

# APLICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE BAJA TENSIÓN

## CUADERNOS DE DIVULGACIÓN TÉCNICA

Edición 2014

Título: *Cuadernos de Divulgación Técnica. Aplicación de los Interruptores Automáticos de Baja Tensión*

© AFME, 2005, 2014

© de esta edición, AENOR, 2014

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida la reproducción total o parcial en cualquier soporte, sin la previa autorización escrita de AENOR.

Edita: AENOR

Maqueta y diseño de cubierta: AENOR

**Asociación de Fabricantes de Material Eléctrico (AFME)**

[www.afme.es](http://www.afme.es)  
[general@afme.es](mailto:general@afme.es)

Avda. Diagonal, 477, 12º A  
08036 Barcelona

Tel.: 93 405 07 25 • Fax: 93 419 96 75

C/ Príncipe de Vergara 74, 5º  
28006 Madrid

Tel.: 91 562 55 90 • Fax: 91 563 57 58

# AENOR

Génova, 6. 28004 Madrid • Tel.: 902 102 201 • Fax: 913 103 695  
[comercial@aenor.es](mailto:comercial@aenor.es) • [www.aenor.es](http://www.aenor.es)

## PRESENTACIÓN

---

Con la publicación de los *Cuadernos de divulgación técnica. Aplicación de los interruptores automáticos de baja tensión*, AENOR y AFME desean ofrecer a los profesionales relacionados con las instalaciones eléctricas de baja tensión –proyectistas, especificadores, instaladores, organismos de inspección, personal de mantenimiento, etc.– una guía práctica sobre los requisitos de las normas de materiales e instalaciones que puedan incidir en sus respectivas actividades.

Por razones de concisión, las normas incluyen textos cuya redacción, en ocasiones, no es fácil de interpretar, en especial cuando se trata de extraer de las mismas conclusiones para aplicaciones prácticas.

Como se ha dicho al principio, con la publicación de los Cuadernos Técnicos se pretende cubrir dicha necesidad.

## PROPÓSITO

---

La presente publicación ha sido preparada por el Departamento Técnico de AFME, conjuntamente con los miembros de los Comités Técnicos AEN/CTN 201/SC 17BD “Aparata y conjuntos de aparata de baja tensión” y AEN/CTN 201/SC 23E “Dispositivos de protección”.

En estos comités están representados los fabricantes, instaladores, organismos de normalización, etc., de mayor significación en el campo de las instalaciones eléctricas.

El objeto de esta publicación es ilustrar a los técnicos implicados en las instalaciones eléctricas de baja tensión sobre los **interruptores automáticos de baja tensión**, en particular sobre los tipos, las características principales, su función y los criterios de aplicación y selección.

Entre sus diversas prestaciones y funciones destaca la aptitud de proteger frente los cortocircuitos, determinada por su “poder de corte en cortocircuito” que, como es sabido, debe ser superior a la **corriente de cortocircuito prevista** en el punto de instalación del mismo. El Anexo II recoge un procedimiento de cálculo de cortocircuitos en baja tensión que permite determinar dicho valor.

Esperamos que esta publicación sea una ayuda eficaz para la adecuada protección y seguridad de las instalaciones de baja tensión.

## ÍNDICE

1. Introducción .....	6
2. Tipos de interruptores automáticos, normas aplicables y clasificación .....	7
2.1. Interruptores automáticos modulares .....	9
2.2. Interruptores automáticos de caja moldeada y de bastidor metálico .....	10
2.2.1. Interruptores automáticos de caja moldeada (MCCB) .....	11
2.2.2. Interruptores automáticos al aire (ACB) .....	12
2.2.3. Interruptores automáticos limitadores (LCB) .....	13
3. Funciones y características .....	15
3.1. Funciones .....	15
3.2. Características .....	18
3.2.1. Prestaciones asignadas en servicio normal .....	18
3.2.2. Prestaciones asignadas en cortocircuito .....	20
3.2.3. Características de los disparadores .....	22
3.2.4. Características de limitación .....	25
3.2.5. Característica $I^2t$ de un IA .....	26
3.3. Coordinación de los dispositivos de protección .....	27
3.3.1. Selectividad .....	27
3.3.2. Protección en serie .....	28
4. Criterios de selección .....	29
4.1. IA modulares .....	29
4.2. IA de caja moldeada y de bastidor metálico .....	32
Anexo I. Símbolos utilizados .....	39
Anexo II. Cálculo de las corrientes de cortocircuito .....	40
Anexo III. Normas UNE .....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Los interruptores automáticos (IA), junto con los fusibles (F), son dispositivos reglamentarios de protección contra sobrecorrientes. Los F son eficaces en la protección contra cortocircuitos; los IA protegen eficazmente contra cortocircuitos y contra sobrecargas.

Además, los IA pueden realizar otras funciones tales como maniobra, seccionamiento, protección diferencial contra contactos eléctricos de las personas, etc.<sup>1</sup>

Sus características y prestaciones están normalizadas con detalle en las normas españolas (UNE), europeas (EN) e internacionales (IEC). Se trata de documentos complejos cuya interpretación y aplicación práctica no es fácil.

El desarrollo de estos dispositivos siguió dos líneas diferenciadas, de la misma forma que las normas correspondientes, distinguiéndose dos ámbitos de aplicación:

- Instalaciones domésticas y análogas (IA modulares).
- Instalaciones industriales y similares (IA industriales).

En la práctica, esta división no resulta tan definida, ya que los IA modulares se emplean también en instalaciones del sector terciario y la industria, aunque con criterios de selección distintos de las aplicaciones domésticas debido a las diferentes condiciones del entorno de empleo.

El propósito de esta publicación es proporcionar información sobre las características, prestaciones y criterios de selección de ambos tipos de IA modulares e industriales.

---

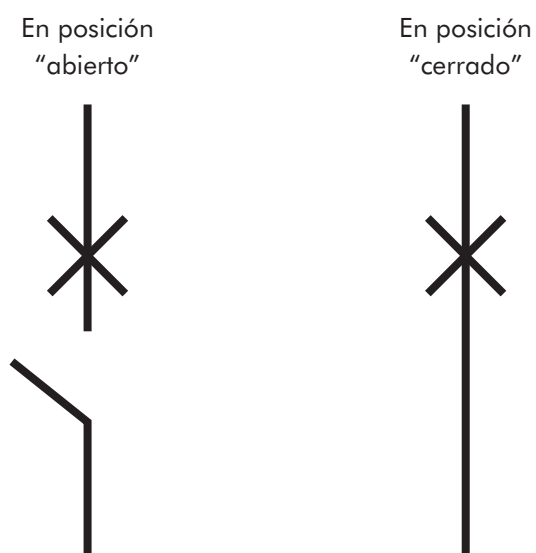
<sup>1</sup> Los interruptores de control de potencia (ICP) no están tratados en este documento. Su función está relacionada con las tarifas y no con la protección.

## 2. TIPOS DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS, NORMAS APLICABLES Y CLASIFICACIÓN

En primer lugar veamos cuál es la definición que dan las normas del dispositivo "interruptor automático":

"Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, así como de establecer, soportar durante un tiempo determinado e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito tales como las de cortocircuito."

El símbolo de un IA es:



Existen dos familias de IA:

- Interruptores automáticos modulares, para aplicaciones domésticas y análogas.
- Interruptores automáticos para aplicaciones industriales y similares.

La figura 1 muestra agrupados IA modulares según la norma UNE-EN 60898-1 e industriales según la norma UNE-EN 60947-2.



Modulares (MCB)



Caja moldeada (MCCB)



Corte al aire (ACB)



Caja moldeada (MCCB)



Corte al aire (ACB)

FIGURA 1  
Grupo de IA según las normas UNE-EN 60898-a y UNE-EN 60947-2

### 2.1. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS MODULARES

Los IA modulares, también denominados “PIA” (pequeño interruptor automático) o “MCB” (del inglés *miniature circuit breaker*), se presentan en “ejecución fija” de 1, 2, 3 o 4 polos apilables de uno en uno. Están provistos de relés magnetotérmicos no regulables, destinados a proteger circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos (véase la *ITC-BT-22 del REBT*). La *figura 2* es una muestra de los mismos.

Su corriente nominal, o asignada, está limitada a 125 A, y la tensión de empleo máxima es 440 V.

Los disparadores o relés de protección no son regulables, tal como se ha indicado.



FIGURA 2  
Ejemplos de IA domésticos (MCB) según la norma UNE-EN 60898-1

---

Además de las funciones de protección contra sobrecorrientes, pueden incorporar módulos y accesorios que realicen otras funciones, por ejemplo:

- Módulo de corriente diferencial residual (protección contra choques eléctricos).
- Contactos auxiliares.
- Mando motorizado.
- Disparadores a emisión y de mínima tensión.
- Etc.

La norma aplicable a estos aparatos es la [UNE-EN 60898-1 Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecorrientes](#).

Es la versión española de la norma europea armonizada [EN 60898-1](#) con el mismo título, derivada a su vez de la norma internacional [IEC 60898-1](#).

El término “análogos” se refiere al tipo de usuario. Los emplazamientos domésticos y las instalaciones del sector terciario tienen en común que el personal que usa y manipula los aparatos eléctricos no posee conocimientos sobre los riesgos de la electricidad, y consecuentemente, los equipos eléctricos en estos entornos han de poseer una mayor protección contra estos riesgos y ser de fácil manejo.

Sin embargo, tal y como se indicaba en la Introducción, estos IA también se emplean en instalaciones industriales, en calibres de hasta 125 A y características apropiadas para las mismas (poder de corte, tipos de bornes y sistemas de conexión, etc.).

## **2.2. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE CAJA MOLDEADA Y DE BASTIDOR METÁLICO**

No están limitados en su corriente asignada, que puede alcanzar varios millares de amperios, mientras que su tensión de empleo puede alcanzar los 1 000 V en corriente alterna o 1 500 V en corriente continua.

## 2. Tipos de interruptores automáticos, normas aplicables y clasificación

Permiten una amplia gama de funciones además de la protección contra sobrecorrientes. La selección, puesta en servicio y utilización es de cierta complejidad, al ser muchas las opciones posibles, lo que hace conveniente la intervención de personal técnico capacitado.

Los disparadores o relés de sobrecarga y los de disparo instantáneo son regulables.

La norma aplicable a estos IA es la [UNE-EN 60947-2](#) *Aparatos de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos*.

Comúnmente se denominan IA industriales, presentando las siguientes modalidades constructivas:

### 2.2.1. Interruptores automáticos de caja moldeada (en inglés, *molded case circuit-breaker, MCCB*)

Es un IA constituido por una envolvente aislante que internamente es a la vez el soporte estructural del mecanismo, los contactos y demás elementos metálicos, formando un conjunto integral ([figura 3](#)).



FIGURA 3  
Interruptores automáticos de caja moldeada (MCCB)

### 2.2.2. Interruptores automáticos al aire (en inglés, *air circuit-breaker, ACB*)

Estos IA también se denominan “IA de bastidor metálico” o “IA abiertos”.

El medio de extinción es el aire; se caracteriza por tener una estructura portante metálica visible desde el exterior (figura 4).

