

# Soluciones en Control, Seguridad y Eficiencia Energética

2016

U=RI

## La distribución B.T.

Esquemas de enlaces a tierra	4
Tensiones, sobretensiones	6
Calidad de la energía	7
Mejora de la calidad de la energía	12
Influencias externas	13

## Corrientes de sobrecarga

Determinación de la corriente $I_2$	14
Determinación de la corriente admisible $I_z$ (según NF C 15100 e IEC 60364)	15
Protección de las canalizaciones contra las sobrecargas por fusibles gG	19

## Intensidades de cortocircuitos

Cálculo del $I_{cc}$ de una fuente	20
Cálculo del $I_{cc}$ de una instalación BT	21
Protección de las canalizaciones	26
Protección de las canalizaciones por fusibles	27

## Contactos directos e indirectos

Contactos directos e indirectos	28
Protección contra los contactos indirectos	29
Protección frente a los contactos indirectos por fusibles	32
Protección frente a los contactos indirectos por relé diferencial	33

## Caídas de tensión

Cálculo de la caída de tensión en un cable de longitud L	34
Concepto denominado de "Secciones económicas"	34

## Equipos de corte y seccionamiento

Normas de producto EN 60947 e IEC 60947	35
Normas de instalación IEC 60364 o NF C 15100	37
Selección de un aparato de corte	38
Caso de utilización	39
Límites de utilización	41
Limitación de la intensidad de cortocircuito	42

## Protección con fusible

Características generales	42
Elección de un fusible "gG" o "aM"	43
Protección de las canalizaciones contra las sobrecargas por fusibles gG	46
Protección de las canalizaciones por fusibles	47
Protección frente a los contactos indirectos por fusibles	48
Curvas características de los fusibles gG	49
Curvas características de los fusibles NF y NH de tipo aM	51
Elección de un fusible UR	53
Selectividad	54

## Control y gestión de la energía

Introducción	58
Tarificación	58
Medición de parámetros eléctricos	59
Recuento de energía	59
Vigilancia	60
Control mando	60
Calidad de la energía	60
Comunicación analógica	61

## Comunicación industrial

Comunicación digital	62
Protocolo JBUS/MODBUS	63
El bus RS-485	66
Protocolo PROFIBUS	70

## Medida eléctrica

Sistema ferromagnético	72
Elementos magneto-eléctricos	72
Sistema magnetoeléctrico con rectificador	72
Posición de utilización	72
Utilización de transformadores de tensión	72
Convertidor de potencia	73
Clase de precisión	73
Consumo de los cables de cobre	73
Transformador sumador	74
TC saturables	74
Adaptación de las relaciones de transformación	74
Generalidades	75
Funciones de protección	75
Curvas de protección de tiempo dependiente	75
Relés de protección	75
Representación de curvas	75

## Protección digital de redes

Ecuación de curvas	75
Protección del neutro	76
Protección "fallo de tierra"	76
Curva de protección de tiempo independiente	76
Protección de retorno de potencia	76
Elección del TC	76

## Protección diferencial

Generalidades	77
Definiciones	78
Aplicaciones	79
Puesta en marcha	82

## Limitador de sobretensión

Generalidades	86
Inductancia de limitación de corriente	86
Nivel de protección efectivo garantizado por un limitador de sobretensión	86
Tensiones nominales de cebado de frecuencia industrial	86
Conexión del LS y de la inductancia	86

## Descargadores de sobretensión

Protección contra las sobretensiones transitorias	87
Sobretensiones por rayo	89
Principales reglamentaciones y normas (lista no exhaustiva)	90
Tecnología	92
Constitución interna	94
Principales características de los descargadores de sobretensión	94
Elección e implantación de descargadores de sobretensión en cabecera	95
Protección de equipos y descargadores de sobretensión de distribución	97
Reglas y elección de descargadores de sobretensión	99
Puesta en marcha y mantenimiento	100

## Envolventes

Efectos térmicos	101
Cálculo térmico de los envolventes	102
Elección de la climatización	103

## Embarrados

Selección del material de las pletinas	104
Determinación de $I_{cc}$ cresta en función de $I_{cc}$ eficaz	104
Efecto térmico del cortocircuito	104
Pares electroquímicos	104

## Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI's)

Principio de funcionamiento	105
Comunicación	109

## Esquemas de enlaces a tierra

Un esquema de conexiones a tierra o "régimen de neutro" en una red de BT se define con dos letras:

La primera define el enlace a tierra del secundario del transformador (muy generalmente el punto neutro)	conectado a tierra	T	T	conectados a tierra	El segundo define el enlace a tierra de las masas
	aislado de la tierra	I	T	conectados a tierra	
	conectado a tierra	T	N	conectados al neutro	

### TT : régimen "Neutro a tierra"

La utilización de este régimen de neutro lo impone el R.B.T para la distribución pública en España.

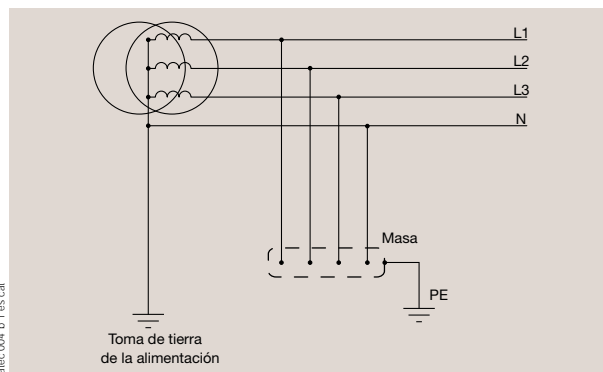
En caso de fallo de aislamiento, se desconectan automáticamente toda o una parte de la alimentación del conjunto de los receptores.

La desconexión es obligatoria al primer fallo.

El conjunto de utilidades debe estar equipado con una protección diferencial instantánea.

La protección diferencial puede ser general o subdividida en función de los tipos y de la importancia de la instalación.

Este régimen se encuentra en los siguientes casos: doméstico, pequeño terciario, pequeños talleres, establecimientos escolares con sala de actividades prácticas, etc.



### TN : régimen "Puesta en neutro"

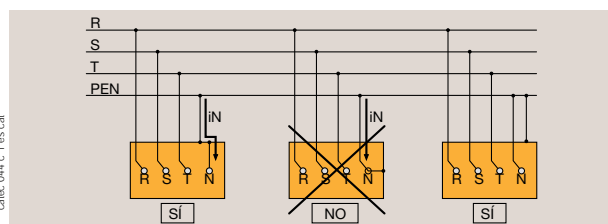
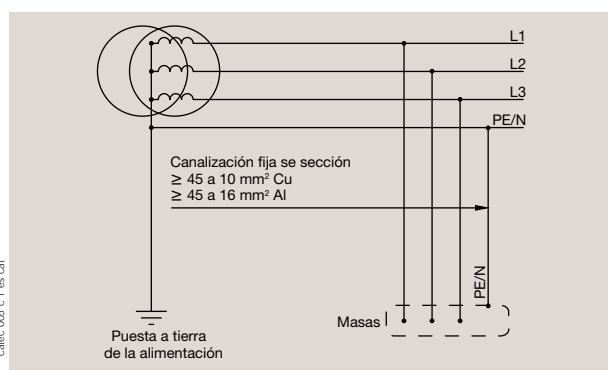
Este principio de distribución está adaptado a las instalaciones que admiten una desconexión al primer fallo de aislamiento.

La puesta en marcha y la explotación de este tipo de red resultan económicas, pero requieren de una instalación rigurosa de los circuitos de protección.

Los conductores del neutro (N) y de protección (PE) pueden estar integrados (TNC) o separados (TNS).

