 \cdot 0'9} = 44'4 \text{ A}$$

- Comprobamos en la Tabla 52-B2 de la norma UNE 20460 el modo de instalación. Según los datos del enunciado, el modo de instalación corresponde al B1 (Ref. 59).
- Consultado la Tabla 52-1bis de la norma UNE 20460 de Nov. 2004 obtenemos que para el modo de instalación B1 y para PVC2 (aislamiento equivalente a efectos de intensidad al compuesto termoplástico de baja emisión de humos y gases corrosivos Z1), obtenemos:

16 mm² soporta 66 A (I_z) → Sección válida al ser superior a 44'4 A (I_b)

Nota: Se recuerda que la tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT ha sido sustituida por la Tabla 52-1bis de la norma UNE 20460 de Nov de 2004.

- Conductores a instalar, 2 unipolares ES 07Z1 - K de 16 mm² de sección.
El conductor de protección será de igual sección y características según ITC BT-19 Tabla 2.
- Calculamos la potencia máxima admisible de esta línea, por caída de tensión y por intensidad máxima de la canalización.

$$P = \frac{S \cdot \sigma_{Cu-70^\circ} \cdot \Delta U \cdot U}{2 \cdot L} = \frac{16 \cdot 48 \cdot 2'3 \cdot 230}{2 \cdot 20} = 10.156'8 \text{ W}$$



$$P = U \cdot I_z \cdot \cos \varphi = 230 \cdot 66 \cdot 0,9 = 13.662 \text{ W}$$

- De las dos potencias resultantes cogemos la inferior: 10.156'8 W, siendo una potencia máxima admisible teórica. A efectos de Memoria Técnica de Diseño sería 9.200 W.
- A continuación vamos a calcular la protección a instalar, coordinando la sección calculada con la protección a instalar, cumpliendo las dos condiciones de coordinación:

$$\textcircled{1} \quad I_B \leq I_n \leq I_z \quad \rightarrow \quad 44'4 \leq I_n \leq 66 \text{ A}$$

- Elegiremos un dispositivo de protección bipolar de 400 V c.a. con una I_n comercial que esté dentro de los dos márgenes de intensidad, en este caso 50 A y 63 A. Designación normalizada C50 C63. Se cumple:

$$44'4 \leq 50 \leq 66 \text{ A}$$

$$44'4 \leq 63 \leq 66 \text{ A}$$

$$\textcircled{2} \quad I_2 \leq 1'45 \cdot I_z$$

- Observamos la curva de disparo tipo C y comprobamos que la intensidad de funcionamiento efectivo se cumple a: **Fig. 7.20**

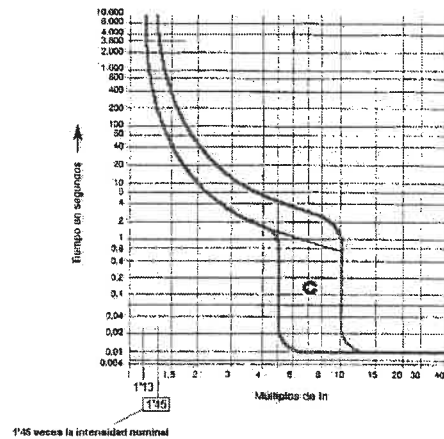


Fig. 7.20 CURVA DE DISPARO TIPO C

$$I_2 = I_{\text{disp térm}} = 1'45 \cdot I_n \quad \text{para interruptores según UNE-EN 60898 o UNE-EN 61009}$$

$$- 1'45 \times 50 \text{ A} \leq 1'45 \times 66 \text{ A}$$

$$\text{Resultando: } 72'5 \text{ A} \leq 95'7 \text{ A}$$

$$- 1'45 \times 63 \text{ A} \leq 1'45 \times 66 \text{ A}$$

$$\text{Resultando: } 91'35 \text{ A} \leq 95'7 \text{ A}$$

Nota: la condición $\textcircled{2} \quad I_2 \leq 1'45 \cdot I_z$ siempre se cumple para los IAM, por lo que se puede prescindir de su utilización. Se ha utilizado a efectos didácticos.

Conclusión:

Las dos protecciones C50 o C63 cumplen las dos condiciones que desarrolla la norma, pero en este caso debemos tener en cuenta la potencia máxima admisible de la canalización, 11.500 W, y si instalamos un C63 para un $\cos \varphi$ de 0'9 tendríamos un aumento de la capacidad máxima de la instalación, dejándola en 13.041 W reales, superando la potencia máxima admisible calculada. La elección más rentable para su explotación debe ser un IGA C50 2polos para proteger contra sobrecargas una derivación individual formada por dos conductores unipolares de 16 mm² + 16 mm² el conductor de protección.



• **PROTECCIÓN MEDIANTE COMBINACIÓN FUSIBLE- IAM**

El precio de los IAMs aumenta considerablemente con el poder de corte, a igualdad de las restantes características; la combinación fusible-IAM, permite utilizar interruptores automáticos con poder de corte moderado en partes de la instalación con elevadas corrientes de cortocircuito, reduciéndose con ello el coste de la instalación.

Con la combinación fusible-IAM, se pretende que el IAM despeje todas las sobreintensidades menores que su poder de corte PdC produciéndose la fusión del fusible únicamente con cortocircuitos mayores que PdC. La intersección de las características I-t de los dos dispositivos debe producirse en un punto cuya corriente I_i sea algo menor que el poder de corte del I.A.

Además, se debe comprobar que el IAM y el fusible seleccionados cumplen con los criterios de protección particulares en el rango de corrientes de cortocircuito en el que actúa cada uno; para el interruptor IAM se considera $I_{cc,máx} = I_i$ mientras que para el fusible se tomará $I_{cc,min} < I_i$.

El interruptor automático no cumple con el criterio de poder de corte, pero se garantiza que está protegido de forma efectiva por el fusible cuando se producen cortocircuitos mayores que su poder de corte. Esta condición se cumple si se verifican las siguientes relaciones:

a) $I_{s,adm,IAM} > I_{s,F}$

b) $(I^2t)_{adm,IAM} > (I^2t)_F$

Donde:

- $I_{s,adm,IAM}$ corriente máxima asimétrica admisible por el IAM.
- $I_{s,F}$ corriente de cresta limitada por el fusible, para el cortocircuito máximo
- $(I^2t)_{adm,IAM}$ es el I^2t admisible por el interruptor automático
- $(I^2t)_F$ es el valor del I^2t limitado por el fusible

• **PROTECCIÓN MEDIANTE COMBINACIÓN FUSIBLE- RELÉ TÉRMICO-CONTACTOR**

La combinación fusible-relé térmico-contactor se utiliza en las líneas que alimentan motores.

El dispositivo de corte es normalmente un contactor.

El contactor, asociado con el relé térmico realiza la función de protección frente a sobrecargas.

Los fusibles deben proteger todos los cortocircuitos, ya que su poder de corte es muy limitado. La Fig. 7.20-b representa las condiciones que deben cumplir las características



I-t del relé térmico y del fusible para que el funcionamiento del sistema sea correcto:

- Las características deben cortarse para una corriente algo menor que el poder de corte del contactor.
- Hay que comprobar que el punto que representa las condiciones de arranque del motor (I_{arr} , t_{arr}), está por debajo de la característica del fusible seleccionado, ya que en caso contrario se produciría su fusión durante la puesta en marcha.

En este caso para comprobar que la línea está correctamente protegida contra cortocircuitos, hay que verificar que los fusibles seleccionados cumplan con los criterios expuestos para los fusibles.

Además, hay que comprobar que tanto el contactor como el relé térmico están protegidos por los fusibles.