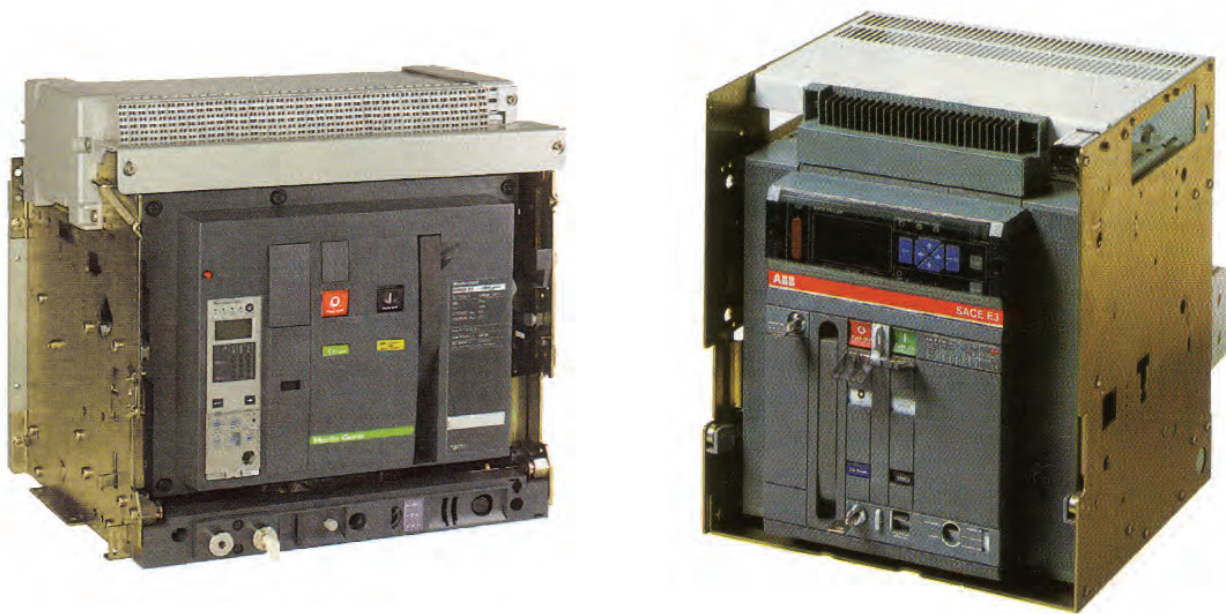


FIGURA 4  
Interruptores automáticos al aire (ACB)



---

Otros criterios de clasificación de los IA industriales son:

- Según la forma de instalación:
  - Fijo.
  - Enchufable.
  - Extraíble.
- Según el número de polos:
  - I, II, III y IV polos.
- Según la categoría de empleo:
  - A: sin previsión de retardo para selectividad.
  - B: con posibilidad de retardo para selectividad.
- Según la capacidad de almacenar energía de maniobra en el mecanismo, posibilitando el cierre a distancia y el reenganche rápido.
- Según las posibilidades de seccionamiento.
- Con o sin previsiones de mantenimiento (los MCCB generalmente no, los ACB sí).
- Según el tipo de disparadores o relés: magnetotérmicos, magnéticos únicamente, electrónicos.
- Según el medio de extinción del arco: aire, vacío o gas.
- Según al grado de protección IP.

### **Tamaño (o calibre)**

Término que designa un grupo de IA con dimensiones comunes dentro de una gama de corrientes asignadas. El tamaño se expresa en amperios, correspondientes a la corriente mayor. En un mismo tamaño la anchura puede variar según el número de polos.

## 3. FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS

---

### 3.1. FUNCIONES

La función principal que caracteriza a los IA es la protección contra sobrecorrientes: sobrecargas y cortocircuitos.

#### Sobrecargas en las líneas (ITC-BT-22 del REBT)

Se pueden presentar en condiciones normales de la instalación<sup>3</sup>; por ejemplo, durante los transitorios de arranque de algunos equipos, cuando se conectan aparatos de mayor potencia a la prevista, o cuando se supera el factor de simultaneidad (estimado menor de uno).

Las sobrecargas se deberán interrumpir antes que la temperatura en los conductores alcance un valor perjudicial para su aislamiento. En consecuencia, el disparo será “de tiempo inverso” o “característica térmica”.

#### Cortocircuitos en las líneas (ITC-BT-22 del REBT)

Corresponden a defectos permanentes debidos a fallo de los aislamientos o interposición de elementos conductores entre partes activas. Es decir, condiciones anormales de la instalación.

En función de la resistencia interpuesta entre las partes activas, o entre estas y tierra, se pueden producir:

- Cortocircuitos francos: resistencia interpuesta prácticamente nula.
- Cortocircuitos resistivos: corriente amortiguada por la resistencia de la falta.

Los cortocircuitos se deben interrumpir siempre (ya que son defectos permanentes) y lo más rápidamente posible para reducir los desperfectos y el riesgo de incendio, aunque por motivos de selectividad se admite la introducción de retardos breves de unos pocos milisegundos hasta un máximo de un segundo.

---

<sup>3</sup> Es decir, sin defecto permanente.

### Protección contra los defectos de aislamiento en los sistemas "TT" (ITC-BT-24 del REBT)

La corriente residual debida a este defecto puede dar lugar a tensiones de defecto en las masas, peligrosas para las personas que puedan establecer contacto con dichas masas.

Las corrientes de fuga originadas en estos defectos son generalmente muy inferiores a la actuación de los relés de sobrecorriente. Únicamente los relés diferenciales las pueden detectar y provocar el disparo del IA.

### Protección por mínima tensión (ITC-BT-47 del REBT)

Esta protección se aplica principalmente en circuitos con motores, para evitar su funcionamiento irregular y re arranques intempestivos ante fallos en la tensión y posterior retorno de la misma.

La actuación del disparador por mínima tensión incorpora en algunos casos retardo regulable entre 0 y 1 segundo para evitar cortes innecesarios ocasionados por huecos de tensión en la red de alimentación.

Los límites de actuación en corriente alterna son:

- Con tensión decreciente deben provocar la apertura entre el 70% y el 35% de  $U_n$ .
- Impedir el cierre del IA con  $U < 35\% U_n$ .
- Con tensión creciente deben permitir el cierre a partir del 85% de  $U_n$ .
- Deben soportar por tiempo indefinido una tensión igual a  $1,1 U_n$ .
- Los relés de tensión nula o de corriente continua tienen otros límites.

#### Seccionamiento (ITC-BT-19 y 32 del REBT)

Se trata de una función de seguridad requerida para poder trabajar en las instalaciones. En especial, en las máquinas de elevación o transporte. Durante los trabajos de revisión y mantenimiento es necesario “separar” la instalación o equipo mediante un seccionador que cumpla las condiciones de la norma [UNE-EN 60947-3 Aparata de baja tensión. Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles](#).

Los IA que también cumplan esta condición se representan:



IA con seccionador abierto



IA con seccionador cerrado

#### Maniobras de conexión y desconexión manual o automática

Aunque no es su función más típica, también se pueden emplear los IA para conectar y desconectar cargas en condiciones normales, cuando las maniobras no sean frecuentes.

Cuando las maniobras a realizar sean elevadas, esta función se deberá encomendar a dispositivos más apropiados, por ejemplo, contactores.

---

## 3.2. CARACTERÍSTICAS

Las principales características de tensión, corriente, actuación frente a los cortocircuitos, etc., que determinan las prestaciones de los IA y que intervienen en su selección, se describen a continuación.

### 3.2.1. Prestaciones asignadas en servicio normal

#### CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA TENSIÓN

##### Tensión asignada de empleo ( $U_e$ )

Valor de tensión que, combinado con la corriente de empleo asignada, determina los ensayos especificados en las normas, las categorías de empleo y la aplicación del IA. Por ejemplo:

- IA modulares:

$$U_e = 230 \text{ V c.a. y } 48 \text{ V c.c. unipolares.}$$

$$U_e = 400 \text{ V c.a. bi-tri y tetrapolares y } 110 \text{ V c.c. bipolares.}$$

- IA industriales:

$$U_e = (230 - 400 - 690 - 1\ 000) \text{ V c.a. y } (250 - 500) \text{ V c.c.}$$

##### Tensión asignada de aislamiento ( $U_i$ )

Es el valor de tensión al que están referidos los ensayos dieléctricos y el aislamiento en las normas (distancias al aire y líneas de fuga entre partes en tensión y a masa). En ningún caso la tensión  $U_e$  puede exceder la  $U_i$ . Por ejemplo:

- IA modulares:

$$U_i = 250 \text{ V c.a. unipolares.}$$

$$U_i = 400 \text{ V c.a. y } 110 \text{ V c.c. bi-tri y tetrapolares.}$$

- IA industriales:

$$U_i = (500 - 690 - 1\ 000) \text{ V c.a. y } (250 - 500 - 1\ 500) \text{ V c.c.}$$

#### Tensión asignada de impulso soportado ( $U_{imp}$ )

Es el valor de cresta de la onda de impulso tipo rayo (1,2/50)  $\mu$ s que el IA soporta en condiciones especificadas. Las distancias al aire están relacionadas con este valor.

Por ejemplo:

- IA modulares:  
Valor típico: 4 kV.
- IA industriales:  
Valores típicos: 6 kV y 8 kV (también 12 kV en IA abiertos).

Estos valores están coordinados con las categorías de aislamiento II, III y IV de la [ITC-BT-23 del REBT](#).

#### CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA CORRIENTE

##### Corriente asignada ( $I_n$ )

Corriente que el IA puede conducir en servicio continuo y en condiciones especificadas. También se denomina corriente ininterrumpida. Esta corriente también es igual a la corriente térmica convencional al aire libre ( $I_{th}$ ).

- IA modulares. Están normalizados, como preferentes, los siguientes valores:  
 $I_n = (6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125)$  A.
- IA industriales. La norma aplicable no establece valores concretos. Los fabricantes adoptan en general valores de la serie de "números normales", por ejemplo:
  - (125, 160, 250, 400, 630, 800, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 200) A en MCCB, y
  - (800, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 000, 4 000, 5000, 6 300) A en ACB.

### Corriente de actuación residual asignada ( $I_{\Delta n}$ )

Es el valor eficaz de la corriente residual (diferencial) asignada por el fabricante que ocasiona el disparo del IA en condiciones especificadas.

Los valores preferentes de dicha corriente residual son:

$$I_{\Delta n} = (0,006 - 0,01 - 0,03 - 0,1 - 0,3 - 0,5 - 1 - 5 - 10 - 30) \text{ A.}$$

### 3.2.2. Prestaciones asignadas en cortocircuito

#### Poder de cierre de cortocircuito asignado ( $I_{cm}$ )

Es el valor de la corriente declarado por el fabricante que el IA puede establecer de forma correcta bajo condiciones de cierre especificadas (tensión, frecuencia y factor de potencia).

El poder de cierre se expresa:

- En valor eficaz en los IA modulares.
- En valor de cresta en los IA industriales.

#### Poder de corte de cortocircuito último asignado ( $I_{cu}$ ) en IA industriales, o poder de corte de cortocircuito asignado ( $I_{cn}$ ) en IA modulares

Es la máxima corriente de cortocircuito que el IA puede interrumpir dos veces según el ciclo "O-t-CO"<sup>4</sup> con la tensión de empleo asignada.

El poder de corte se expresa en kA eficaces simétricos, siendo los valores normalizados:

- IA modulares:  
(1,5 - 3 - 4,5 - 6 - 10 - 15 - 20 - 25) kA.

<sup>4</sup> "O" significa una operación de apertura automática.

"CO" significa una operación de cierre sobre cortocircuito y apertura automática subsiguiente.

"t" es el intervalo entre dos operaciones, normalmente  $t = 3$  minutos.

- IA industriales:

La norma [UNE-EN 60947-2](#) no indica valores recomendados ya que son muy variados, según las tensiones y las diversas ejecuciones, y no siempre corresponden a “números normales”. Las tablas facilitadas por los fabricantes muestran esta gran variedad de valores.

#### Poder de corte de servicio asignado ( $I_{cs}$ )

Es la máxima corriente de cortocircuito que el IA puede cortar tres veces, según el ciclo “O-t-CO-t-CO”<sup>5</sup> con la tensión asignada de empleo ( $U_e$ ). Este concepto es el mismo en los IA industriales y en los modulares, expresado en kA eficaces<sup>6</sup> simétricos.

#### Corriente de corta duración soportada asignada ( $I_{cw}$ )

Es la corriente de cortocircuito que un IA en posición cerrado puede soportar en condiciones prescritas (se aplica únicamente a los IA industriales).

Esta característica es fundamental para conseguir un comportamiento selectivo con otros IA aguas abajo.

Viene dada en kA eficaces asociados a un tiempo, a escoger por el fabricante entre (0,05 – 0,1 – 0,25 – 0,5 – 1) segundo.

#### Categorías de utilización

Se refieren a la aptitud de incorporar retardos en la interrupción de cortocircuitos para conseguir selectividad con los IA en serie aguas abajo. (Aplica sólo a IA industriales.)

<sup>5</sup> En los IA domésticos existen 2 ciclos:

- “O-t-O-t-CO” IA uni y bipolares.
- “O-t-CO-t-CO” IA tripolares y tetrapolares.

<sup>6</sup> Entre los valores  $I_{cn}$ ,  $I_{cu}$  e  $I_{cs}$  existen relaciones normalizadas:

- IA modulares:

$I_{cn}$	1,5	3	4,5	6	10	15	20	25	kA
$I_{cs}$	1,5	3	4,5	6	7,5	7,5	10	12,5	

- IA industriales:

$I_{cs}/I_{cu}$ : (0,25 – 0,5 – 0,75 – 1) categoría A.  
(0,5 – 0,75 – 1) categoría B.