#### Esquema TNC

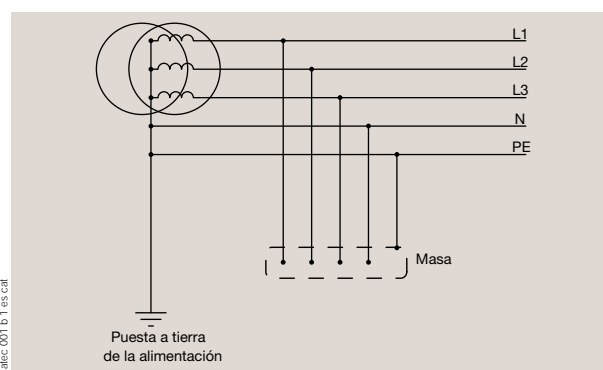
No se debe cortar nunca el conductor PEN (Protección y Neutro). Los conductores PEN deben tener una sección superior a 10 mm<sup>2</sup> de cobre y a 16 mm<sup>2</sup> en aluminio y no incluir instalaciones móviles (cables flexibles).



la función "protección" del conductor PEN es preponderante a la función neutro.

#### Esquema TNS

Una red TNS puede crearse abajo de una red TNC, en cambio se prohíbe la operación contraria. Generalmente, los conductores de neutro en TNS son seccionados, no protegidos y sus secciones son obligatoriamente al menos iguales a las de las fases correspondientes.



#### Esquema TNC-S

La denominación esquema TNC-S designa una distribución donde los conductores neutros y conductores de protección se confunden en una parte de la instalación y son distintos en el resto de la misma.

## Esquemas de enlaces a tierra (continuación)

### IT : régimen "Neutro aislado"

Este régimen de neutro se utiliza cuando la desconexión al primer defecto de aislamiento perjudica el funcionamiento correcto de una explotación o la seguridad de las personas.

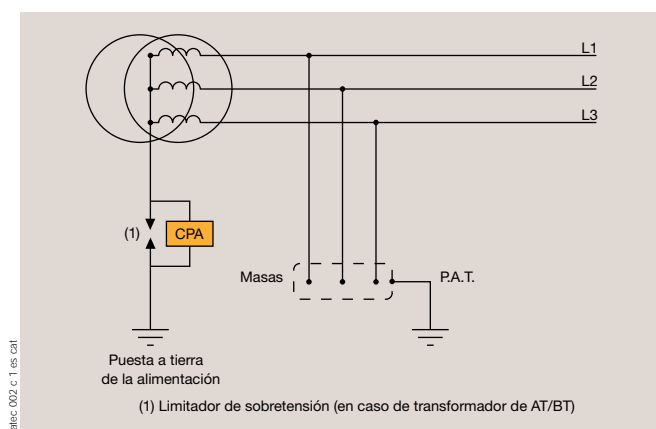
Su explotación impone la presencia de personal competente "in situ" para que pueda intervenir rápidamente en caso de que aparezca el primer fallo de aislamiento y así poder garantizar la continuidad de explotación antes de que se presente un eventual segundo fallo que provocaría la desconexión.

Se requiere obligatoriamente un limitador de sobretensión que permita el flujo de las sobretensiones a tierra procedentes de la instalación de alta tensión (descarga eléctrica del transformador AT/BT), maniobras, relámpagos, etc.).

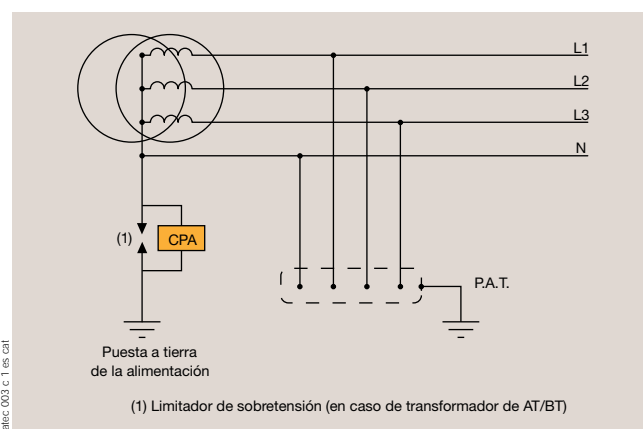
La protección de las personas está asegurada por :

- la interconexión y la puesta a tierra de las masas,
- la vigilancia del primer fallo por CPA (Controlador Permanente de Aislamiento),
- la desconexión al segundo fallo por los órganos de protección contra las sobreintensidades o por los dispositivos diferenciales.