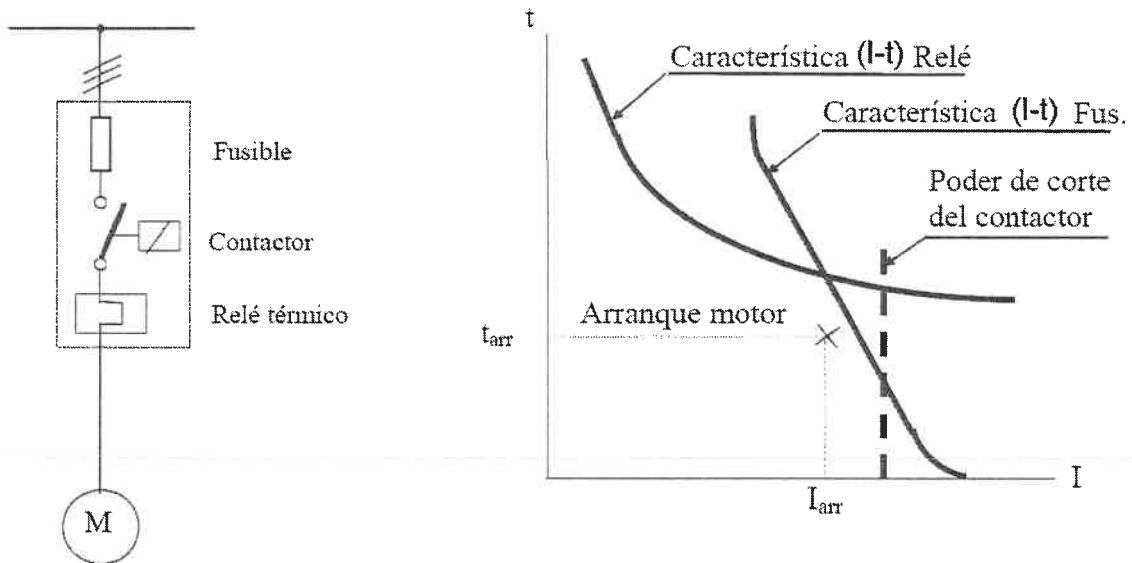


Fig. 7.20-b



NOTA:

Según
GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: ANEXOS
CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

GUÍA-BT-ANEXO 3
 Edición: Sep 03
 Revisión: 1

Como generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red (impedancia del transformador, red de distribución y acometida) **se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones de los usuarios se puede considerar como 0'8 veces la tensión de suministro.**

Se toma el defecto fase tierra como el más desfavorable, y además se supone despreciable la inductancia de los cables.

Esta consideración es válida cuando el **Centro de Transformación**, origen de la alimentación, está situado **fuera del edificio** o lugar del suministro afectado, en cuyo caso habría que considerar todas las impedancias.

Por lo tanto se puede emplear la siguiente fórmula simplificada:

$$I_{cc} = \frac{0'8 \cdot U}{R}$$

Donde:

- I_{cc} intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado
- U tensión de alimentación fase neutro (230 V)
- R resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

Normalmente el valor de R deberá tener en cuenta la suma de las resistencias de los conductores entre la Caja General de Protección y el punto considerado en el que se desea calcular el cortocircuito, por ejemplo el punto donde se emplaza el cuadro con los dispositivos generales de mando y protección. Para el cálculo de R se considerará que los conductores se encuentran a una temperatura de 20°C, para obtener así el valor máximo posible de I_{cc}.

Ejemplo:

Se desea calcular la **intensidad de cortocircuito** en el cuadro general de una vivienda con grado de electrificación básico. Dicha vivienda está alimentada por una **Derivación Individual (DI)** de 10mm² de cobre y de longitud de 15 metros. Además se conoce que la Línea General de Alimentación (LGA) tiene una sección de 95 mm², y una longitud entre la CGP y la Centralización de Contadores de 25 metros.

Nota: Elegiremos para la LGA, el siguiente cable (de entre otros posibles). Conforme a la ITC-BT-14 Pto. 3



cable RZ1-K (AS) (norma UNE 21123-4)	Cable de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1)
--	--

Nota: Elegiremos para la DI, el siguiente cable conductor (de entre otros posibles). Conforme a la ITC-BT-15 Pto. 3

cable ES07Z1-K (AS) (norma UNE 211002)	Conductor unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V, conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1)
--	---

Nota: Datos de la conductividad.

		TERMOPLÁSTICOS (PVC, poliolefinas Z1 o similares)	TERMOESTABLES (tipo XLPE, EPR, poliolefinas Z, silicona...)
		ρ_{70°	ρ_{90°
COBRE	ρ_{20°		
	0'018	0'021	0'023

Fig. Tabla 7.20-c

Solución:

Se comienza por el cálculo de la resistencia de fase de la LGA y de la DI.

$$R_{(DI)} = \rho_{70^\circ\text{-termoplástico}} \cdot L_{(DI)} / S_{(DI)} = 0'021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \cdot (2 \cdot 15\text{m}) / 10 \text{mm}^2 = 0'063 \Omega$$

$$R_{(LGA)} = \rho_{90^\circ\text{ termoestable}} \cdot L_{(LGA)} / S_{(LGA)} = 0'023 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \cdot (2 \cdot 25\text{m}) / 95 \text{mm}^2 = 0'012 \Omega$$

$$R = R_{(DI)} + R_{(LGA)} = 0'075 \Omega$$

La corriente de cortocircuito probable en el Cuadro General de Mando y Protección (CGMP) será de:

$$I_{cc} = \frac{0'8 \cdot U}{R} = \frac{0'8 \cdot 230}{0'075} = 2.453,333 \text{ Amperios}$$



C) GENERALIDADES

- Para la protección de los conductores contra sobrecargas en instalaciones domésticas, únicamente se utilizan interruptores automáticos.
- Para la protección contra sobrecargas en instalaciones industriales se puede utilizar tanto relés térmicos o equivalentes asociados con IA, como fusibles, aunque la protección proporcionada por el IA con relé térmico es más eficiente que la proporcionada por el fusible.
- Por razones de seguridad, es posible omitir la protección contra sobrecargas en circuitos en los que una desconexión imprevista puede originar un peligro.
- Los dispositivos de protección contra cortocircuitos deben situarse en el punto en el que se produce un cambio, tal como una variación de la sección, naturaleza o sistema de instalación, y se produce una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, salvo cuando otro dispositivo situado aguas arriba posea una característica tal que proteja contra cortocircuitos aguas abajo del cambio.
- Los dispositivos de protección contra cortocircuitos podrán situarse aguas abajo del punto donde se produce el cambio de la sección, naturaleza o sistema de instalación, si la parte del cableado situada entre el punto del cambio y el dispositivo de protección cumple las tres condiciones siguientes:
 - No excede los 3 m de longitud;
 - Está instalado de manera que se minimice el riesgo de cortocircuito (por ejemplo reforzando el sistema de cableado contra las influencias externas).
 - Está instalado de manera que se minimice el riesgo de incendio o de peligro para las personas.