---

### Categoría A

IA no específicamente adecuados para ser selectivos ante cortocircuitos con otros dispositivos en serie aguas abajo.

Es decir, no poseen una corriente  $I_{cw}$  soportada.

### Categoría B

IA específicamente adecuados para ser selectivos ante cortocircuitos, con otros dispositivos en serie aguas abajo.

Están equipados con un retardo breve del disparo por cortocircuito. Estos IA tienen definido un valor de corriente de cortocircuito de corta duración ( $I_{cw}$ ) asignada.

### 3.2.3. Características de los disparadores

Los “disparadores”, también denominados relés, son dispositivos mecánicamente conectados al IA que actúan sobre el mecanismo de retención del mando permitiendo el cierre o la apertura del IA.

Existen los siguientes tipos de disparadores en los IA industriales:

- Disparadores de maniobra. Bobinas a emisión de cierre (BC) y de apertura (BA)<sup>7</sup>.
- Disparadores de protección. De tensión mínima (mT) o de corriente: térmico (T) y magnético (M).
- Los disparadores de protección ante sobrecorrientes pueden ser: magnetotérmicos (MT), sólo magnéticos (M) o electrónicos (E).
- También de corriente residual diferencial (DIF).

Los IA modulares equipan:

- Disparadores magnetotérmicos (MT).
- Disparadores diferenciales (DIF) mediante bloque modular acoplable a algunos diseños.

---

<sup>7</sup> La norma UNE-EN 60898-1 de IA modulares no prevé estas aplicaciones. Sin embargo, algunos IA de este tipo denominados “accesorios” las incorporan.

Veamos algunas características de los disparadores indicados.

#### a) Disparadores de tensión

Aplicables únicamente a IA industriales (según la norma [UNE-EN 60947-2](#)).

Tensión asignada del circuito de mando (valores normalizados):

- (24 – 48 – 110 – 125 – 220 – 250) V c.c.
- (24 – 48 – 110 – 127 – 220 – 230) V c.a. monofásica.

Las tensiones de actuación de los disparadores para tensión mínima, tal como se ha indicado anteriormente son:

- Apertura entre 70% y 35%  $U_n$ .
- Cierre impedido para  $U < 35\% U_n$ .
- Cierre posible para  $U = 80\% U_n$ .

#### b) Disparadores de corriente

- Corriente de regulación ( $I_r$ )

Aplicable a los IA industriales.

Es el valor ajustado en el campo de posibilidades de los disparadores (o relés) ajustables.

- Corriente convencional de no intervención ( $I_1$ ) de los relés térmicos

Corriente que partiendo del interruptor cerrado a temperatura ambiente no provoca la apertura en el tiempo convencional ( $t_c$ ) ([figura 6](#)).

- Corriente convencional de intervención ( $I_2$ ) en el tiempo convencional

Corriente que partiendo del interruptor cerrado en caliente, por el paso de ( $I_1$ ) durante ( $t_c$ ), provoca la apertura del IA dentro del tiempo convencional ( $t_c$ ) ([figura 6](#)).

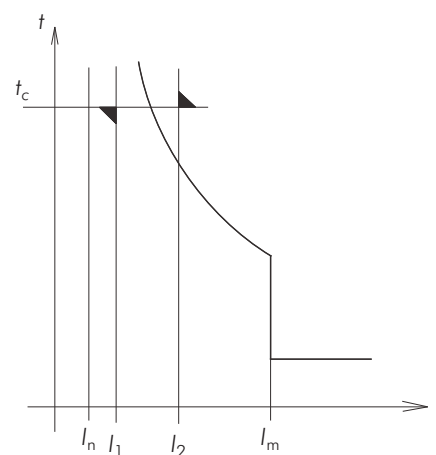


FIGURA 6  
Corrientes y tiempos convencionales

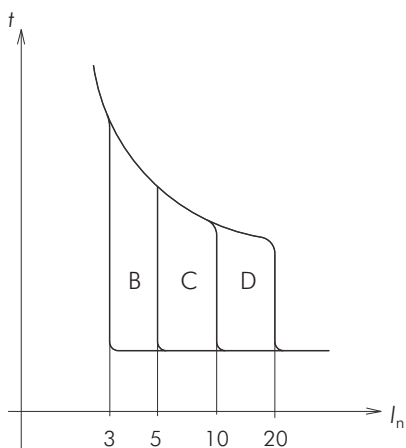


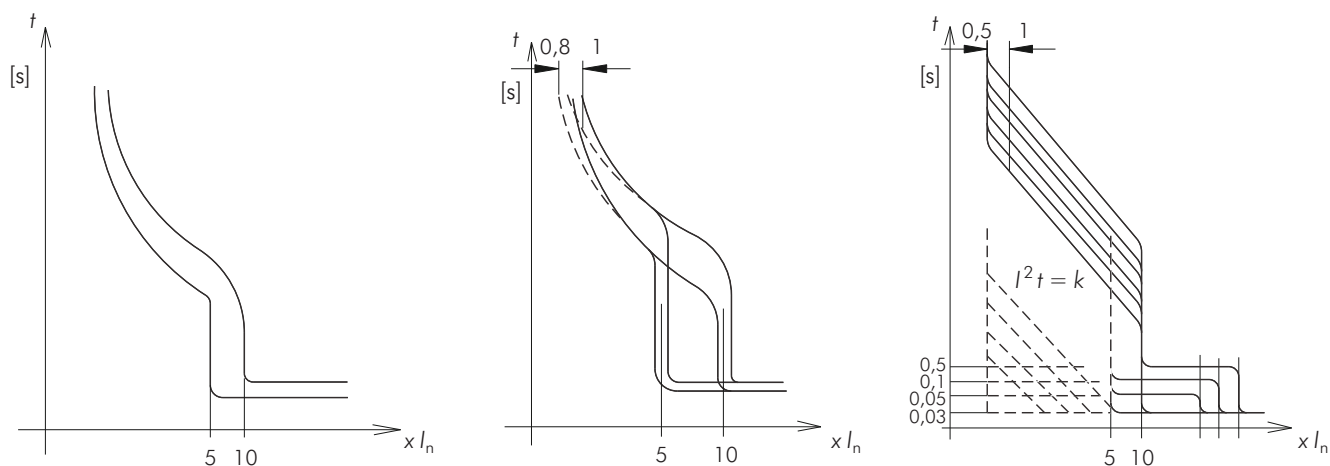
FIGURA 7  
Tipos de disparo magnético en IA domésticos

- Corriente de funcionamiento instantáneo ( $I_m$ )

Es la corriente asociada a la actuación del relé magnético en el que el fenómeno físico de atracción de la armadura móvil se produce sin retardo. En los IA domésticos se distinguen tres tipos de disparo magnético: B, C y D (figura 7).

Los disparadores de los IA modulares son magnetotérmicos (MT) fijos (sin regulación).

Los disparadores de los IA industriales son magnetotérmicos (MT) regulables en algunos calibres bajos de caja moldeada (MCCB), generalmente  $I_n = 400$  A, mientras que los de calibres superiores y los de "tipo abierto" (ACB) son electrónicos con múltiples funciones y retardos y amplias posibilidades de regulación (figura 8).



Relé MT fijo en IA modulares

Relé MT regulable en IA industriales  
MCCB  $I_n \leq 400$ A

Relé electrónico en IA industriales

FIGURA 8  
Tipos de disparadores en IA modulares e IA industriales

Los valores normalizados de  $I_1$ ,  $I_2$  y  $t_c$  en los IA modulares e industriales están representados en las siguientes tablas:

#### IA modulares

UNE-EN 60898-1			
Calibre (A)	$I_1$	$I_2$	$t_2$ (h)
$I_n \leq 63$	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	1
$I_n > 63A$	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	2

#### IA industriales

UNE-EN 60947-2			
Calibre (A)	$I_1$	$I_2$	$t_2$ (h)
$I_n \leq 63$	$1,05 I_n$	$1,30 I_n$	1
$I_n > 63A$	$1,05 I_n$	$1,30 I_n$	2

#### 3.2.4. Características de limitación

Aplicables a los IA limitadores. Proporcionan información sobre la corriente de cresta o corriente cortada en función de la corriente de cortocircuito prevista comparada con el valor de cresta que se tendría en ausencia del IA limitador.

La limitación es más acusada cuanto menor es el calibre del IA (figura 9).

La corriente de cresta es tanto más elevada cuanto menor sea el  $\cos \varphi_{cc}$ , el cual a su vez es tanto más bajo cuanto mayor sea la  $I_{cc}$ . El factor ( $n$ ) por el que se deberá multiplicar el valor eficaz simétrico para tener el de cresta, según la norma [UNE-EN 60947-2](#), está indicado en la siguiente tabla:

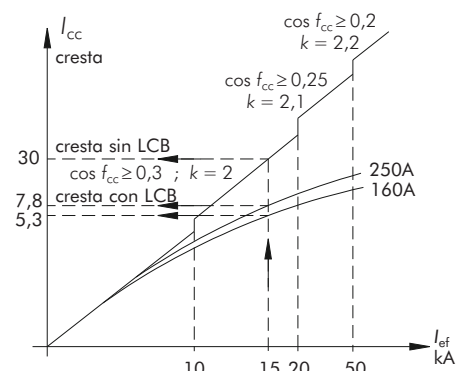


FIGURA 9  
Características de limitación

Poder de corte / $kA_{ef.sim}$	$4,5 \leq I < 6$	$6 \leq I < 10$	$10 \leq I < 20$	$20 \leq I < 50$	$50 < I$
$\cos \varphi_{cc}$	0,7	0,5	0,3	0,25	0,2
$n_{mínimo}$	1,5	1,7	2	2,1	2,2

Siendo  $n$  = poder de cierre en cortocircuito / poder de corte en cortocircuito.

En la figura 9 se representa el efecto limitador de dos IA de  $I_n = 160$  e  $I_n = 250$  A. Sin limitador la cresta sería de 30 kA, mientras que si la instalación estuviera protegida con los limitadores indicados la máxima corriente sería de 5,3 kA o 7,8 kA, respectivamente.

Los coeficientes de esta tabla son también los que relacionan el poder de cierre de un IA a partir de su poder de corte. Por ejemplo, un IA con una  $I_{cu} = 30$  kA deberá tener un poder de cierre mínimo  $I_{cm} = 2,1 \cdot 30 = 63$  kA de cresta.

Esta característica se comprueba en el ensayo según el ciclo O-t-CO, ajustando el  $\cos \varphi_{cc}$  del circuito de ensayo de modo que se tenga una corriente eficaz simétrica de 30 kA y una cresta en una de las fases no inferior a 63 kA.

En general, el cumplimiento de  $I_{cn} > I_{cc}$  prevista implica el de  $I_{cm} > I_{cc}$  prevista de la cresta; es decir, eligiendo el poder de corte adecuado, el poder de cierre asociado suele ser suficiente.

Sin embargo, conviene tener en cuenta que en algunos casos puede ser necesario comprobar que el poder de cierre del IA elegido sea capaz cuando se tengan características particulares de la instalación. El poder de cierre requerido puede ser más elevado que los factores indicados en la tabla, debido a:

- La instalación de un  $\cos \varphi_{cc}$  especialmente bajo.
- La presencia de motores BT de potencia significativa.
- La presencia de generadores BT en paralelo con la red.

### 3.2.5. Características $I^2t$ de un IA

También denominada *Integral de Joule*, se trata de una información facilitada por los fabricantes, en forma de gráficos o tablas, del valor máximo de  $I^2t$  referido al tiempo de interrupción, en función de la corriente  $I_{cc}$  prevista (en valor eficaz simétrico) hasta la corriente de poder de corte del IA para cada tensión de empleo.

Esta información es muy útil para la evaluación de la protección por el IA de canalizaciones, aparatos, etc., contra los efectos de los cortocircuitos y la selectividad entre dispositivos de protección.

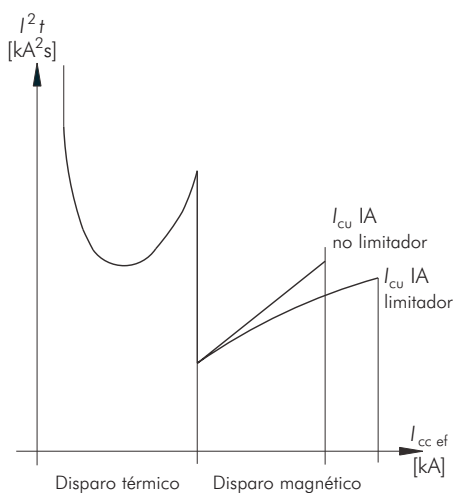


FIGURA 10  
Características  $I^2t$  en IA industriales

### 3.3. COORDINACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Coordinación de dos o más dispositivos de protección contra sobrecorrientes con vistas a asegurar la “selectividad” o la “protección en serie” o de acompañamiento.