Este régimen se utiliza por ejemplo en los hospitales (quirófanos) o en los circuitos de seguridad (iluminación) y en las industrias donde es primordial la continuidad de explotación o cuando la baja tensión de fallo reduce considerablemente los riesgos de incendio o de explosión.



Esquema IT sin neutro distribuido.



Esquema IT con neutro distribuido.

# La distribución B.T.

## Tensiones, sobretensiones

### Zonas de tensión

En baja tensión, se distinguen dos dominios según la norma IEC 60364 (NF C 15100) y tres dominios según el decreto del 14.11.88.

Ámbito Decreto	IEC	Tensión nominal $U_n$	
		AC	DC
MBT: Muy baja tensión	I	$\leq 50$ V	$\leq 120$ V
BTA: Baja tensión A	II	$50$ V < $U_n \leq 500$ V	$120$ V < $U_n \leq 750$ V
BTB: Baja tensión B	II	$500$ V < $U_n \leq 1.000$ V	$750$ V < $U_n \leq 1.500$ V

### Tensión normalizada en AC

- En monofásico: 230 V.
- En trifásico: 230 V / 400 V y 400 V / 690 V.

### Evolución de las tensiones y de las tolerancias (IEC 60038)

Periodos	Tensiones	Tolerancias
Antes de 1983	220V/380V/660V	$\pm 10$ %
De 1983 a 2003	230V/400V/690V	+ 6 % / - 10 %
Después de 2003	230V/400V/690V	$\pm 10$ %

### Protección frente a sobretensiones transitorias

Está garantizada por:

- La elección de equipos en función de  $U_{imp}$

Las normas NF C 15100 e IEC 60364 definen cuatro categorías de utilización:

Categoría I	Material o componentes electrónicos con poca tensión de resistencia a los choques. <i>Ej: circuitos electrónicos</i>
Categoría II	Material cuya utilización está pensada para ser conectados a la instalación eléctrica fija del edificio. <i>Ej: - herramientas portátiles... - informática, TV, Hi-Fi, alarmas, equipos electrodomésticos con programación electrónica...</i>
Categoría III	Material perteneciente a la instalación fija y otros materiales para los que se requiere una mayor fiabilidad. <i>Ej: - armarios de distribución... - instalaciones fijas, motores...</i>
Categoría IV	Material utilizado en origen o cerca del origen de la instalación aguas arriba del cuadro de distribución. <i>Ej: - sensores, transformadores... - principales materiales de protección frente a sobreintensidades</i>

### Sobretensión en KV según la clase de utilización:

Red trifásica	Red monofásica	IV	III	II	I
230 V/400 V	230 V	6	4	2,5	1,5
400 V/690 V		8	6	4	2,5
690 V/1.000 V				Xx	

(Xx) Valores indicados por los fabricantes del material. Por defecto, se pueden tomar los valores de la línea anterior.

### Descargadores de sobretensión (ver página 87)

N.B.: En la mayoría de instalaciones, las sobretensiones de origen atmosférico no sufren atenuación significativa aguas abajo.

En consecuencia, la elección de las categorías de sobretensiones de los materiales no es suficiente para protegerse frente a las sobretensiones.

Debe realizarse un estudio de riesgos adecuado para definir los descargadores de sobretensión necesarios en los distintos puntos de la instalación.

### Cargas de tensión admisibles a 50 Hz

Los materiales de la instalación de BT deben tener la siguiente carga de sobretensión temporal:

Duración	Carga de tensión admisible (V)
> 5	$U_0 + 250$
$\leq 5$	$U_0 + 1.200$

## Calidad de la energía

Las tolerancias admitidas generalmente (EN 50160) para el buen funcionamiento de una red que incluya cargas sensibles a las perturbaciones (equipamiento electrónico, material informático, etc.) se resumen en los siguientes apartados.

### Hueco de tensión y cortes

#### Definición

El hueco de tensión es una disminución de la amplitud de la tensión durante un tiempo situado entre 10 ms y 1 s.

La variación de tensión se expresa en % de la tensión nominal (entre 10 y 100 %). Un hueco de tensión del 100 % se denomina corte.