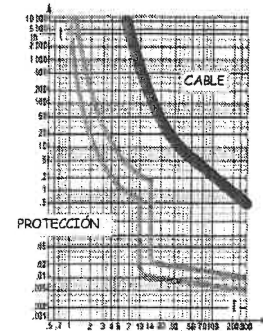


Fig. 7.21

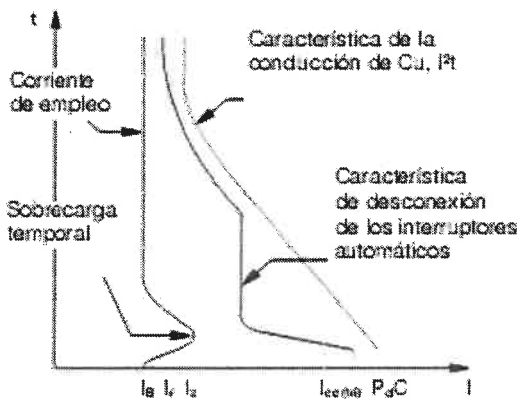


Fig. 7.22 Principio de la protección de un circuito con interruptor automático

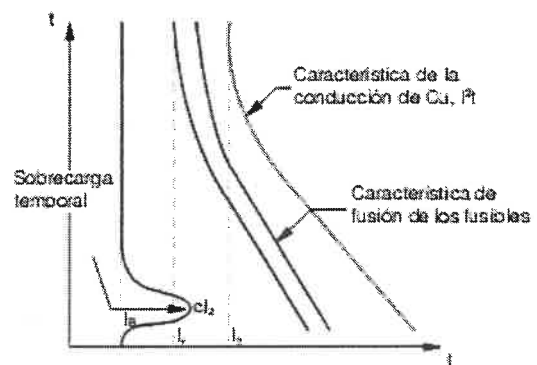


Fig. 7.23 Principio de protección de un circuito con fusibles



PROTECCIONES: Cuadro resumen

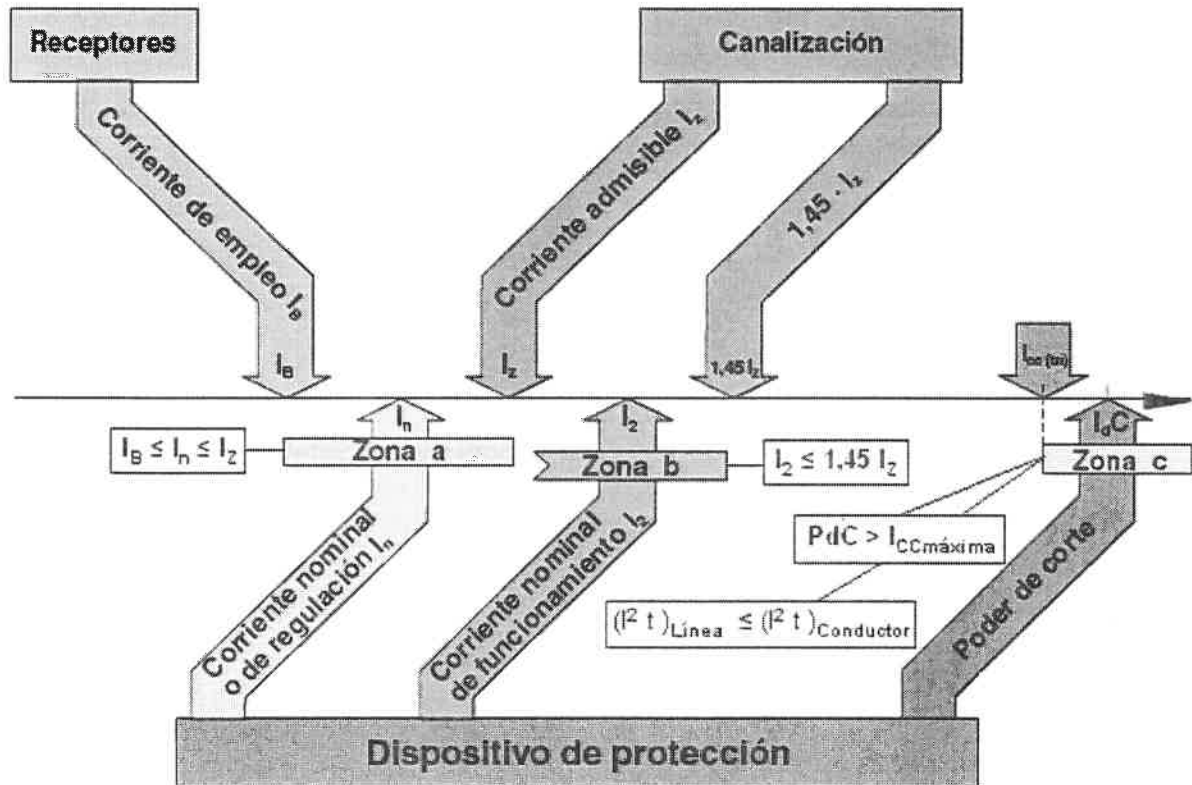


Fig. 7.24 Diagrama de las corrientes definitorias de la protección



8 VALORES NORMALIZADOS PARA DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRIINTENSIDADES EN B.T.

Elementos del cuadro de mando ICP-M, PIAs y diferenciales.

ICP - M

Interruptores de control de potencia

Cuadro para la elección de ICP-M por número de polos e intensidad

Tensiones nominales	230 - 400 V...									
Intensidades nominales	1,5 - 3 - 3,5 - 5 - 7,5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 320 - 400 A									
Nº de polos	I	I+N	II	III	IV	1P	1P+N	2P	3P	4P
Poder de corte	6 kA									

PIAs

Pequeños interruptores automáticos

Cuadro para la elección de PIAs por número de polos e intensidad

Tensiones nominales	230 - 400 V...									
Intensidades nominales	0,5 - 1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 10 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 A									
Nº de polos	I	I+N	II	III	IV	1P	1P+N	2P	3P	4P
Poder de corte	10 - 15 - 20 kA									

ID

Interruptores diferenciales

Cuadro para la elección de I_d por número de polos e intensidad

Tensiones nominales	230 - 400 V...						
Intensidades nominales	25 - 40 - 63 - 80 - 100 A						
Nº de polos	II	IV				2P	4P
Sensibilidades	10 - 30 - 300 mA						



Bases de potencia de contratación.

Suministro monofásico																
Potencia (kW)	230 V	0,80	1,15	1,73	2,30	3,45	4,60	5,75	6,90	8,05	9,20	10,35	11,50	14,49		
	400 V	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
ICPM	Inten.	3,5	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	63		
	P.C. kA.	4,3														
Prot. diferencial		40						63			100 A o toro + relé					
Fusibles (CT o D.G.P.)		63									100					
Equipo de medida	Activa	15(60)														
	Reactiva	30(60)														
	Trafos	NO														

Bases de potencia de contratación monofásica.

Suministro trifásico																
Potencia (kW)	230 V	--	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25		
	400 V	--	3,46	5,19	6,92	10,39	13,85	17,32	20,78	24,25	27,71	31,18	34,64	44		
ICPM	Inten.	--	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	63		
	P.C. kA.	4,5														
Prot. diferencial		40						63			100 A o toro + relé					
Fusibles (CT o D.G.P.)		63									100			160		
Equipo de medida	Activa	10(30)						30(90)								
	Reactiva															
	Trafos	NO														

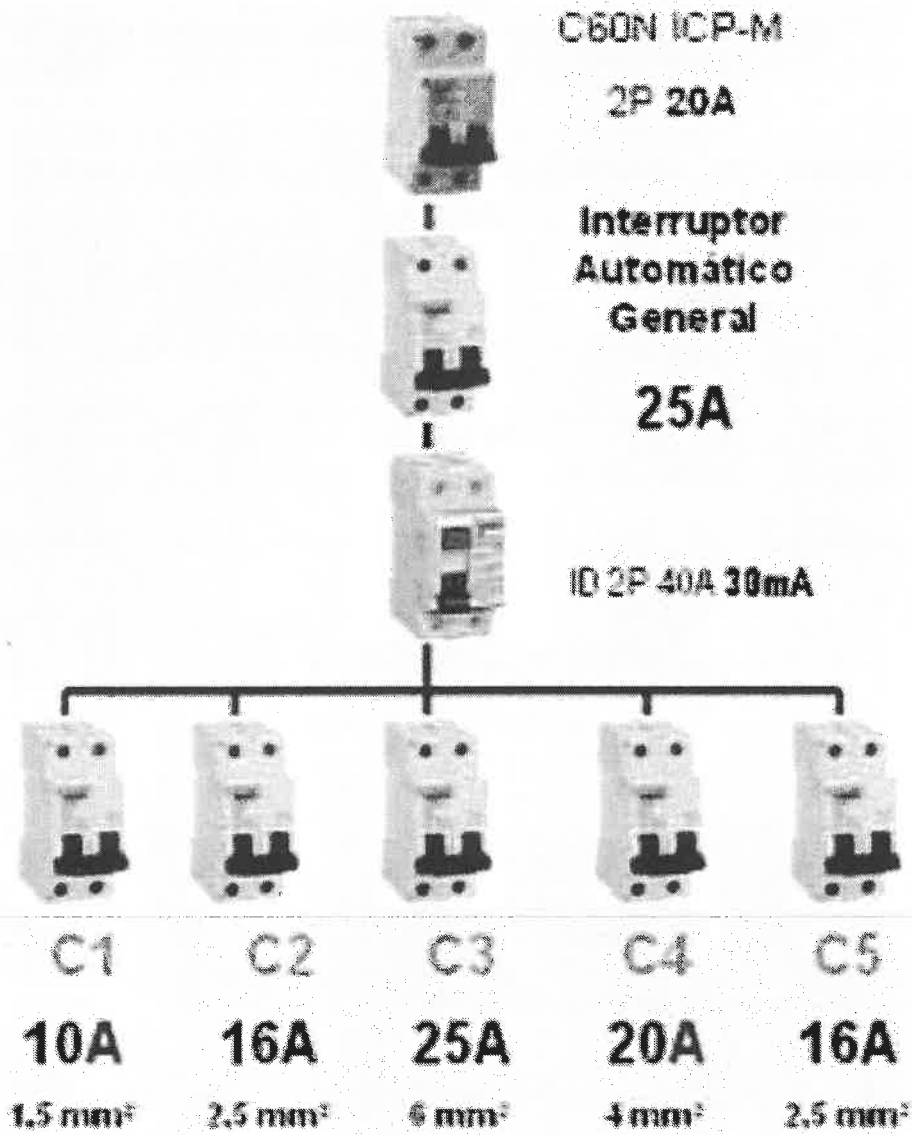
Bases de potencia de contratación trifásica hasta 63 A.