#### 3.3.1. Selectividad

Es la actuación coordinada de dos o más dispositivos de protección contra sobrecorrientes, IA o F, de modo que al producirse una sobrecorriente (sobrecarga o cortocircuito) actúa únicamente el aparato previsto (generalmente el situado inmediatamente “aguas arriba”) (figura 11). La selectividad puede ser:

- “Total”: cuando únicamente abre “C” para cualquier valor de  $I$  inferior a su poder de corte.
- “Parcial”: cuando dispara “C” hasta un valor determinado y a partir de este actúan también otros IA en serie A, B...

La selectividad total requerirá generalmente el empleo de retardos en los IA “aguas arriba”.

La selectividad parcial se mejora con el empleo de las características  $I^2t = K$  con relés electrónicos.

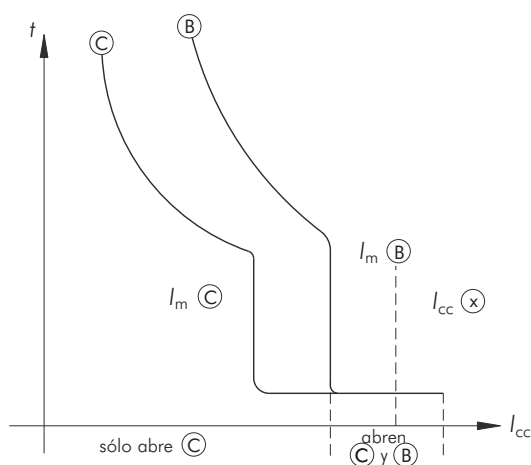


FIGURA 12  
Selectividad parcial

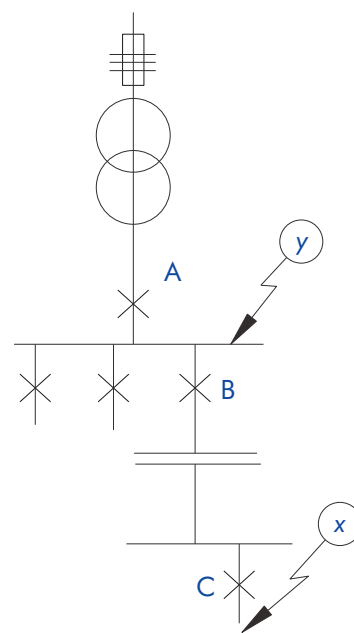


FIGURA 11  
Selectividad

En la figura 13 se muestra cómo se consigue que A y B sean selectivos aplicando un retardo  $\Delta t$  en A y asociando al disparo instantáneo  $I_m$  de A una característica  $I^2t = K$ .

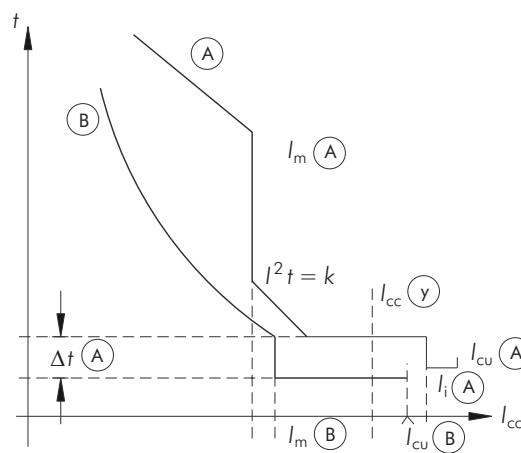


FIGURA 13

### 3.3.2. Protección "en serie"

La protección "en serie" (en inglés *back-up protection* y en francés *protection d'accompagnement*) es la coordinación entre dos IA en serie en la que un IA con poder de corte inferior a la  $I_{cc}$  prevista "es ayudado" por otro IA (generalmente aguas arriba) en la interrupción de corrientes superiores a su poder de corte  $I_{cu}$  e  $I_{cn}$ .

En la figura 14 se muestra el caso en el que se ha calculado una corriente de cortocircuito en Y de 56 kA, eligiendo por tanto una  $I_{cu} = 65$  kA para los IA A y B.

Según la información del fabricante, un IA D con  $I_{cn} = 30$  kA "será ayudado" por el A para cortar todas las corrientes superiores a 30 kA hasta los 56 kA.

Tanto la selectividad como la protección en serie deben basarse en información facilitada por los fabricantes; por ello, no se podrá mezclar información de selectividad y de protección en serie a IA de fabricantes distintos.

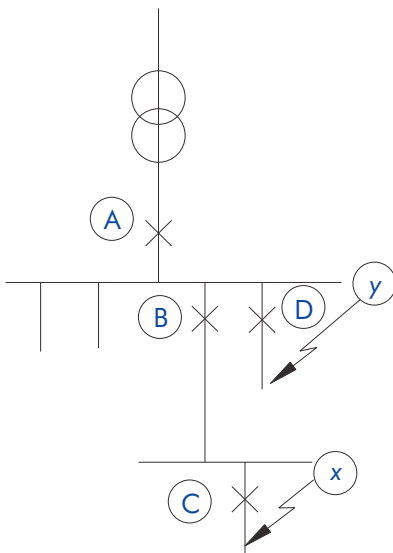


FIGURA 14

## 4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

### 4.1. IA MODULARES

La selección de estos IA es más sencilla que la de los “industriales”, puesto que es menor el número de variables a definir y de opciones.

De un modo general, los valores a precisar son:

- a) Tensión  $U_e$  c.a. o c.c. y valor.
- b) Número de polos y esquema de distribución.
- c) La corriente en función de los equipos o circuitos a alimentar<sup>8</sup>.
- d) El poder de corte en cortocircuito.
- e) La característica de disparo magnético.
- f) Las exigencias de selectividad.
- g) Otras funciones (IA accesoriables o no).

En los IA modulares la respuesta más usual es:

- a)  $U_e = 230$  V en suministros monofásicos; 400 V en trifásicos.
- b) Sistema TT: II, III y IV polos (este sistema es mayoritario en España).  
La distribución de BT de las empresas eléctricas es en TT.  
TN-C: I y III polos (este sistema se puede aplicar con trafo MT/BT propio).  
TN-S: II y IV polos (*ídem* anterior); también III polos en circuitos de motor.  
IT: II, III y IV polos.  
En c.c.: I o II polos; en algunos casos (220 V c.c), 4 polos en serie.
- c) Los relés térmicos de los IA modulares no son regulables; por consiguiente, conocida la corriente de las cargas o la potencia se deberá elegir el IA cuyo calibre sea el inmediato superior a dicha intensidad.

<sup>8</sup> Cuando se trate de equipos formados por varios IA agrupados, el calentamiento mutuo puede modificar el disparo térmico y la corriente de empleo máxima. En estos casos se deberán consultar las tablas facilitadas por los fabricantes.

En el caso más frecuente de protección de una línea, se deberá verificar el cumplimiento de la condición exigida en la [ITC-BT-22 del REBT](#) de protección del cable contra sobrecargas.

$$1,45 I_z > I_2$$

$I_z$ : máxima corriente admisible por el conductor.

$I_2$ : corriente convencional de intervención.

d) La condición a cumplir y que define el poder de corte necesario es:

Poder de corte<sup>9</sup>  $I_{cn} > I_{cc}$  prevista en el punto de instalación del IA.

En el Anexo II se describe un procedimiento de cálculo simplificado de las corrientes de cortocircuito.

En la elección de los IA modulares (aplicaciones domésticas y análogas) puede presentarse la circunstancia de la duplicidad de poderes de corte obtenidos según la norma de referencia [UNE-EN 60898-1](#) o la [UNE-EN 60947-2](#). Ello supone tener para un mismo IA:

$I_{cn} = 6\,000$  A según [UNE-EN 60898-1](#), e  $I_{cu} = 10\,000$  A según [UNE-EN 60947-2](#).

El origen de esta diferencia de poder de corte de un mismo aparato es debido a la mayor exigencia de los ensayos de cortocircuito de la norma [UNE-EN 60898-1](#) (uso doméstico y análogo) respecto a la de la norma [UNE-EN 60947-2](#) (uso industrial).

Los emplazamientos domésticos y las instalaciones del sector terciario tienen en común que el personal que usa o manipula los aparatos eléctricos no posee conocimientos sobre los riesgos de la electricidad. Consecuentemente, los equipos eléctricos de estos entornos deben poseer una mayor protección contra estos riesgos y ser de fácil manejo.

En resumen:

- En instalaciones domésticas y análogas (uso terciario) la norma de referencia a utilizar es la [UNE-EN 60898-1](#).

<sup>9</sup> De los dos poderes de corte  $I_{cn}$  e  $I_{cs}$  definidos en la norma [UNE-EN 60898-1](#), se suele emplear el poder de corte asignado  $I_{cn}$ , ya que los cortocircuitos de valor elevado ocurren raramente. El poder de corte de servicio  $I_{cs}$  se aplicaría en aquellos casos especiales con mayor probabilidad de que se produzcan defectos en la instalación o cuando se trate de instalaciones particularmente críticas a juicio del proyectista.

- En instalaciones industriales, la norma de referencia a utilizar para los IA modulares puede ser la [UNE-EN 60898-1](#) o la [UNE-EN 60947-2](#). En este caso es necesario que el proyectista especifique en el proyecto cuál de las dos normas debe tomarse como referencia.
  - Como norma general, si no hay garantía de que el personal que manipule los IA esté suficientemente formado y la instalación está mantenida de forma adecuada, debe utilizarse siempre como referencia la norma [UNE-EN 60898-1](#).
- e) La característica de disparo magnético se elegirá optimizando dos conceptos que inciden de forma opuesta, es decir, mediante el equilibrio entre lo siguiente:
- Los cortocircuitos se deben eliminar lo más rápidamente posible, es decir, con disparo magnético regulado bajo.
  - Se deben evitar disparos intempestivos por transitorios de funcionamiento normal, es decir, con disparo magnético regulado alto.

La aplicación genérica de las características "B", "C" y "D" sería:

- Característica "B":  $I_m = (3 \div 5) I_n$ , de aplicación en circuitos sin transitorios.
- Característica "C":  $I_m = (5 \div 10) I_n$ , de aplicación en circuitos con carga mixta.
- Característica "D":  $I_m = (10 \div 20) I_n$ , de aplicación en circuitos con transitorios importantes.

La característica "C" es la que interesa en la mayoría de casos, ya que la carga mixta es la más frecuente.

Otra utilidad de la característica de disparo magnético es la protección frente al "cortocircuito mínimo", que es el que se tiene en caso de falta al extremo de la línea y que puede ocasionar:

- Daños en el cable.
- Riesgo de incendio por arco no extinguido rápidamente.

---

La condición a cumplir es:

$$I_{cc} \text{ mínimo} > I_m \text{ del IA de protección}$$

Por ejemplo, para un IA con característica "C", la expresión será  $I_{cc} \text{ mínimo} > 10 I_n$ .

- f) La selectividad con IA domésticos será sólo amperimétrica, ya que no está previsto que lleven retardo. Cuando los calibres sean muy distintos es posible tener selectividad energética basada en la  $I^2t$ .

La información de "selectividad energética" (comparación de los valores de  $I^2t$ ) deberá ser facilitada por los fabricantes.

- g) En aplicaciones puramente domésticas no requerirán otras funciones que las indicadas. En aplicaciones en el sector terciario y en instalaciones industriales, pueden ser de utilidad las funciones adicionales que ofrecen los "IA accesoriables" (contactos de señalización, accionamiento motorizado, tipos de bornes y conexiones especiales, bloque diferencial, etc.).

## 4.2. IA DE CAJA MOLDEADA Y DE BASTIDOR METÁLICO

Las variantes son muy amplias tanto en ejecuciones como en magnitudes asignadas y accesorios que pueden incorporar. Una idea de ello está reflejada en el tamaño de la norma que los define, la [UNE-EN 60947-2](#), que tiene una extensión de 222 páginas.

Una primera discusión que deberá adoptar el proyectista sería elegir entre las dos formas constructivas, es decir:

- IA de caja moldeada (MCCB), o
- IA de corte al aire (ACB).