Según el tiempo  $t$  de corte, se distingue:

- $10 \text{ ms} < t < 1 \text{ s}$ : los microcortes debidos por ejemplo a rearmes rápidos provocados por fallos breves...
- $1 \text{ s} < t < 1 \text{ mn}$ : los cortes breves debido al funcionamiento de protecciones, a la puesta en marcha de aparatos de alta corriente de arranque...
- $1 \text{ mn} < t$ : los cortes largos debidos generalmente a la red AT.

#### Huecos de tensión según la norma EN 50160 (condición)

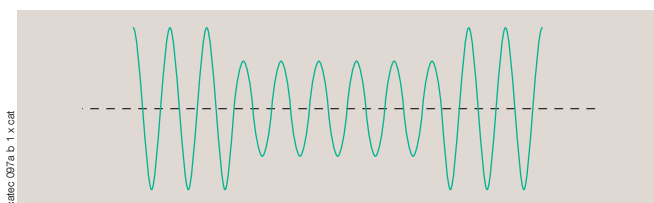
	Tolerancias		
	normal	excepcional	en función de las cargas de utilización
Número	de $x 10$ a $x 1000$	1000	elevado
Duración	$< 1 \text{ s}$	$> 1 \text{ s}$	
Profundidad	$< 60 \%$	$> 60 \%$	entre 10 y 15%

#### Cortes breves según la norma EN 50160 (por periodo de un año)

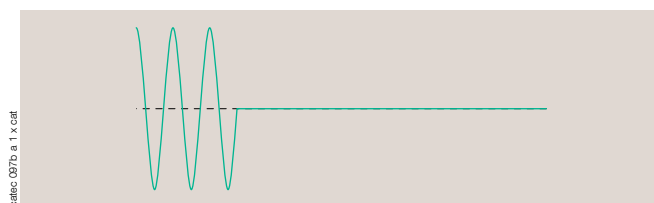
	Tolerancias
Número	$n$ de $x 10$ a $x 1000$
Duración	$< 1 \text{ s}$ para 70% de $n$

#### Cortes largos según la norma EN 50160 (por periodo de un año)

	Tolerancias
Número	$n$ de $x 10$ a $x 1000$
Duración	$> 3 \text{ min}$



Huecos de tensión.



Corte.

#### Consecuencia de los huecos de tensión y de los cortes

- Apertura de contactores (huecos  $> 30 \%$ ).
- Pérdida de sincronismo de los motores síncronos, inestabilidad de los motores asíncronos.
- Aplicaciones informáticas: pérdidas de información...
- Perturbación de la iluminación por lámparas de descarga (apagado con huecos del 50 % durante 50 ms, el encendido se vuelve a hacer unos minutos después).

#### Soluciones

- Con cualquier tipo de carga:
  - utilización de un SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) *ver página 106*,
  - modificar la estructura de la red *(ver página 12)*.
- Según el tipo de carga:
  - alimentación de las bobinas de contactor entre fase,
  - aumento de la inercia de los motores,
  - utilización de lámparas de encendido inmediato.

## Calidad de la energía (continuación)

### Variaciones de frecuencia

Se deben generalmente a fallos de los grupos electrógenos. La solución consiste en utilizar convertidores estáticos o SAI's.

Frecuencia en red de BT ( $U_n = 230V$ ) y red de AT ( $1 < U_n \leq 35 kV$ ) según la norma EN 50160 (por periodo de diez segundos)

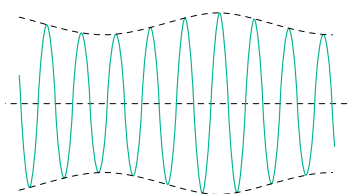
	Tolerancias	
	Red interconectada	Red no interconectada (aislada)
99,5 % del año	50 Hz $\pm 1$ %	50 Hz $\pm 2$ %
100 % del tiempo	50 Hz $\pm 4$ % a -6 %	50 Hz $\pm 15$ %

### Variación de la tensión y Flicker

#### Definición

El flicker es un parpadeo de la luz debido a variaciones bruscas de la tensión. Produce un efecto desagradable para las personas. Las variaciones bruscas de tensión se deben a aparatos cuya potencia absorbida varía muy rápidamente: hornos de arco, máquinas para soldar, laminadores...

catálogo b 1 x cat



#### Soluciones

- SAI's (para las pequeñas cargas).
- Inductancia o batería de condensadores en el circuito de la carga.
- Conexión a un transformador AT/BT específica (hornos de arco).