Suministro trifásico									
Potencia (kW)	230 V	32	40	60	64	80	100	127	159
	400 V	55	69	86	111	138	173	222	277
ICPM	Inten.	80	100	125	160	200	250	320	400
	P.C. kA.	10			20				
Prot. diferencial		toroidal + relé							
Fusibles (CT o D.G.P.)		160	250	400	630				
Equipo de medida	Activa	30(90)							
	Reactiva	Indirectos 2,5(7,5)							
	Trafos	NO	100/5 TIC20			200/5 TIC40		500/5 TIC100	

Bases de potencia de contratación trifásica desde 80 A.



EJEMPLO DE MONTAJE DE UN CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN PARA UNA VIVIENDA DE GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICO



- C1 : Iluminación
- C2 : Tomas de corriente de uso general (20 máx.) + frigorífico
- C3 : Cocina y horno
- C4 : Lavadora, lavavajillas, termo eléctrico
- C5 : Tomas de corriente cuarto de baño (máx. 6)



9 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES EN B.T. LIMITADOR DE SOBRETENSIONES

Las sobretensiones se originan como consecuencia de descargas atmosféricas, maniobras en las redes eléctricas y defectos que se producen en las mismas.

Quando entre dos electrodos se supera el valor de rigidez dieléctrica del medio aislante que los separa, se produce una descarga eléctrica. El ejemplo más conocido es la caída de un rayo.

Las instalaciones y equipos eléctricos, que integran cada vez más componentes electrónicos muy sensibles, están expuestos a los efectos causados por las sobretensiones, cualquiera que sea el origen de las mismas

El artículo 16 y la ITC BT 23 del reglamento REBT indican que los sistemas de protección deben impedir los efectos producidos por las sobretensiones protegiendo a los equipos instalados.

*Los **limitadores de sobretensiones** son aquellos dispositivos protectores utilizados para limitar las sobretensiones transitorias y derivar las ondas de corriente no deseadas y peligrosas a tierra, sin que éstas afecten a los equipos que tenemos conectados en nuestra instalación eléctrica.*

A SOBRETENSIONES TRANSITORIAS

Las sobretensiones transitorias, que se transmiten a través de las redes de distribución, son de muy corta duración pero de valor eficaz muy elevado (del orden de miles de voltios) provocando en muchos casos el deterioro y destrucción de los receptores (informática, TV., centralita telefónica, electrodomésticos,...), así como un mal funcionamiento y reducción de la vida útil de los equipos y receptores eléctricos. Se originan principalmente como consecuencias de:

- SOBRETENSIONES TRANSITORIAS DE ORIGEN ATMOSFÉRICO:
- SOBRETENSIONES TRANSITORIAS POR MANIOBRAS EN LA RED:
- SOBRETENSIONES PERMANENTES

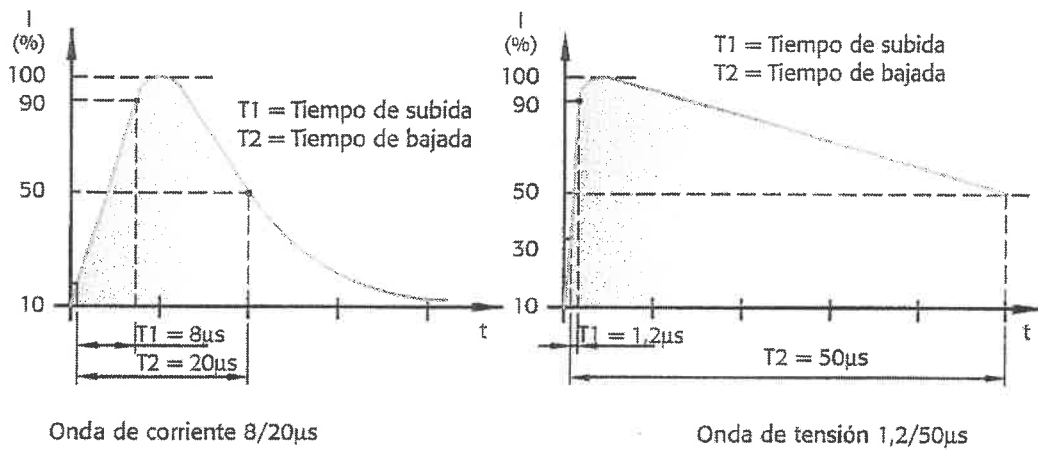
• SOBRETENSIONES TRANSITORIAS DE ORIGEN ATMOSFÉRICO:

La duración de una sobretensión es del orden de algunos microsegundos y alcanza valores de diferencia de potencial de unos pocos Kv. Este tipo de sobretensiones provocan unas formas de onda muy características que se indican en la **Fig. 9.1**.

- La onda de corriente 8/20 μ s, llega al 90% del máximo de la intensidad en 8 μ s y disminuye al 50% de su valor en 20 μ s.
- La onda de tensión 1,2/50 μ s, llega al 90% del máximo en 1,2 μ s y disminuye al 50% de su valor en 50 μ s.



Las tormentas y las descargas de rayos sobre cualquier cable provocan sobretensiones transitorias en los conductores que se caracterizan por su corta duración, crecimiento rápido (el rayo normalizado tipo es de $1,2/50 \mu s$) y valores de cresta muy elevados (hasta varias centenas de kV). Esta descarga se propaga en un radio de varios kilómetros y su dispersión en la tierra eleva su potencial, induciendo fuertes sobretensiones en los cables y aumentando la tensión en las tomas de tierra.



Ondas características de sobretensión
Fig. 9.1

MAPA DE DENSIDAD DE CAIDA DE RAYOS



Fig. 9.2

Las sobretensiones son causa del deterioro, reducción de vida útil e incluso destrucción directa de muchos receptores, sobre todo en zonas de mucho riesgo, como zonas aisladas y rurales, o en función de la probabilidad de caída de rayos de nuestra zona geográfica (mapa de densidad de caída de rayos).

• **SOBRETENSIONES TRANSITORIAS POR MANIOBRAS EN LA RED:**



El rayo no es el único causante de sobretensiones transitorias, también lo son las grandes conmutaciones de las compañías eléctricas, las conmutaciones de maquinaria de gran potencia, accionamiento de motores y las descargas electrostáticas. **Fig. 9.3**

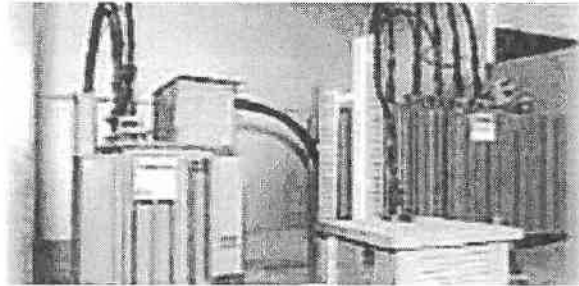
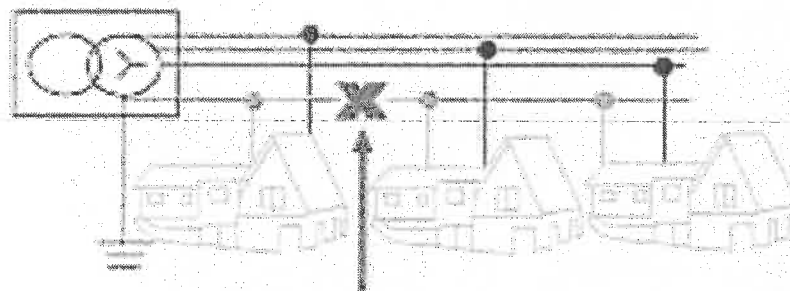


Fig. 9.3

• SOBRETENSIONES PERMANENTES

Son sobretensiones por encima del 10% del valor nominal de la red de distribución (230VAC) que se mantienen durante varios ciclos o de forma permanente. La aparición de sobretensiones permanentes en el tiempo entre fase-neutro, superiores a las nominales, se originan principalmente como consecuencia de: **Fig. 9.4**

- Cortes de neutro en la red de distribución
- Defectos de conexión del conductor neutro
- Defectos en los centros de transformación



ROTURA DEL CONDUCTOR NEUTRO

Fig. 9.4

Estas sobretensiones se protegen con dispositivos que detectan la sobretensión y hacen disparar, por accionamiento mecánico, el interruptor magnetotérmico al que están asociados.