Hace algunos años, los MCCB no superaban los 1 250 A mientras que los ACB alcanzaban los 5 000 A. Ambos han incrementado su corriente asignada  $I_n$ , que es el parámetro que condiciona el tamaño del IA.

Actualmente los calibres disponibles son:

- MCCB  $\leq$  3 200 A.
- ACB  $\leq$  6 300 A.

El cuadro siguiente resume algunas de las diferencias más significativas de los valores de tensión asignados:

Magnitud	ACB	MCCB
$U_e$ (V)	1 000	690
$U_i$ (V)	1 000	690
$U_{imp}$ (kV)	12	8

Respecto las prestaciones se puede señalar lo siguiente:

Los ACB frecuentemente:

$$I_{cs} = I_{cu} = I_{cn} \text{ en los automáticos no limitadores}$$

Los ACB, a igualdad de calibre, tienen un volumen mayor que los MCCB. Esto permite incorporar más accesorios simultáneamente (figura 15) que en los MCCB, en los que un alojamiento es común a distintos accesorios [por ejemplo, el disparador de mínima tensión (mT) y el disparador a emisión (BA) no pueden coexistir].

De otra parte, los IA de caja moldeada (MCCB) tienen algunas ventajas comparativas, como por ejemplo:

- Un menor volumen, permitiendo instalaciones más compactas en una celda, y por tanto, cuadros más compactos.
- Mayor número de tamaños y calibres.
- Menores distancias de aislamiento.
- A igualdad de calibre y ejecución, el precio es menor.

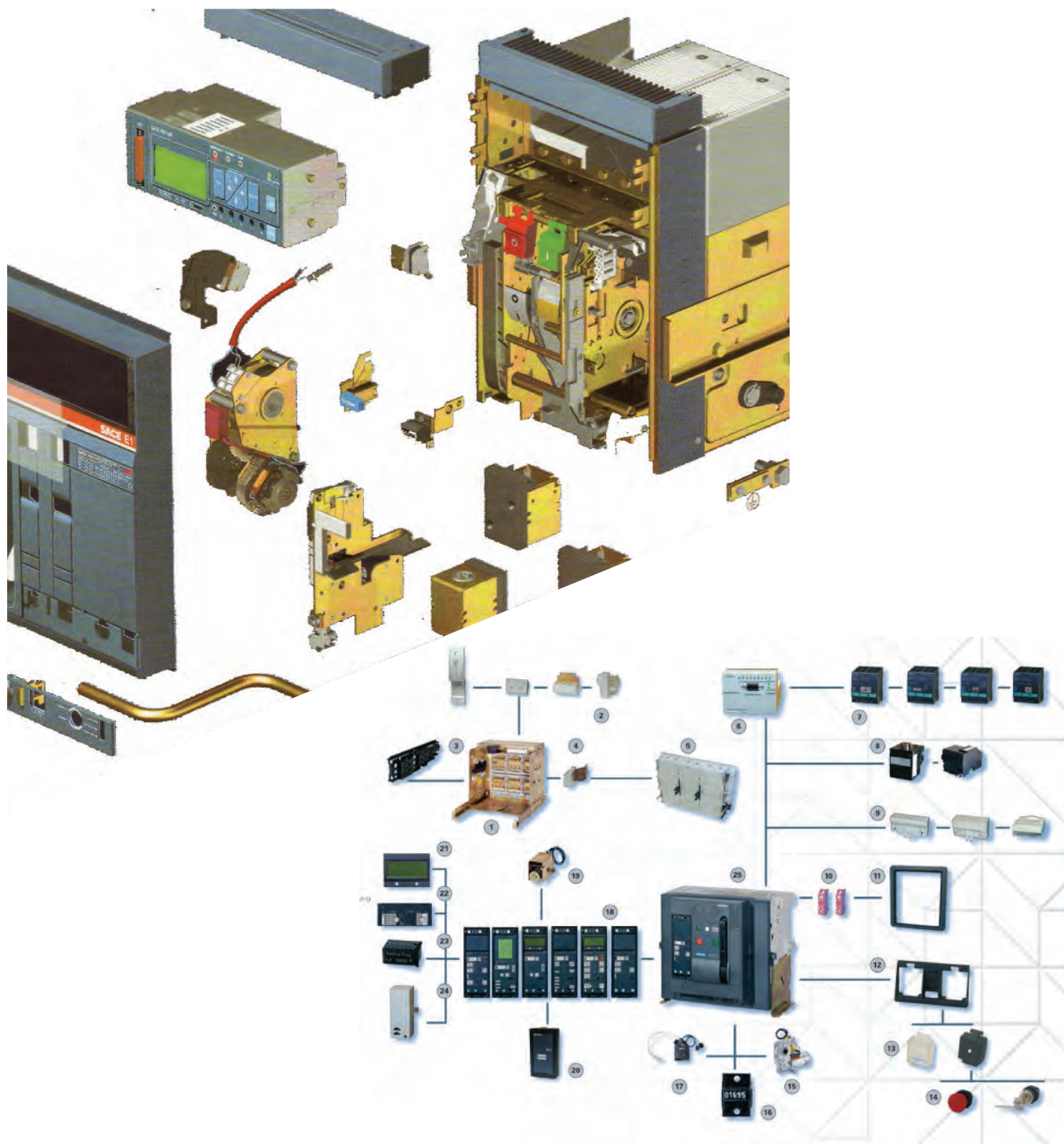


FIGURA 15  
Accesorios múltiples en los (ACB)

### Relés de protección

En los MCCB de calibres hasta 250 A, que por economía y simplicidad mantienen la versión de relés magnetotérmicos regulables, los márgenes de regulación típicos son (figura 16):

- Disparador térmico:  $I_r (0,8 \div 1) I_n$  y  $(0,5 \div 1) I_n$ .
- Disparador magnético:  $I_{rm} = (5 \text{ a } 10) I_n$ .

Los IA de tipo ACB y los de tipo MCCB de  $I_n = 400$  A equipan prácticamente de forma exclusiva relés electrónicos a microprocesador. Estos disparadores pueden gestionar más funciones que los magnetotérmicos, como por ejemplo (figura 17):

- Multiplicidad de curvas de sobrecarga (disparo térmico).
- Múltiples valores de ajuste del disparo instantáneo.
- Varios niveles de breve retardo para selectividad total.
- Características  $I^2 t = k$  para mejoras de la selectividad parcial.
- Características de disparo por corriente residual diferencial para protección de personas y contra incendios.
- Posibilidad de incorporar características  $I^2 t = k$  también en la protección diferencial, mejorando la selectividad.
- Protección direccional (en cortocircuitos y defectos a tierra).
- Etc.

### Elección del poder de corte

Como se ha dicho, la norma [UNE-EN 60947-2](#) aplicable define dos poderes de corte de cortocircuito:

- $I_{cu}$ : poder de corte último.
- $I_{cs}$ : poder de corte de servicio.

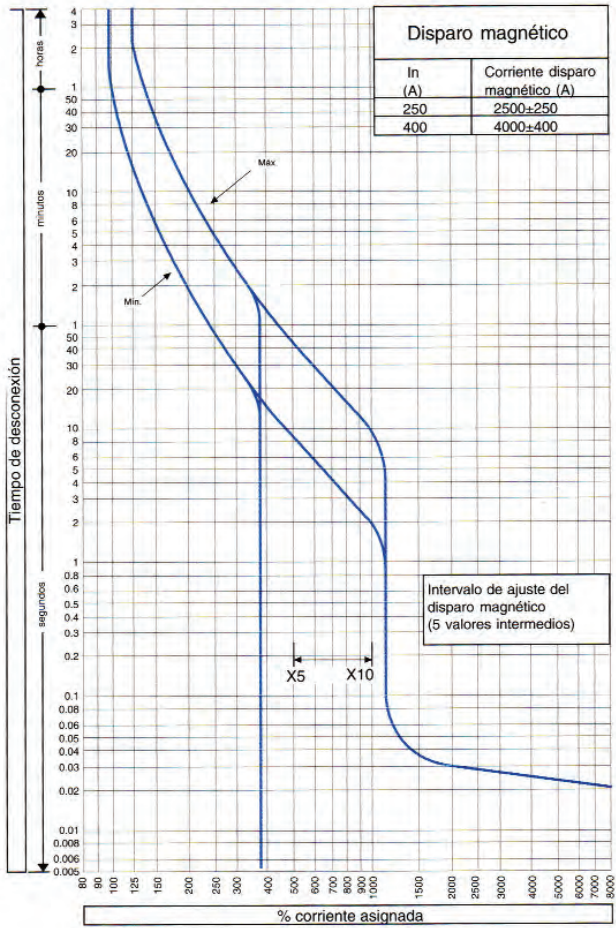


FIGURA 16  
Curvas de actuación de un disparador de un magnetotérmico

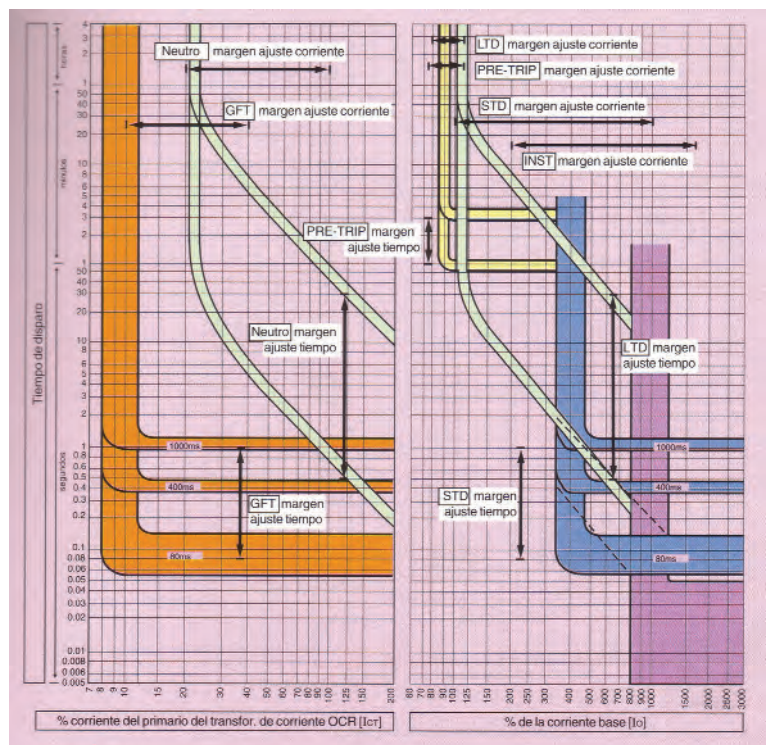


FIGURA 17  
Curvas de actuación de un disparador estático ( $\mu_p$ )

De un modo general se elegirá el IA que cumpla:

$$I_{cu} > I_{cc} \text{ prevista}$$

es decir:

poder de corte último > corriente de cortocircuito  
prevista en el punto de instalación del IA

Otra posibilidad sería:

$$I_{cs} > I_{cc} \text{ prevista}$$

En la toma en consideración de la  $I_{cs}$  por parte del proyectista intervendrán varios factores, entre los que pueden citarse:

- Las exigencias de selectividad o protección en serie (esquema de la instalación y posición del IA en el mismo).
- La importancia económica y estratégica de los equipos alimentados.
- La probabilidad de las faltas.
- Las consideraciones de tipo económico.