#### Variación de la tensión según la norma EN 50160 (sobre un periodo de una semana)

x % del número de $U_n$ ef de media en 10 min	Tolerancias
95 %	$U_n \pm 10$ %
100 %	$U_n + 10$ % a $U_n - 15$ %

#### Variación rápida de la tensión según la norma EN 50160

	Tolerancias
Generalmente	5 % de $U_n$
Eventualmente	10 % de $U_n$

#### Efecto de parpadeo (efecto Flicker) según la norma EN 50160 (sobre un periodo de una semana)

	Tolerancias
95 % del tiempo	$P_{LT} \leq 1$

#### Sobretensiones temporales

(debido al desplazamiento del punto de tensión compuesta)

	Tolerancias
Fallo aguas arriba del transformador.	< 1,5 kV

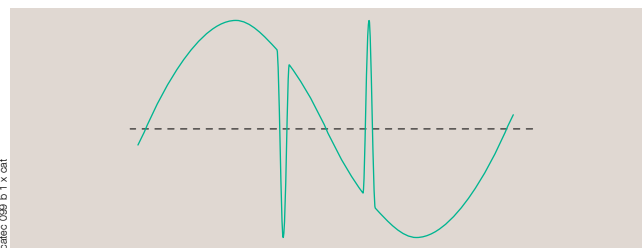
### Sobretensiones transitorias

#### Definición

Los fenómenos transitorios se constituyen esencialmente de sobretensiones muy elevadas y rápidas debido:

- a los rayos,
- a las maniobras o a los fallos en la red de AT o BT,
- a los arcos eléctricos del equipo,
- a las conmutaciones de cargas inductivas,
- a la puesta en marcha de circuitos altamente capacitivos:
  - redes de cables ampliadas,
  - máquinas provistas de sistema antiparásitos.

catálogo b 1 x cat



	Tolerancias
Valor	generalmente < 6 kV
Tiempo de aumento	de $\mu s$ a x ms

#### Efectos

- Desconexiones fortuitas de equipos de protección,
- Destrucción de equipos electrónicos (tarjetas de autómatas, de variadores de velocidad, etc.),
- Perforación del aislante de los cables,
- Calentamiento y envejecimiento prematuro de los materiales en sistemas informáticos.

#### Soluciones

- Utilización de pararrayos y limitadores de sobretensión.
- Aumento de la potencia de cortocircuito de la fuente.
- Realización correcta de las tomas de tierra de las subestaciones AT/BT.



## Calidad de la energía (continuación)

### Armónicos

#### Definición

Las corrientes o tensiones armónicas son corrientes o tensiones "parásitas" de la red eléctrica. Deforman la onda de corriente o de tensión y provocan:

- un aumento del valor eficaz de la corriente,
- la circulación de una corriente en el neutro que puede ser superior a la corriente de fase,
- la saturación de los transformadores,
- perturbaciones en las redes de corrientes bajas,
- el disparo intempestivo de los aparatos de protección...
- medidas erróneas (corriente, tensión, energía, etc.).

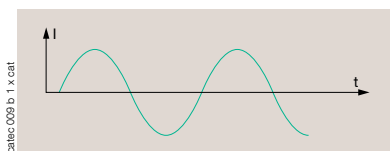
Las corrientes armónicas se deben a los transformadores de intensidad, a los arcos eléctricos (hornos de arco, soldadoras, lámparas fluorescentes o descargas) y sobre todo a los rectificadores y convertidores estáticos (electrónica de potencia). Estas cargas se denominan cargas deformantes (ver a continuación). Las tensiones armónicas se deben a la circulación de las corrientes armónicas en las impedancias de las redes y de los transformadores.