La bobina MSU (Merlin Gerin) controla la tensión provocando el disparo en caso de sobretensión permanente cuando la tensión entre fase y neutro es superior al 10% del valor nominal. **Fig. 9.5**

Dispara si la tensión entre fase y neutro es superior a los valores:

- Bobina MSU 255 VCA
- Bobina MSU 275 VCA



Limitador de sobretensiones.

Fig. 9.5-a Limitador MSU (Merlin Gerin)

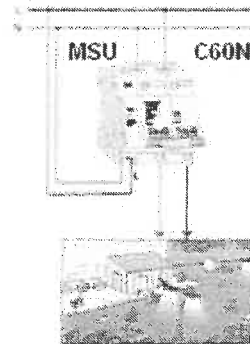


Fig. 9.5-b Conexión de un limitador MSU (Merlin Gerin)

B SISTEMAS DE PROTECCIÓN FRENTE A LAS SOBRETENSIONES

Protección frente a sobretensiones transitorias

Se realiza mediante “**Limitadores de sobretensión**”, llamados también **pararrayos**, supresores o **autoválvulas**, conectados entre las partes activas del elemento a proteger y tierra. El limitador presenta una impedancia muy elevada, derivándose a tierra una corriente de fuga muy pequeña

Para proteger eficazmente una instalación o aparato de tensión nominal U_n y rigidez dieléctrica U_{ais} , se deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) $U_n < U_0 < U_{ais}$
- b) $U_r < U_{ais}$

Siendo:

- U_n tensión nominal
- U_{ais} rigidez dieléctrica
- U_0 valor umbral
- U_r tensión residual

La condición b) es muy difícil de garantizar, puesto que la tensión residual depende en gran medida de las características de la sobretensión, aspecto que se desconoce cuando se selecciona el limitador.

En la actualidad no se dispone de un método sistemático universalmente aceptado para seleccionar los limitadores de sobretensión, la selección se realiza partiendo de indicaciones del fabricante basadas en la experiencia.

Protección frente a sobretensiones de servicio

La protección contra este tipo de sobretensiones se realiza mediante “**relés de sobretensión**”, que vigilan la tensión entre fases o entre fases y el neutro. Cuando el valor eficaz de la tensión vigilada supera un valor previamente ajustado, durante un cierto tiempo, el relé actúa, provocando la apertura de un interruptor automático a través del correspondiente disparador, desconectando la parte de la instalación o equipo protegido.



C CATEGORÍAS DE SOBRETENSIONES (NORMATIVA VIGENTE EN ESPAÑA ITC-BT-23)

El Reglamento REBT indica los valores máximos de tensión soportada frente a la onda de choque de sobretensión que deben tener los receptores (**Fig. Tabla 9.4**). Según su nivel de protección, los receptores se distinguen en **cuatro categorías** ante el impulso máximo en tensión (1,2/50 μ s). Seleccionar un nivel de protección < 1,5 kV (equivalente a categoría 1) permite cubrir la mayor parte de los casos:

CATEGORÍA I

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija.

En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

Ejemplo: ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.

CATEGORÍA II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija.

Ejemplo: electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares.

CATEGORÍA III

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija (armarios de distribución, embarrados, interruptores, seccionadores, tomas de corriente, cables, cajas de derivación, etc.)

y a otros equipos que requieren un alto nivel de fiabilidad (ascensores, máquinas industriales, etc.).

CATEGORÍA IV

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución.

Ejemplo: contadores de energía, aparatos de telemedida, equipos principales de protección contra sobreintensidades, etc.

D SELECCIÓN DE LOS MATERIALES EN LA INSTALACIÓN

En la **Fig. Tabla 9.6** se recogen los valores mínimos de sobretensión a impulsos que han de soportar los equipos en función de la tensión nominal de la instalación y su categoría.



Tensión nominal de la Instalación (V)		Tensión soportada a impulsos por el receptor U _{Δc} (1,2/50 μs)			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos	Categoría I	Categoría II	Categoría III	Categoría IV
		Ordenadores, televisores, equipos electrónicos muy sensibles, HI FI...	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Motores, transformadores, equipos industriales	Contadores industriales, equipos industriales de medida
230/400	230	1'5	2'5	4	6
400/690	-	2,5	4	6	8
1000	-				

Fig. Tabla 9.6 VALORES MÍNIMOS DE SOBRETENSIÓN A IMPULSOS

Situaciones	Ejemplos	Requisitos
Línea de alimentación total o parcialmente aérea.	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.	Obligatorio
Riesgo de fallo afectando la vida humana.	Los servicios de seguridad, centros de emergencia, equipos médicos en hospitales, etc.	Obligatorio
Riesgo de fallo afectando la vida de los animales.	Las explotaciones ganaderas, piscifactorías, etc.	Obligatorio
Riesgo de fallo afectando los servicios públicos.	La pérdida de servicios para el público, centros informáticos, sistemas de telecomunicación.	Obligatorio
Riesgo de fallo afectando las instalaciones y equipos de los locales de pública concurrencia.	Los locales incluidos en la ITC-BT 28.	Obligatorio
Riesgo de fallo afectando la actividad agrícola o industrial en función del impacto económico que pudieran implicar las sobretensiones.	Industrias con hornos o en general procesos industriales continuos no ininterrumpibles.	Obligatorio

Fig. Tabla 9.7-a Situaciones en las que es **obligatorio** el uso de dispositivos de protección contra sobretensiones, sea cual sea el sistema de alimentación.



Situaciones	Ejemplos	Requisitos
Instalaciones en edificios con sistemas de protección externa contra descargas atmosféricas o contra rayos tales como: pararrayos, puntas Franklin, jaulas de Faraday.	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.	Recomendado
Viviendas (cuando no sea obligatorio según los casos anteriores).	Con sistemas domóticos (ITC-BT 51). Con sistemas de telecomunicación en azotea.	Recomendado
Instalaciones en zonas con más de 20 días de tormenta al año,	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.	Recomendado
Equipos especialmente sensibles.	Pantallas de plasma, ordenadores, etc.	Recomendado
Actividades industriales y comerciales no incluidas en la tabla anterior.		Recomendado

Fig. Tabla 9.7-b Situaciones en las que es **recomendable** el uso de dispositivos de protección contra sobretensiones, sea cual sea el sistema de alimentación.

E INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA BT-23

El REBT, en su ITC-BT-23, indica que las instalaciones interiores se deberán proteger contra sobretensiones, siempre que la instalación no esté alimentada por una red subterránea en su totalidad. Es decir, que toda instalación que sea alimentada por algún tramo de línea de distribución aérea (denominada situación "controlada") deberá protegerse obligatoriamente contra las sobretensiones.

Esto es muy común en zonas rurales y también en zonas urbanas donde la red BT no es subterránea.

F GUÍA DE APLICACIÓN ITC-BT-23

Así mismo, tras la reciente aparición de la guía técnica de aplicación ITC-BT-23 (publicada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología en octubre 2005), se facilitan las nuevas aclaraciones con respecto a lo que significa una situación controlada, también a la hora de tener en cuenta el valor económico, la sensibilidad e inoperatividad de los equipos.

Para ello, se contemplan las situaciones en las que es obligatorio y/o recomendable respectivamente (tablas A y B) el uso de protecciones contra sobretensiones por necesidad de continuidad de servicio y costes derivados: la vida humana, centros de emergencias, pérdida de servicios para el público, sistemas informáticos y de telecomunicaciones, las instalaciones de pública concurrencia cubiertos por la ITC-BT-28,...



G NORMAS PARTICULARES CCAA

A nivel nacional, existen comunidades autónomas dónde ya se aplican sus Normas Particulares en este campo de las protecciones contra sobretensiones, exige para todos los casos la protección contra las sobretensiones (a tenor de lo dispuesto en el REBT y la ITC-BT-23): siempre es "obligatorio" instalar protección contra sobretensiones, tanto transitorias como permanentes, independientemente de la naturaleza de la instalación receptora y de la naturaleza de la red de distribución a la que esté conectado el suministro.

H CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS LIMITADORES DE SOBRETENSIONES

Las **características** principales que definen el funcionamiento de un limitador de sobretensiones son:

- **Corriente nominal de descarga I_n .** Es el valor de cresta de la corriente de descarga en forma de onda 8/20 μ S que es capaz de descargar 20 veces sin deteriorarse.
- **Corriente máxima de descarga I_{max} .** Es el valor de cresta máximo de una corriente de descarga en forma de onda 8/20 μ S que es capaz de descargar el limitador sin dañarse, en una sola vez.
- **Tensión residual asignada o nivel de protección, (U_p):** Es el valor de tensión U_p que hay en los bornes del limitador cuando éste es recorrido por su corriente nominal de descarga I_n .
- **U_{res} :** Tensión residual que verán los receptores cuando esté actuando el limitador de sobretensiones transitorias.
- **I_{imp} :** Intensidad máxima de descarga con una onda 10/350 μ s; el limitador es capaz de aguantarla una única vez.
- **Tensión nominal asignada o tensión máxima en régimen permanente, (U_c):** Tensión máxima admisible en régimen permanente en bornes del limitador para la cual el protector no derivará corriente a tierra.

Para las protecciones entre conductores activos y tierra:

- TT: $U_c \geq 1,5 U_o$.
- TN: $U_c \geq 1,1 U_o$.
- IT: $U_c \geq \sqrt{3} U_o$.

Para las protecciones entre fases y neutro:

- TT, TN, IT: $U_c \geq 1,1 U_o$.

- **U_o :** Tensión simple de red entre fase (L) y neutro (N).



- U_n : Tensión nominal de red. Valor de la tensión de referencia para la cual la red está definida.
- I_c : Corriente de funcionamiento permanente: corriente que circula por el limitador, el cual está alimentado a una tensión máxima de régimen permanente (U_c) en ausencia de defecto.

Así pues, los limitadores de sobretensiones se caracterizan por los parámetros I_{max} (es función del riesgo de la instalación) y diferentes valores residuales para una corriente dada (intensidad nominal), denominada nivel de protección U_p (es función de la sensibilidad del receptor).

La U_p debe ser menor que la tensión máxima tensión soportada a impulso por el equipo o receptor a proteger (ver categorías figura*)

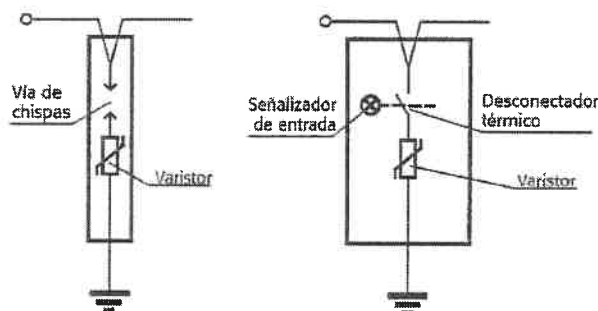
I COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UN LIMITADOR DE SOBRETENSIONES

Un limitador de sobretensiones se compone básicamente de un **varistor**, que es el elemento responsable de la protección eléctrica, y un elemento de señalización del estado de los varistores (una vez agotados, se deben cambiar). Todo ello montado en un módulo provisto de los bornes de conexión.

El varistor está compuesto de un material (generalmente **óxido de zinc**) que varía su impedancia según la tensión a la que está sometido. Para valores de unos cientos de voltios, su impedancia es elevada y para valores de unos pocos kV su impedancia se reduce a valores muy bajos. Si se conecta de una manera adecuada, nos permite la protección de la instalación eléctrica.

Quando se presenta una sobretensión, la resistencia del varistor se hace muy pequeña, derivando ésta a tierra y protegiendo al receptor.

El comportamiento de un limitador de sobretensiones sigue un funcionamiento simple:
“su impedancia depende de la tensión en sus bornes”



Características del limitador de sobretensiones.

Fig. 9.8



J SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS LIMITADORES A INSTALAR CONTRA LAS SOBRETENSIONES

La elección de un limitador de sobretensiones depende:

- De la **zona geográfica** en que se encuentra la instalación (zona rural o urbana, densidad de descarga de rayos, red de distribución aérea o subterránea).
- De la **sensibilidad** del material a proteger. Las categorías de las sobretensiones permiten clasificar los diversos grados de tensión soportada a las sobretensiones en cada una de las partes de la instalación, equipos y receptores.

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de tensión por los equipos, determinando, a su vez, el valor límite de tensión residual que deben permitir los dispositivos de protección de cada zona para evitar el daño a los equipos que protege.

Se pueden distinguir cuatro categorías, que indican el máximo nivel de tensión soportada a los impulsos por sus aislamientos, en función de la tensión nominal de la instalación:

• CLASE I.

Será necesario instalar en el origen de la instalación un limitador Clase I. **Fig. 9.9.** cuando:

- las instalaciones que por su situación y tipología presentan un riesgo muy alto de descargas atmosféricas extremadamente fuertes (descargas directas) o
- cuando el edificio disponga de sistemas de protección externa como pararrayos y/o jaulas de Faraday.

Ejemplo: Edificios con pararrayos, repetidores de telefonía, parques eólicos, etc

Debe montarse con un desconector aguas arriba, tipo fusible 125 A gL (22 x 58).

Limitadores contra sobretensiones **PRF1** de Merlin Gerin, sometidos a los ensayos de clase I (10/350 us).

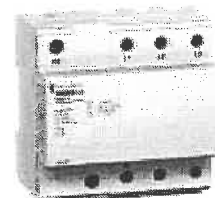


Fig. 9.9

• CLASE II.

Será necesario instalar en el origen de la instalación un limitador Clase I. **Fig. 9.10** en instalaciones con riesgo en función de la situación geográfica y la probabilidad de caída de rayos (instalaciones urbanas, rurales, residencial, terciario, etc.)

- Para la protección media de equipos eléctricos y electrónicos contra las



sobretensiones de origen atmosférico y de maniobra

Se instalará lo más cerca posible del origen de la instalación interior, en el cuadro de distribución principal.

Limitadores contra sobretensiones **PRD** de Merlin Gerin, sometidos a los ensayos de clase II (8/20 us).

Existen diferentes intensidades máximas de descarga, I_{max} , a seleccionar en función de la zona geográfica y riesgos de la instalación: 8, 15, 40 o 65 kA.

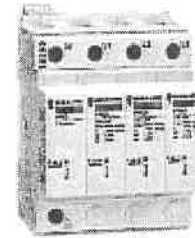


Fig. 9.10

• **Clase III.**

Si los equipos son muy sensibles o si existen largas distancias de cable (aprox. más de 30m.) entre el limitador de cabecera y los receptores, es necesario utilizar limitadores de Clase III en cascada (I_{max} 8kA), a instalar lo más cercano posible del receptor a proteger (en cuadros secundarios).

El parámetro fundamental del protector del segundo escalón es la U_p . Como el receptor es un equipo electrónico sensible controlamos siempre una U_p menor de 1,2 kV (inferior a la categoría 1 de los receptores, ver Fig. **Tabla 9.6**).

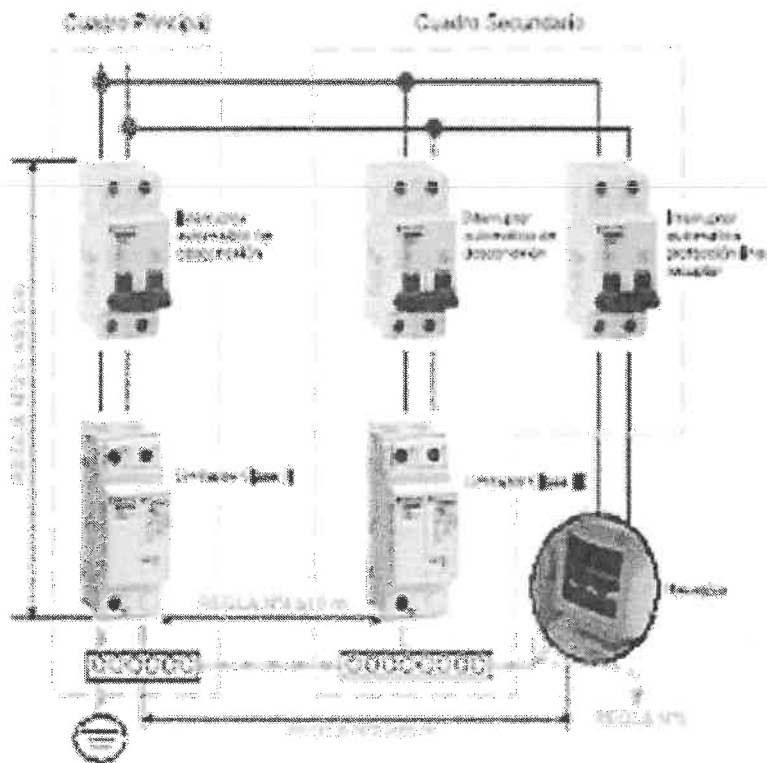


Fig. 9.12
LIMITADOR CLASE III, PRD8 DE MERLÍN GERIN (PROTECCIÓN FINA EN CASCADA)



K SELECCIÓN DEL TIPO DE LOS DISPOSITIVOS CONTRA SOBRETENSIONES A INSTALAR

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Capacidad de absorción de energía	Muy alta-alta	Media-alta	Baja
Rapidez de respuesta	Baja-media	Media-alta	Muy alta
Origen de la sobretensión	Impacto directo de rayo	Sobretensiones de origen atmosférico y conmutaciones, conducidas o inducidas	

Fig. 9.13 Parámetros más significativos para cada uno de estos tipos.

L SELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

- **Nivel de Protección (U_p).** Es la tensión residual en bornes del limitador cuando por él circula la intensidad nominal I_n . Es el parámetro que caracteriza el funcionamiento del dispositivo de protección contra sobretensiones por limitación de la tensión entre sus bornes. Debe ser inferior a la categoría de sobretensión de la instalación o equipo a proteger. No obstante, si el protector está alejado de dicho punto, puede ser necesario utilizar protectores adicionales.

Ejemplo: Instalación en la que los equipos más sensibles correspondan a la Categoría de sobretensión II, como electrodomésticos o herramientas portátiles, la U_p del protector seleccionado deber ser 62,5 kV.

- **Tensión máxima de servicio permanente en bornes del limitador (U_c).** Es el valor eficaz de tensión máximo que puede aplicarse permanentemente a los bornes de los dispositivos de protección.

Para las protecciones entre conductores activos y tierra:

$$TT: U_c \geq 1,5 U_o.$$

$$TN: U_c \geq 1,1 U_o.$$

$$IT: U_c \geq \sqrt{3} U_o.$$

Para las protecciones entre fases y neutro:

$$TT, TN, IT: U_c \geq 1,1 U_o.$$

U_o : tensión simple de red entre fase (L) y neutro (N).

Ejemplo: En una red de distribución TT 400/230 V, la tensión máxima permanente se considerará un 10% superior al valor nominal ($230 \times 1,1 = 253$ V). Por tanto, la tensión



máxima de servicio permanente U_c , del protector seleccionado debe ser superior a 253 V.

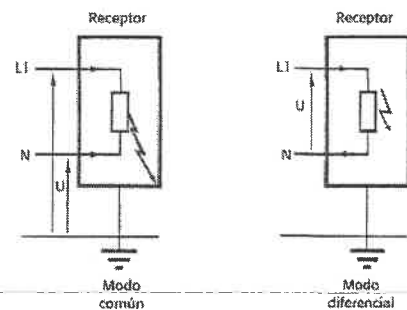
- **Intensidad nominal de descarga (I_{max})**, Es la intensidad de cresta que puede soportar el dispositivo de protección sin fallo. La forma de onda de la intensidad aplicada está normalizada como 8/20 μs . El limitador es capaz de aguantarla una única vez.

FORMAS DE CONEXIÓN A TIERRA DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

A diferencia de otros elementos de protección de instalaciones como interruptores magnetotérmicos o diferenciales, que se colocan en serie, los limitadores de sobretensiones deben colocarse **en paralelo** para un funcionamiento correcto del sistema de protección.

Los limitadores de sobretensiones se pueden conectar de dos maneras, dependiendo del tipo de protección que deseemos:

- **En modo común.** Cuando el limitador se conecta **entre los conductores activos (L o N) y el conductor de tierra (PE)**. Se utiliza este método en las protecciones *basta* (cuadro general) y *media* (cuadros secundarios).
- **En modo diferencial.** Cuando el limitador se conecta **entre las fases (L) y el neutro (N)**. Se utiliza este método para la protección final (*final*) especialmente de aparatos electrónicos muy sensibles.



Tipos de conexión de los limitadores de sobretensión.

Fig. 9.15

Para el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección será necesario que el conductor que une el dispositivo con la instalación de tierra del edificio tenga una sección mínima de cobre, en toda su longitud, según la siguiente tabla.

Tipo de dispositivo	Sección mínima del conductor (mm^2)	Conexión entre dispositivo y
Tipo 1	16	El borne principal de tierra o P.P.T. del edificio
Tipo 2	4	El borne de entrada de tierra de la instalación interior
Tipo 3	2'5 o lo especificado por el fabricante	Un borne de tierra de la instalación interior

Fig. 9.16

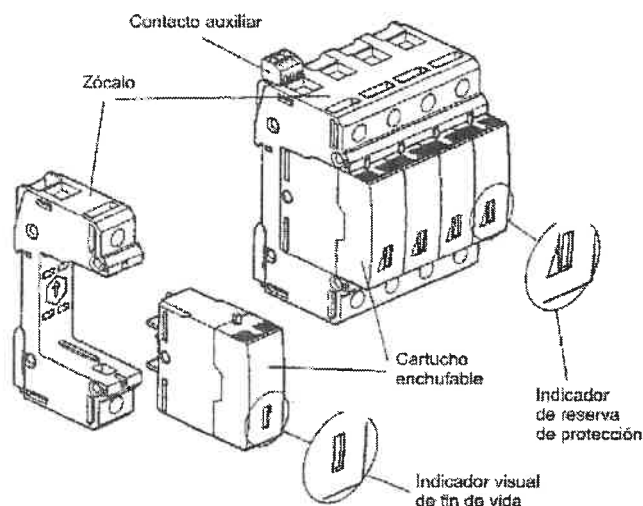


Fig. 9.17 Limitador de sobretensión de tipo enchufable
 (En la parte anterior del cartucho, un indicador visual indica el estado del limitador)

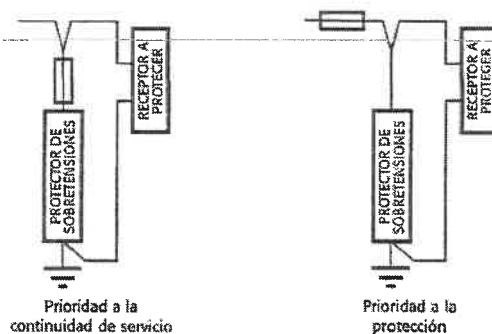
En redes TT y IT los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro y la tierra de la instalación.

N PRIORIDADES SEGÚN SERVICIO DESEADO

Según el tipo de servicio que se desee, existen dos tipos de prioridades:

- **Prioridad a la continuidad de servicio.**

Cuando se funde el fusible se desconecta la protección de sobretensiones, pero los equipos siguen en funcionamiento. **Fig. 9.18.** Se debe tener la precaución de sustituir la protección de sobretensiones, porque a partir de ese momento, los equipos están sin protección.

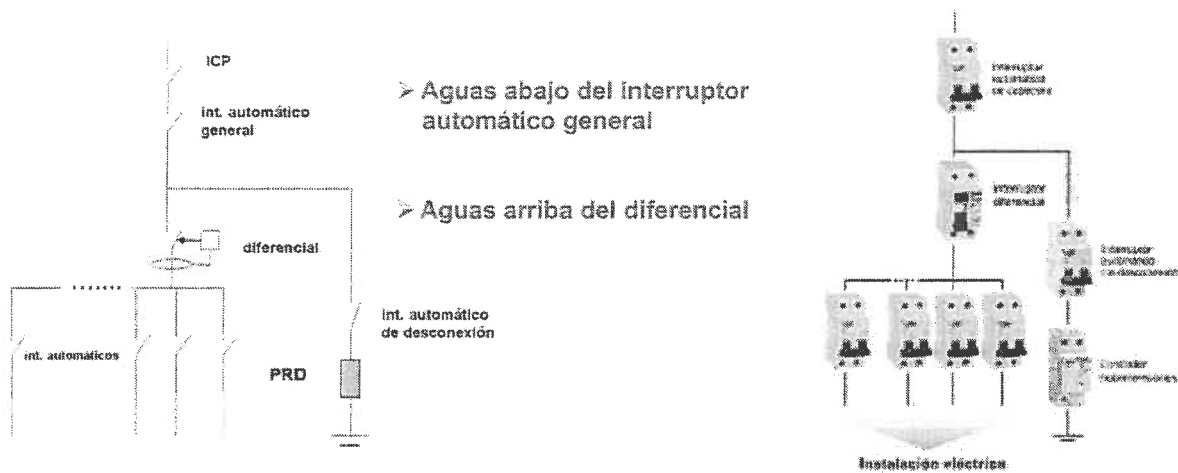


Tipos de prioridades de los limitadores de sobretensión.