El esquema de la [figura 18](#) representa un caso posible y una propuesta de elección de tipos y prestaciones:

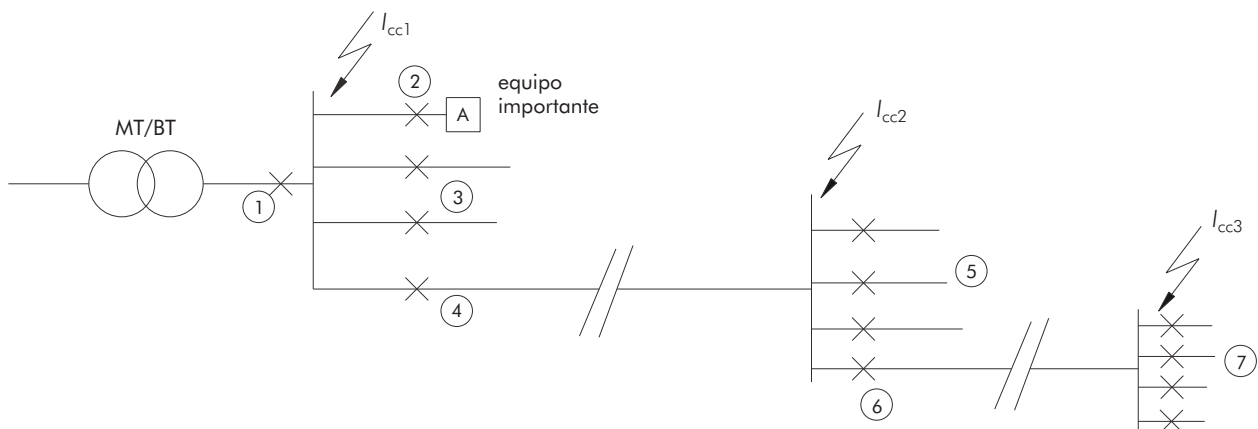


FIGURA 18  
Esquema unifilar. Selección de los IA

---

Propuesta:

- ① IA tipo ACB; con  $I_{cs} > I_{cc1}$ ;  $I_{cw} = I_{cs}$ ; con relé selectivo.
- ② IA tipo ACB; con  $I_{cs} > I_{cc1}$ .
- ③ IA tipo MCCB quizás con limitador LCB  $I_{cu} > I_{cc1}$ .
- ④ IA tipo ACB;  $I_{cs} > I_{cc1}$ ;  $I_{cw} = I_{cs}$  con relé selectivo.
- ⑤ IA tipo MCCB;  $I_{cu} > I_{cc2}$ .
- ⑥ IA tipo MCCB; con  $I_{cs} > I_{cc2}$  con relé selectivo ( $t-l$ ) e  $I^2t = k$ .
- ⑦ IA tipo MCB;  $I_{cn} > I_{cc3}$ .

La elección entre IA de caja moldeada (MCCB) o corte al aire (ACB) se efectuará teniendo en cuenta:

- La corriente asignada.
- La necesidad de una  $I_{cw}$  para selectividad.
- Los accesorios y auxiliares a incorporar.
- Las condiciones de utilización que aconsejan IA con mantenimiento posible.
- Aspectos económicos.

## COMENTARIO FINAL

Debido a las múltiples posibilidades de estos IA en lo relativo a prestaciones así como en ejecuciones, tipos de bornes, accesorios y otros auxiliares, es recomendable, en casos complejos, la consulta al fabricante para la selección más apropiada.

## ANEXO I. SÍMBOLOS UTILIZADOS

---

ACB : IA al aire (*air circuit breaker*).

$e_{cc}$  : tensión de cortocircuito de un generador.

F : fusible.

IA : interruptor automático.

$I_1$  : corriente convencional de no intervención en el tiempo convencional.

$I_2$  : corriente convencional de intervención en el tiempo convencional.

$I_{cc}$  : corriente de cortocircuito en el punto de instalación del IA (también  $I_{cc \text{ máx}}$ ).

$I_{cc \text{ mín}}$  : corriente de cortocircuito en el extremo de la línea.

$I_{cm}$  : poder de cierre de cortocircuito asignado.

$I_{cn}$  : poder de corte asignado según UNE-EN 60898-1 (modulares).

$I_{cs}$  : poder de corte de servicio asignado según UNE-EN 60898-1 y UNE-EN 60947-2.

$I_{cu}$  : poder de corte último asignado según UNE-EN 60947-2 (industriales).

$I_{cw}$  : corriente de corta duración asignada.

$I_m$  : corriente de disparo magnético, no regulable.

$I_n$  : corriente asignada.

$I_r$  : corriente de regulación de disparo térmico.

$I_{rm}$  : corriente de regulación del disparo magnético.

$I_{th}$  : corriente térmica al aire libre.

$I^2 t$  : energía específica de actuación o soportada.

LCB : IA limitador (*limiting circuit breaker*).

MCB : IA miniatura o modular (*miniature circuit breaker*).

MCCB : IA de caja moldeada (*molded case circuit breaker*).

$t_c$  : tiempo convencional.

$U_e$  : tensión de empleo asignada.

$U_i$  : tensión de aislamiento asignada.

$U_{imp}$  : tensión de impulso soportado asignada.

$u_{cc}$  : tensión de cortocircuito de un transformador.

## ANEXO II. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para la elección del poder de corte de los IA, así como para el dimensionado de otros componentes de los circuitos (cables, conductos de barras, transformadores de medida, interruptores, etc.), es necesario conocer el valor de la corriente de cortocircuito prevista que deben soportar.

La norma [UNE 21240 Guía de aplicación para el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas radiales de baja tensión](#), correspondiente a la [IEC 60781](#), proporciona el método de cálculo preciso de estas corrientes aplicando el método de las componentes simétricas.

A continuación se describe un procedimiento simplificado, válido en la mayoría de casos, que conduce a valores del lado de la seguridad, ya que los valores obtenidos son ligeramente más altos que los que se obtendrían aplicando la guía citada.

En la práctica es necesario determinar dos valores de corriente de cortocircuito:

### Cortocircuito máximo ( $I_{cc \text{ máx}}$ )

Es el cortocircuito en los bornes de salida del IA, necesario para definir su poder de corte.

$$I_{cn} \text{ ó } I_{cu} = I_{cc \text{ máx}}$$

### Cortocircuito mínimo ( $I_{cc \text{ mín}}$ )

Es el cortocircuito asignado al final de una línea (por ejemplo, en los bornes del equipo de utilización), dando lugar a una corriente amortiguada por la impedancia de la línea.

La protección correcta requiere que los relés instantáneos (magnéticos) disparen con esta corriente, es decir:

### Con IA modulares

$I_{cc \text{ mín}} > 10 I_n$  con IA de característica "C", que es la más general.

En algunos casos puede ser conveniente emplear "B" o "D", en cuyo caso se debería cumplir:  $I_{cc \text{ mín}} > 5 I_n$  y  $I_{cc \text{ mín}} > 20 I_n$ , respectivamente.

Con IA industriales (MCCB o ACB)

$I_{cc \text{ mín}} > 1,2 I_{rn}$   
 (ya que los relés magnéticos tienen una tolerancia  $\pm 20\%$ ).

Procedimiento de cálculo de  $I_{cc \text{ máx}}$

Aplicado, por ejemplo, al esquema típico siguiente (figura 19):

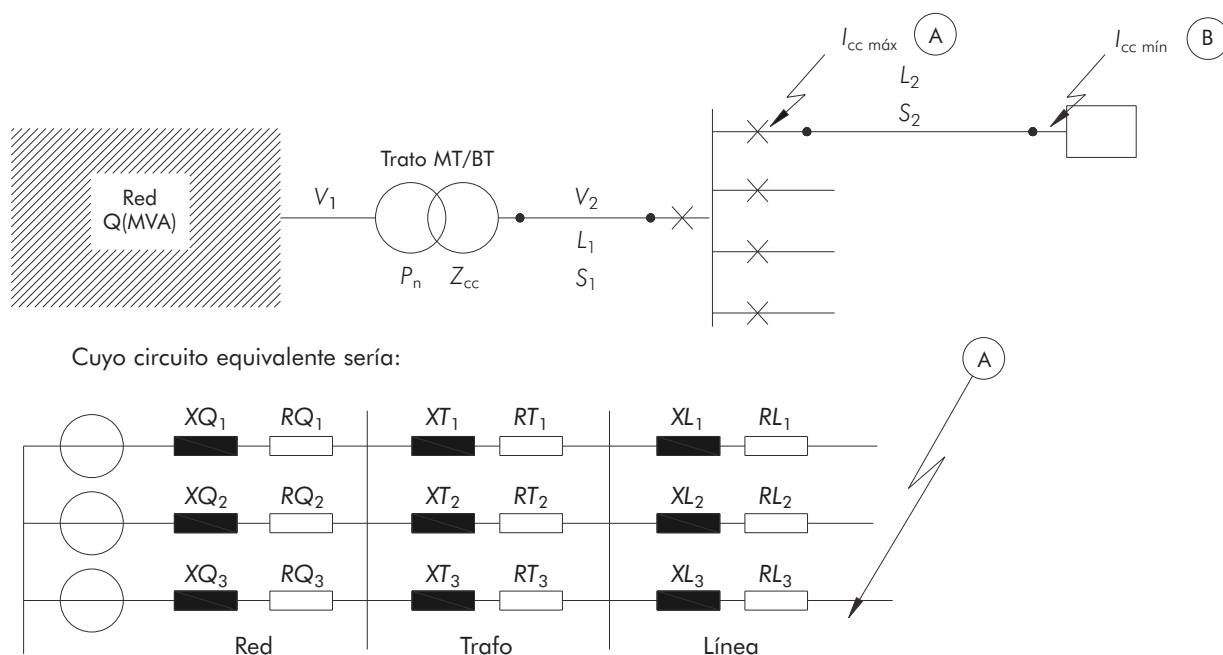


FIGURA 19

El cortocircuito trifásico en A será:

$$I_{ccIII} = cU / \sqrt{3} Z_c \text{ (kA)} \quad (U_{cu} \text{ en kV y } Z_c \text{ en ohm)} \quad c = (0,95 - 1 - 1,05)$$

Siendo la impedancia:

$$Z_c = [(R_Q + R_T + R_L)^2 + (X_Q + X_T + X_L)^2]^{1/2}$$

Todos los valores de R y X deberán referirse a la misma tensión  $U = 400V$ .

Las impedancias implicadas se obtienen siguiendo el procedimiento del [Report R 064-003 de CENELEC](#):

### Impedancia de la red $Z_Q$

A partir de la potencia de cortocircuito  $Q$  (MVA) en el punto de alimentación. La empresa eléctrica, de acuerdo con el artículo 15, apartado 3, del REBT, deberá facilitar esta información.

Conocidas  $Q$  y  $U_2$ :

$$\text{siendo } Q = (c U_2)^2 / Z_q$$

$$Z_q = (c U_2)^2 / Q \text{ (ohm)} \quad \begin{array}{l} Q \text{ en MVA} \\ U \text{ en kV} \\ c: 1,05 \end{array}$$

Considerando  $\varphi_{cc}$  de la red  $\cong 85^\circ$  (hipótesis conservadora en BT):

$$R_Q = Z_Q \cdot \cos 85 = 0,10 Z_Q$$

$$X_Q = Z_Q \cdot \sin 85 = 0,99 Z_Q$$

es decir:

$$Z_Q \cong X_Q$$

### Impedancia de un transformador

Conocidos:  $P_T$  y  $u_{cc}$  en tanto por uno ( $u_{cc}$  p.u.)

$$Z_T = [(c U_2)^2 / P_n] \cdot u_{cc} \text{ (ohm)} \quad \begin{array}{l} U_2: \text{ kV} \\ P_n: \text{ MVA} \end{array}$$

Considerando  $\varphi_{cc}$  típico de los trafos  $\sim 72^\circ$

$$R_T = Z_T \cos \varphi_{cc} = 0,31 Z_T$$

$$X_T = Z_T \sin \varphi_{cc} = 0,95 Z_T$$

Otro procedimiento se basa en el conocimiento de las pérdidas en el cobre  $p_{cu}$  en tanto por uno ( $p_{cu}$  p.u.), es decir, de:

$$Z_T = (c U_2)^2 \cdot u_{cc} / P_n \quad \text{y} \quad R_T = (c U_2)^2 \cdot p_{cu} / P_n$$

se obtiene:

$$X_T = (Z_T^2 - R_T^2)^{1/2}$$

### Impedancia de los cables

Los fabricantes proporcionan generalmente los valores de R y X por km para cada sección y tipo de material conductor.

En ausencia de esta información, el citado [Report de CENELEC](#) propone la expresión:

$$R_L = \rho L/S$$

Para el cortocircuito  $R_L = \rho L/S$  máximo se debe aplicar  $\rho$  a 20 °C; mientras que para el cortocircuito mínimo la condición más desfavorable es considerar el conductor en caliente.