#### Tensiones de armónicos

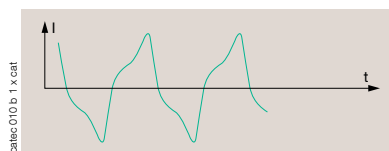
Sobre un periodo de una semana, el 95 % de las tensiones de armónicos de 10 min de media deben seguir siendo inferiores a los valores de la siguiente tabla. Entonces, la tasa global de distorsión de la tensión debe seguir siendo inferior al 8% (incluido hasta el rango convencional de 40).

Valor máximo de las tensiones de armónicos en los puntos de suministro en % en  $U_n$ .

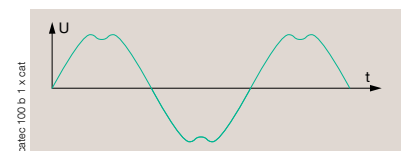
Armónicos impares				Armónicos pares	
no múltiplo de 3		múltiplo de 3			
Rango H	% UC	Rango H	% UC	Rango H	% UC
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6 a 24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19 a 25	1,5				



Corriente "sinusoidal" pura.



Corriente deformada por los armónicos.



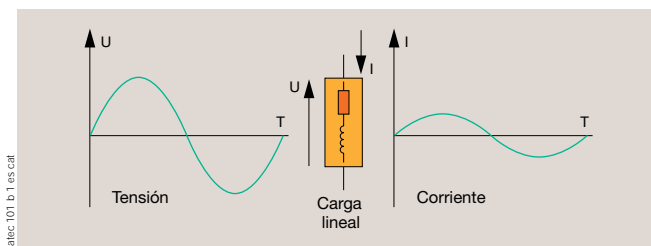
Tensión deformada por los armónicos.

#### Soluciones

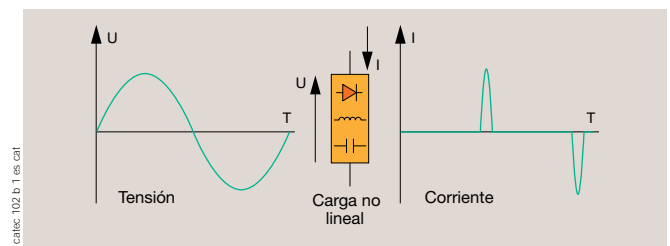
- Inductancia en línea.
- Utilización de rectificadores.
- Reducción de la potencia de los equipos.
- Aumento de la potencia de cortocircuito.
- Alimentación de las cargas perturbantes por SAI (ver página 106).
- Utilización de filtros antiarmónicos.
- Aumento de secciones de los conductores.
- Grandes dimensiones de los equipos.

#### Cargas lineales - cargas deformantes

Se dice que una carga es lineal cuando la corriente que la atraviesa tiene la misma forma que la tensión:



Se dice que una carga es deformante cuando la forma de la corriente deja de corresponder a la forma de la tensión:



Las cargas deformantes conducen a valores de corriente de neutro que pueden ser muy superiores a los valores de corriente de fase.

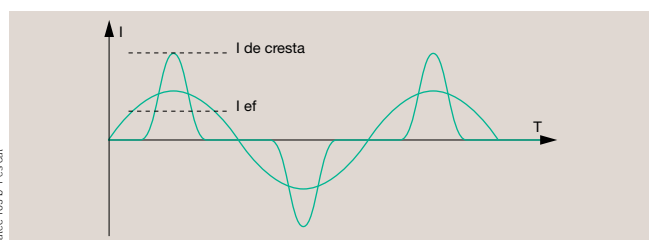
## Calidad de la energía (continuación)

### Armónicos (continuación)

#### Factor de cresta (fc)

En el caso de las cargas deformantes, la deformación de la corriente puede caracterizarse por el factor cresta:

$$f_c = \frac{I_{\text{cresta}}}{I_{\text{ef}}}$$



Tensión deformada por los armónicos.

#### Ejemplos de valores de fc:

- carga resistiva (sinusoide pura):  $2 = 1,414$ ,
- unidad central informática: 2 a 2,5,
- puesto tipo PC: 2,5 a 3,
- impresoras: 2 a 3.

Estos pocos valores de factor cresta demuestran que la onda de corriente puede estar muy alejada de la sinusoide pura.

#### Rango del armónico

Las frecuencias de los armónicos son múltiplos de la frecuencia de la red (50 Hz). El múltiplo se llama rango del armónico.