Fig. 9.18

Ejemplo:

En el cuadro de protección y mando se colocará **entre el Interruptor General Automático (IGA) y el Interruptor Diferencial (ID)**, según se contempla en las ITC-BT-23 y 25, con el fin de evitar disparos intempestivos del interruptor diferencial en caso de actuación del limitador contra sobretensiones y como objetivo de máxima continuidad de servicio en la instalación (**Fig. 9.19**).



Automático de desconexión: Con el fin de optimizar la continuidad de servicio en caso de destrucción del dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias a causa de una descarga de rayo superior a la máxima prevista, se debe instalar un **automático de desconexión aguas arriba del limitador**, con objeto de mantener la continuidad de todo el sistema, evitando el disparo del interruptor general.

Fig. 9.19

- **Prioridad a la protección.** Cuando se funde el fusible los equipos quedan desconectados, y ya no pueden ser sometidos a una nueva sobretensión, hasta la sustitución del limitador de sobretensiones. **Fig. 9.18**

Para conseguir una protección adecuada se utilizan dos o más protectores de forma coordinada. El primero se coloca al comienzo de la instalación y se utiliza para conseguir el mayor poder de descarga posible I_{max} . Los siguientes se colocan lo más cerca de los equipos a proteger y su elección depende del nivel de protección U_p . Se debe tener además, una buena toma de tierra para eliminar de una manera eficaz el defecto.

Ejemplos de conexión: Limitadores PRF de Merlin Gerin (Sneider). Fig. 9.20

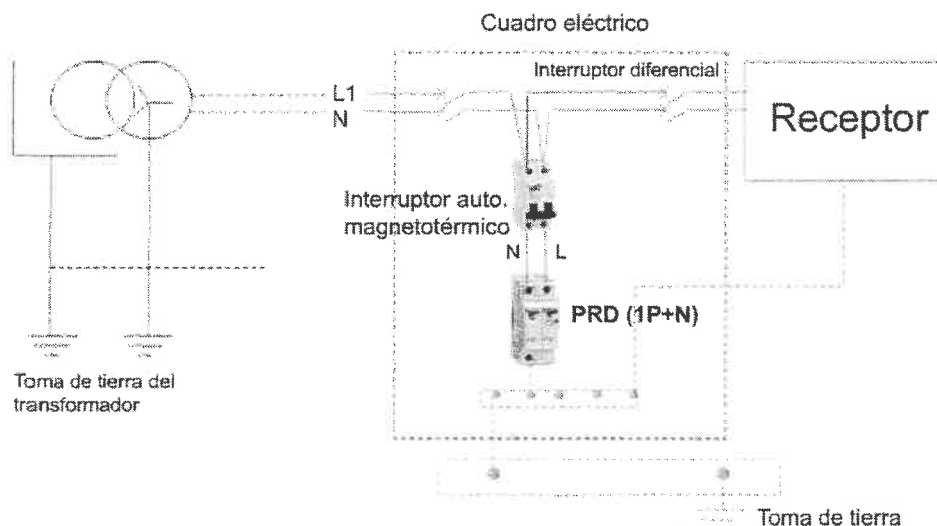
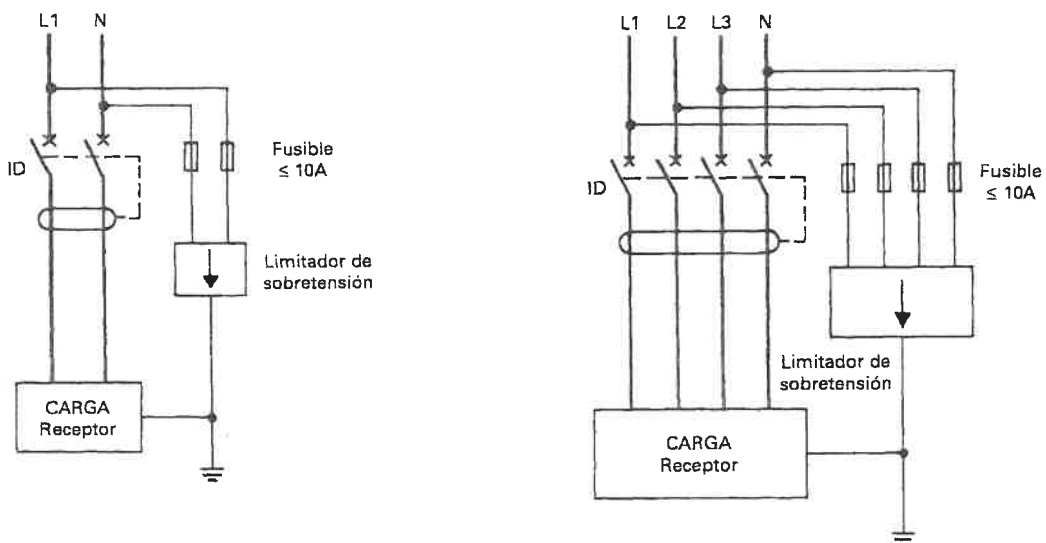


Fig. 9.20



Nota: La protección de los limitadores de sobretensión también se puede realizar mediante fusibles. **Fig. 9.21**



Circuito monofásico (fase – neutro)

Circuito trifásico con neutro

Fig. 9.21 Protección de los limitadores de sobretensión mediante fusibles



CUESTIONES





1 Representar los símbolos (para esquemas multifilares) correspondientes a :

- a) Interruptor automático
- b) Interruptor Diferencial
- c) Fusible



2 ¿Para que sirve un Interruptor Automático? *Un dispositivo capaz de abrir automáticamente un circuito eléctrico en función de la intensidad que por él circula*

3 ¿A qué se llama intensidad o poder de corte?. Indica algún valor aproximado que pueda ser válido para intensidad de corte.

4 Explicar ayudándote de un esquema eléctrico explicativo el significado de "selectividad" en las protecciones de una instalación eléctrica "

5 Definir : Contacto directo e indirecto.

6 Funcionamiento elemental de un ID (Sólomente referente a su fundamento)

7 ¿El relé térmico puede proteger contra los cortocircuitos?. Razonar.

8 Calcular la resistencia de tierra máxima teórica que debe tener una instalación que tiene un ID de 100 mA. (suponer que la instalación eléctrica está realizada dentro de un local considerado como "local húmedo ").

9 ¿En qué consiste la protección magnética y térmica de un interruptor automático?.

10 ¿Existe alguna relación entre la sensibilidad de un interruptor diferencial y la resistencia de tierra de una instalación eléctrica?. Razonar.

11 Principio de funcionamiento de un relé térmico.

12 ¿Qué es el margen de regulación de un relé térmico?.

13 Medidas de protección contra contactos indirectos (solo citar los métodos)

14 Diferencias entre aislamiento funcional y doble aislamiento.

15 Representa las curvas características de dos fusibles del mismo valor de intensidad nominal sabiendo que :

- un fusible es de respuesta rápida.
- el otro fusible es de respuesta lenta.

16 Representar las curvas de respuesta para :

- a) Un fusible
- b) Un Interruptor automático.
- c) Un Interruptor Diferencial



- 17** Calcular el Interruptor Diferencial mínimamente necesario para una instalación de local considerado como "húmedo", sabiendo que la resistencia de tierra (medida con un telurómetro) ha indicado 25 Ohmios.
- 18** Indicar que prueba realizarías para afirmar sin posibilidad de error, que un Interruptor Diferencial está defectuoso.
- 19** Representar las curvas características de :
- a) Un fusible
 - b) Un interruptor automático
 - c) Un interruptor diferencial
- Explicar el significado de las curvas.
- 20** Parámetros característicos para la elección de un interruptor automático. Significado de las mismas.
- 21** ¿Qué significa las siglas gL o gG en un fusible?