Consecuentemente, los valores de  $\rho$  serán:

- Cobre:
  - $\rho_{(20)} = 18,51 \text{ m } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
  - $\rho_{(70)} = 22,21 \text{ m } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  para el PVC
  - $\rho_{(90)} = 23,69 \text{ m } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  para EPR o XLPE
- Aluminio:
  - $\rho_{(20)} = 29,41 \text{ m } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
  - $\rho_{(70)} = 35,29 \text{ m } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
  - $\rho_{(90)} = 37,64 \text{ m } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

La reactancia en función de la disposición de los cables sería con suficiente aproximación:

$X_L = 0,08 \text{ m } \Omega/\text{m}$ : cables multiconductores o unipolares formando trébol

$X_L = 0,09 \text{ m } \Omega/\text{m}$ : cables unipolares en un plano, sin separación entre ellos

$X_L = 0,13 \text{ m } \Omega/\text{m}$ : cables unipolares en un plano, con una separación igual al diámetro

Además del cortocircuito trifásico indicado anteriormente, cuya expresión no cambia según sea el sistema TT, TN o IT, se pueden tener defectos con otras configuraciones. Veamos las condiciones posibles teniendo en cuenta también la influencia del sistema de distribución TT, TN o IT<sup>10</sup> y cuál da lugar a la corriente más elevada  $I_{cc \text{ máx}}$  y a la corriente más pequeña  $I_{cc \text{ mín}}$ .

#### a) Cortocircuito entre dos fases ( $I_{ccII}$ )

$$I_{ccII} = c \cdot U_2 / 2 Z_c$$

Comparándolo con  $I_{ccIII}$ :

$$I_{ccII} = \sqrt{3}/2 I_{ccIII} = 0,866 I_{ccIII}$$

#### b) Cortocircuito entre fase y neutro ( $I_{cc F-N}$ )

Caben dos posibilidades:

$$S_N = S_F \text{ o } S_N \neq S_F \text{ (p.e., } S_N = S_F / 2)$$

Con  $S_N = S_F$ ,

$$I_{cc F-N} = c \cdot U_2 / 2 \sqrt{3} Z_c = I_{ccIII} / 2 = 0,5 I_{ccIII}$$

Con  $S_N = S_F / 2$ ,

$$I_{cc F-N} = c \cdot U_2 / 3 \sqrt{3} Z_c = I_{ccIII} / 3 = 0,33 I_{ccIII}$$

<sup>10</sup> El sistema TT es el común en España para todas las instalaciones alimentadas de la red de BT de las empresas eléctricas. En otros países europeos y de otros continentes no es así, por lo que se deberá tener en cuenta en los proyectos. De otra parte, es cada vez más frecuente el empleo de sistemas TN en instalaciones conectadas a la red MT y con trato MT/BT propio. Finalmente, en casos particulares el sistema IT será el apropiado.

Existe una tercera posibilidad, poco frecuente, pero que debe tenerse en cuenta, que da lugar a:

$$I_{cc\ F-N} > I_{ccIII}$$

Esto sucede cuando se sobredimensiona la sección del neutro, a valores  $S_N > 1,4 S_F$ , por la presencia importante de armónicos (en especial el tercero) absorbidos por las cargas conectadas.

### c) Cortocircuito entre fase y conductor de protección ( $I_{cc\ F-PE}$ )

Si el conductor PE tiene la misma sección de las fases:

$$I_{cc\ F-PE} = I_{cc\ F-N}$$

Es decir:

$$I_{cc\ F-PE} = 0,5 I_{ccIII}$$

Si  $S_{PE} \neq S_F$ :

$$I_{cc\ F-PE} = c \cdot U_2 / \sqrt{3} (Z_F + Z_{PE})$$

que en el caso de ser  $S_{PE} = S_F / 2$ :

$$I_{cc\ F-PE} = 0,33 I_{ccIII}$$

### Resumen

- Sistema TT:
  - $I_{cc\ máx} = I_{ccIII}$ , siendo  $c = 1,05$ .  
Excepción poco frecuente:  $I_{cc\ máx} = I_{cc\ F-N}$  si  $S_N > 1,4 S_F$ .
  - $I_{cc\ mín} = I_{cc\ F-N}$ , siendo  $c = 0,95$ .  
En el caso de  $I_{cc\ máx} = I_{cc\ F-N}$ , se tendría  $I_{cc\ mín} = I_{cc\ F-F}$ .
- Sistema TN:
  - $I_{cc\ máx} = I_{ccIII}$ , siendo  $c = 1,05$ .  
La misma excepción respecto al  $I_{cc\ F-N}$  es aplicable con  $c = 0,95$ .
  - $I_{cc\ mín} = I_{cc\ F-CP}$  (cortocircuito debido a defectos de aislamiento a masa y considerando  $S_{PE} = S_N$ ).

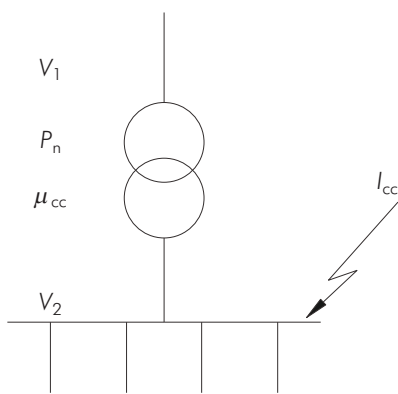


FIGURA 20

- Sistema IT:

- $I_{cc \text{ máx}} = I_{ccIII}$ , siendo  $c = 1,05$ .

En este sistema el neutro no se debe distribuir. En el caso de que se distribuya, el comentario en TT y TN es aplicable.

- $I_{cc \text{ mín}} = I_{cc \text{ F-CP}}$ , con  $c = 0,95$ .

Finalmente, otra simplificación habitualmente empleada en primera aproximación. Para determinar el cortocircuito máximo en la instalación (cuadro de distribución principal), se tiene en cuenta únicamente la impedancia del transformador de alimentación MT/BT, despreciando las impedancias de la red y del acoplamiento trafo-cuadro (figura 20).

$$I_{ccIII} = (P_n / \sqrt{3} U_2) \cdot 1 / u_{ccpu}$$

Cuando la alimentación sea con transformadores en paralelo, el poder de corte de los IA de trafo será distinto e inferior al de los IA que protegen las salidas. En estos casos, así como cuando existan generadores de BT acoplados a las barras BT, se deberá calcular la  $I_{cc}$  aguas arriba y aguas abajo de los IA de trafo y generador, tomando el mayor para definir el poder de corte (figura 21).

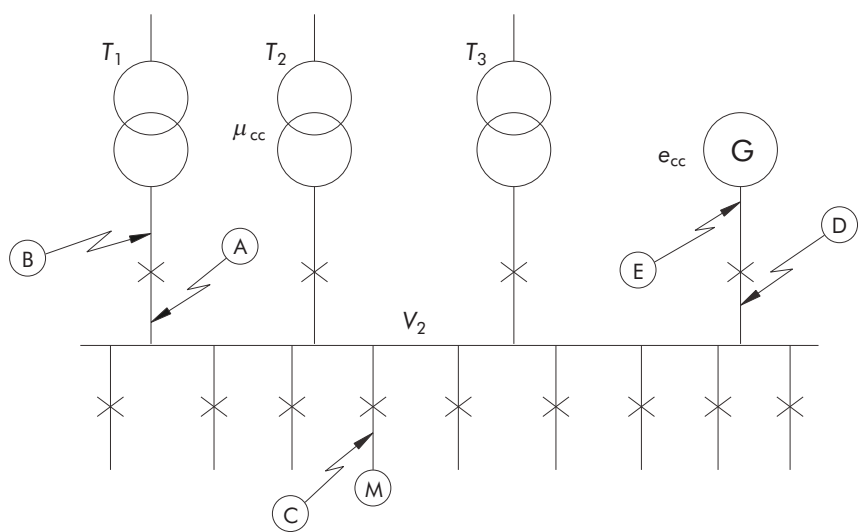


FIGURA 21

Considerando que:

$$P_{T1} = P_{T2} = P_{T3} = P_T$$

$$I_{ccA} = (P_T / \sqrt{3} U_2) \cdot 1 / u_{cc}$$

$$I_{ccB} = (2 P_T / \sqrt{3} U_2) \cdot 1 / u_{cc} + (P_G / \sqrt{3} U_2) \cdot 1 / e_{cc}$$

$$I_{ccC} = (3 P_T / \sqrt{3} U_2) \cdot 1 / u_{cc} + (P_G / \sqrt{3} U_2) \cdot 1 / e_{cc}$$

$$I_{ccD} = (P_G / \sqrt{3} U_2) \cdot 1 / e_{cc}$$

$$I_{ccE} = (3 P_T / \sqrt{3} U_2) \cdot 1 / u_{cc}$$

En las normas del IEC/TC 64 "Instalaciones eléctricas y protección contra los choques eléctricos" también se indica un procedimiento simplificado de cálculo de la  $I_{cc \text{ mín}}$ , aplicable a los circuitos que parten de un cuadro secundario. Se basa en considerar que cuando se origina un cortocircuito en el extremo final de estos circuitos, la tensión aplicada a éstos es el 80% de la total, esto es, que el 20% restante cae aguas arriba de dicho cuadro (red AT, trafo, cuadro principal y derivación al cuadro secundario).

$$I_{cc \text{ mín}} = I_{cc} \text{ al final de la línea de longitud } L \text{ y sección } S \\ \text{si } S_N = S_F \text{ e } I_{cc \text{ mín}} = I_{cc \text{ F-N}}$$

Si  $S_N = S_F$  y  $I_{cc \text{ Mín}} = I_{cc \text{ F-N}}$

$$I_{cc \text{ Mín}} = 0,8 U_2 \cdot s / 2 L \sqrt{3} \rho',$$

siendo  $\rho'$  la resistividad en caliente (en  $m \Omega$ ).

Para el caso general de  $S_F / S_N = m$

$$I_{cc \text{ mín}} = 0,8 U_2 S_F / \rho' L \sqrt{3} (1 + m) \text{ kA}$$

Hasta  $95 \text{ mm}^2$  de sección  $Z \cong R$ . Para secciones mayores la reactancia ya no es despreciable frente la resistencia, y el valor de  $I_{cc}$  calculado sería excesivamente superior al real.

---

Se puede mantener esta fórmula aplicando un coeficiente reductor K en función de la sección, siendo los valores de K:

$$0,9 \text{ para } s = 120 \text{ mm}^2$$

$$0,85 \text{ para } s = 150 \text{ mm}^2$$

$$0,8 \text{ para } s = 185 \text{ mm}^2$$

$$0,75 \text{ para } s = 240 \text{ mm}^2$$

(para secciones inferiores a 120 mm<sup>2</sup> se considera K = 1)

La expresión general válida para cualquier sección del neutro será:

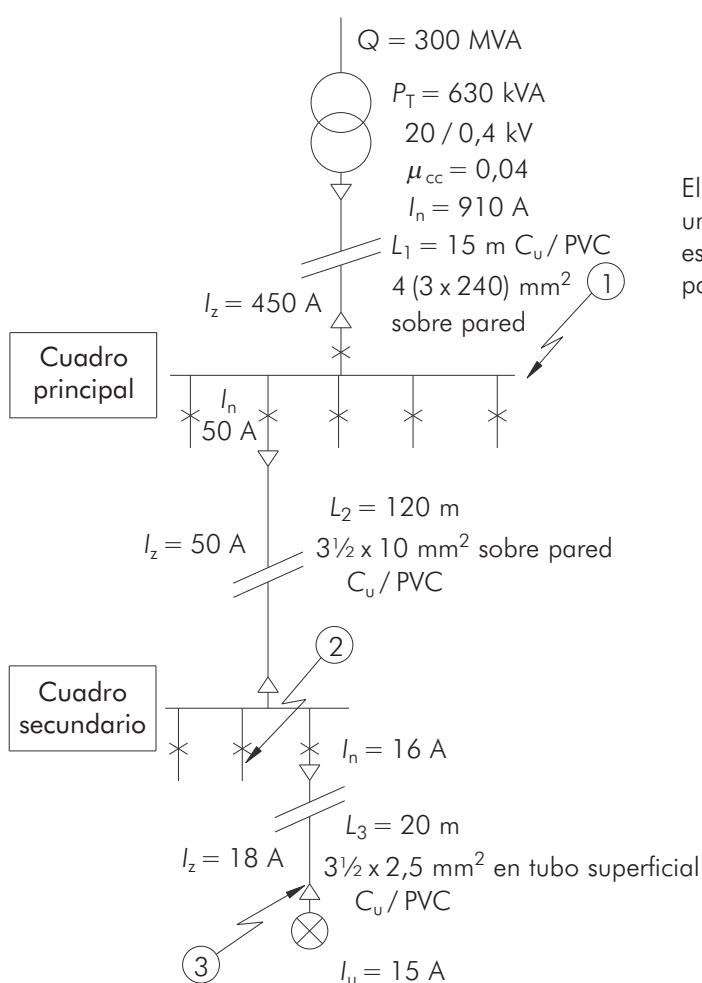
$$I_{cc \text{ mín}} = [0,8 U_2 S_F / L_{\rho'} \sqrt{3} (1 + m)] \cdot K$$

En la práctica se utiliza la expresión derivada de la anterior, en la que conocida la corriente de disparo magnético  $I_m$  se puede obtener la longitud máxima protegida por el interruptor de cabecera.

$$L_{\text{máx}} = [0,8 U_2 S_F / \rho' I_m \sqrt{3} (1 + m)] \cdot K$$

**EJEMPLO:**

Calcular las corrientes de cortocircuito y determinar el poder de corte y el disparo instantáneo (magnético) de los IA de protección del circuito adjunto (sistema TT).



El primer paso será disponer del esquema unifilar de la instalación que permita establecer el circuito eléctrico equivalente para los cálculos

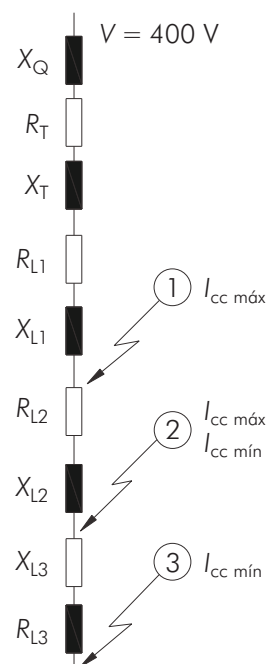


FIGURA 22

Cálculo de las impedancias de los componentes:

- $X_Q = (c \cdot U_2)^2 / Q = (1,05 \cdot 0,4)^2 / 300 = 0,59 \text{ m } \Omega$  [ $Q$  (MVA),  $U_2$  (kV)]
- $Z_T = [(c \cdot U_2)^2 / P_T] \cdot u_{cc} = [(1,05 \cdot 0,4)^2 / 0,630] \cdot 0,04 = 11,2 \text{ m } \Omega$   
 $R_T = 0,31 \quad Z_T = 0,31 \cdot 11,2 = 3,5 \text{ m } \Omega$   
 $X_T = 0,95 \quad Z_T = 0,95 \cdot 11,2 = 10,6 \text{ m } \Omega$

#### Unión trafo-cuadro principal (línea $L_1$ )

Se supone que los conductores están agrupados en trébol:

$$X_{L1c} = 0,08 \cdot L_1 = 0,08 \cdot 15 = 1,2 \text{ m } \Omega \text{ (por conductor)}$$

$$R_{L1c} = \rho \cdot L_1 / S_1 = 18,51 \cdot 15 / 240 = 1,16 \text{ m } \Omega \text{ (por conductor) } (\rho \text{ en frío para } I_{cc \text{ máx}})$$

$$R'_{L1} = \rho' \cdot L_1 / S_1 = 22,21 \cdot 15 / 240 = 1,39 \text{ m } \Omega \text{ (por conductor) } (\rho \text{ en caliente para } I_{cc \text{ mín}})$$

El conjunto de los tres conductores en paralelo por fase dará lugar a:

$$R_{L1} = R_c / 3 = 0,39 \text{ m } \Omega; \quad R'_{L1} = R'_c / 3 = 0,46 \text{ m } \Omega$$

$$X_{L1} = X_c / 3 = 0,4 \text{ m } \Omega$$

#### Línea $L_2$

$$X_{L2} = 0,08 \cdot L_2 = 0,08 \cdot 120 = 9,6 \text{ m } \Omega$$

$$R_{L2} = \rho \cdot L_2 / S_2 = 18,51 \cdot 120 / 10 = 222 \text{ m } \Omega$$

$$R'_{L2} = \rho' \cdot L_2 / S_2 = 22,21 \cdot 120 / 10 = 266 \text{ m } \Omega$$

#### Línea $L_3$

$$X_{L3} = 0,08 \cdot L_3 = 0,08 \cdot 20 = 1,6 \text{ m } \Omega$$

$$R_{L3} = \rho \cdot L_3 / S_3 = 18,51 \cdot 20 / 2,5 = 148 \text{ m } \Omega$$

$$R'_{L3} = \rho' \cdot L_3 / S_3 = 22,21 \cdot 20 / 2,5 = 177 \text{ m } \Omega$$

### Cuadro principal

Se adoptan IA de caja moldeada (MCCB) tanto para la entrada como para las salidas, cuyo poder de corte sea superior a  $I_{cc\text{ máx}} \text{ ①}$ , siendo su valor:

$$I_{cc\text{ máx}} \text{ ①} = c \cdot U / \sqrt{3} \cdot Z_{cc} \text{ ①} = 1,05 \cdot 400 / 1,73 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 20 \text{ kA}$$

Siendo:  $Z_{cc} \text{ ①} = [(R_T + R_{L1})^2 + (X_Q + X_T + X_{L1})^2]^{1/2} = 12 \text{ m } \Omega$

Se elegiría un poder de corte de los IA de este cuadro de 25 kA para tener un margen razonable.

### IA de entrada

Su calibre se determinará en función de:

- La  $I_n$  del trafo.
- La  $I_z$  de la unión trafo-cuadro.
- El montaje del IA, al aire o en un cuadro ( $t_a$  más elevada).

Teniendo en cuenta estas circunstancias:

- $I_n = 1\,250 \text{ A}$ , con disparadores estáticos:
  - “Térmico” ( $t-l$ ); R 1 250 regulable ( $0,5 \div 1$ )  $I_n$ ; ( $625 \div 1\,250$ ) A.
  - “Instantáneo” ( $I_m$ ); ( $5 \div 10$ )  $I_n$ ; ( $6\,250 \div 12\,500$ ) A.
- Con los siguientes ajustes:
  - “Térmico”:  $0,75 I_n$  (940 A).
  - “Instantáneo”:  $5 I_n$  (6 250 A).
- Con un poder de corte según se ha indicado:  $I_{cs} = 25 \text{ kA}$ .

### IA salidas del cuadro

Veamos como ejemplo la de 120 m de cable ( $3 \frac{1}{2} \times 10$ )  $\text{mm}^2$   $C_u$ /PVC, siendo la  $I_z$  del cable 50A.

Se propone un IA MCCB de  $I_n = 100 \text{ A}$  (o 125 A), con disparadores magnetotérmicos de 50 A:

- “Térmico” ( $t-l$ ); R 50 regulable ( $0,8 \div 1$ )  $I_n$ ; ( $40 \div 50$ ) A.
- “Magnético” ( $I_m$ ); ( $5 \div 10$ )  $I_r$ ; ( $250 \div 500$ ) A con los ajustes:
  - “Térmico”:  $I_r$  (50 A).
  - “Magnético”:  $5 I_r$  (250 A).
- Con un poder de corte:  $I_{cu} = 25 \text{ kA}$ .

El ajuste de disparo magnético permite proteger correctamente el cortocircuito en el extremo de  $L_2$  ( $I_{cc \text{ mín}} \textcircled{2}$ ), cuyo valor es:

$$I_{cc \text{ mín}} \textcircled{2} = c \cdot U / \sqrt{3} \cdot Z_{cc \text{ F-N}} \textcircled{2} = 400 \cdot 0,95 / 1,73 \cdot 805 \cdot 10^{-3} = 273 \text{ A}$$

Siendo:  $Z'_{cc \text{ F-N}} \textcircled{2} = [(R_T + 2R'_{L1} + 3R'_{L2})^2 + (X_Q + X_T + 2X_{L1} + 2X_{L2})^2]^{1/2}$ , en la que  $R'_{L1}$  y  $R'_{L2}$  son las resistencias en caliente de las líneas  $L_1$  y  $L_2$ . Así como  $m = 2$  en  $L_2$ , ya que  $S_N = 0,5 S_F$ .

$$Z'_{cc \text{ F-N}} \textcircled{2} = [(3,5 + 2 \cdot 1,39 + 3 \cdot 266)^2 + (0,59 + 2 \cdot 10,6 + 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 9,6)^2]^{1/2} = 805 \text{ m } \Omega$$

### Cuadro secundario

Los IA apropiados magnetotérmicos modulares (PIA), con un poder de corte suficiente  $I_{cn} = 2,5 \text{ kA}$ , ya que  $I_{cc \text{ máx}} \textcircled{2}$  es:

$$I_{cc \text{ máx}} \textcircled{2} = c \cdot U_2 / \sqrt{3} \cdot Z_{cc} \textcircled{2} = 1,05 \cdot 400 / 1,73 \cdot 227 \cdot 10^3 = 1 \text{ kA}$$

Siendo:  $Z_{cc} \textcircled{2} = [(R_T + R_{L1} + R_{L2})^2 + (X_Q + X_T + X_{L1} + X_{L2})^2]^{1/2} = 227 \text{ m } \Omega$

Se elegirá un calibre 16 A, mientras que la característica de disparo instantáneo se determinará en función de  $I_{cc \text{ mín}} \textcircled{3}$ , con la condición:

$$I_{cc \text{ mín}} \textcircled{3} = I_{cc \text{ F-N}} \textcircled{3} > I_m \text{ del IA}$$

$$I_{cc \text{ mín}} \textcircled{3} = c \cdot U / \sqrt{3} \cdot Z'_{cc \text{ F-N}} = 400 \cdot 0,95 / 1,73 \cdot 1334 \cdot 10^{-3} = 165 \text{ A}$$

Siendo:  $Z'_{cc \text{ F-N}} = [(R_T + 2R'_{L1} + 3R'_{L2} + 3R'_{L3})^2 + (X_Q + X_T + 2X_{L1} + 2X_{L2} + 2X_{L3})^2]^{1/2} = 1334 \text{ m } \Omega$

Las características normalizados B, C y D de disparo magnético para un IA de 16 A darían:

- Característica B (3 ÷ 5)  $I_r$ : (48 a 80) A.
- Característica C (5 ÷ 10)  $I_r$ : (80 a 160) A.
- Característica D (10 ÷ 20)  $I_r$ : (160 a 320) A.

La protección asegurada se tendrá con la característica C; por tanto, se adoptará un (PIA) C16.

### Cuadro secundario

Examinando las tablas de selectividad de diversos fabricantes, se aprecia que son selectivos:

- Los MCCB 1 250 A, con los MCCB 100 A hasta 25 kA como mínimo.
- Los MCCB 100 A (o 125 A), con los MCB (PIA) 16C y 20C hasta 5 kA como mínimo.

En consecuencia se tendrá un comportamiento selectivo de los IA, sin necesidad de introducir nuevos condicionantes.

## ANEXO III. NORMAS UNE

- UNE 21240:1997 *Guía de aplicación para el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas radiales de baja tensión.*<sup>(\*)</sup>
- UNE-EN 60898-1:2004 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*<sup>(\*\*)</sup>
- UNE-EN 60898-1:2004 ERRATUM:2009 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*
- UNE-EN 60898-1:2004 ERRATUM:2011 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*
- UNE-EN 60898-1:2004/A1:2005 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna*
- UNE-EN 60898-1:2004/A11:2006 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*
- UNE-EN 60898-1:2004/A12:2009 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*
- UNE-EN 60898-1:2004/A13:2013 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*

<sup>(\*)</sup> Norma anulada.

<sup>(\*\*)</sup> Anuló y sustituyó la norma UNE-EN 60898 *Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.*

- 
- UNE-EN 60898-1:2004/IS1:2010 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*
  - UNE-EN 60898-1:2004/IS2:2010 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*
  - UNE-EN 60898-1:2004/IS3:2010 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*
  - UNE-EN 60898-1:2004/IS4:2010 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.*
  - UNE-EN 60898-2:2007 *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 2: Interruptores automáticos para operación en corriente alterna y en corriente continua.*
  - UNE-EN 60947-1:2008 *Aparatos de baja tensión. Parte 1: Reglas generales.*
  - UNE-EN 60947-1:2008/A1:2011 *Aparatos de baja tensión. Parte 1: Reglas generales.*
  - UNE-EN 60947-2:2007 *Aparatos de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos.*
  - UNE-EN 60947-2:2007/A1:2011 *Aparatos de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos.*
  - UNE-EN 60947-2:2007/A2:2013 *Aparatos de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos.*

- UNE-EN 60947-3:2009 *Aparatura de baja tensión. Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.*
- UNE-EN 60947-3:2009 ERRATUM:2010 *Aparatura de baja tensión. Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.*
- UNE-EN 60947-3:2009/A1:2013 *Aparatura de baja tensión. Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.*

AENOR

 **AFME**  
Asociación de Fabricantes de Material Eléctrico