**Ejemplo:** La corriente armónica de rango 5 tiene una frecuencia de  $5 \times 50 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz}$ . La corriente armónica de rango 1 se llama corriente "fundamental".

#### Corrientes armónicas presentes en la red

La corriente circulante en la red es la suma de la corriente sinusoidal pura (denominada "fundamental") y de una cierta cantidad de corrientes armónicas que dependen del tipo de carga.

**Tabla A: corrientes armónicas presentes en la red**

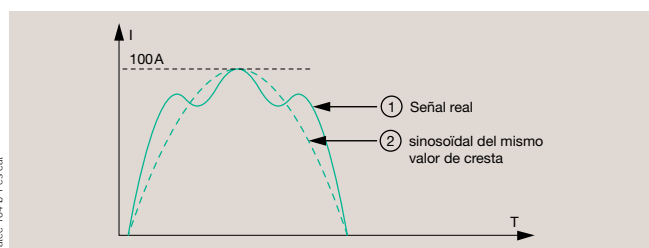
Redes		Rangos de armónicos																		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Rectificadores	1 alternancia	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	2 alternancias		•		•		•		•		•		•		•		•		•	
	3 alternancias	•		•	•		•	•		•	•		•	•		•	•		•	•
	6 alternancias				•		•				•		•				•		•	
	12 alternancias										•		•							
Lámparas de descarga			•		•		•		•		•		•		•		•		•	
Hornos de arco			•		•		•		•		•		•		•		•		•	

**Ejemplo:** una lámpara de descarga genera únicamente corrientes armónicas de rangos 3, 5, 7, 9, 11 y 13. Las corrientes armónicas de rangos pares (2, 4, 6...) están ausentes.

#### Perturbaciones de los aparatos de medición

Los aparatos de medición con aguja de tipo ferromagnética (amperímetros, voltímetros, etc.) han sido diseñados para medir amplitudes sinusoidales de una frecuencia determinada (generalmente 50 Hz). Lo mismo ocurre con los equipos digitales distintos a los equipos de muestreo. Estos equipos se falsean en caso de señal deformada por armónicos (ver ejemplo a continuación).

Sólo los aparatos que dan un valor RMS verdadero (o eficaz verdadero) integran las deformaciones de la señal y dan el valor eficaz real (ejemplo: el DIRIS).



Perturbación de la medida.

#### Ejemplo:

la señal 1 está perturbada por la presencia de un armónico 3. El valor eficaz de un sinusoide de mismo valor cresta será:

$$\frac{100 \text{ A}}{\sqrt{2}} = 70 \text{ A}$$

## Calidad de la energía (continuación)

### Armónicos (continuación)

#### Cálculo de la corriente eficaz

En general, el cálculo de la corriente eficaz se lleva a cabo sólo en las primeras 10 a 20 corrientes armónicas significativas.

Por fase

$$I_{ef} = \sqrt{I_n^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_k^2}$$

$I_n$ : corriente fundamental del perturbador

$I_2, I_3, \dots$ : corrientes armónicas de rango 2, 3...

En el neutro

$$I_{ef\text{ neutro}} = \sqrt{I_{N3}^2 + I_{N9}^2 + \dots}$$

Se adicionan las corrientes armónicas de rangos impares, múltiplos de 3.

Los valores eficaces de las corrientes armónicas  $I_2, I_3$ , etc. son difíciles de determinar. (Consúltenos precisándonos el tipo de carga, el factor de cresta, la potencia de la carga y la tensión de las redes).

#### Ejemplo

Cálculo de la corriente de fase y de neutro en una red alimentada por un rectificador doble alternancia

- Factor de cresta: 2,5
- Carga 180 kVA: corriente eficaz de 50 Hz equivalente:

$$\frac{180 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 260 \text{ A}$$

- Armónicos calculados:

$I_2 =$	182 A	50 Hz
$I_3 =$	146 A	150 Hz
$I_5 =$	96 A	250 Hz
$I_7 =$	47 A	350 Hz
$I_9 =$	13 A	450 Hz

- Las corrientes armónicas de rangos más elevados son sin consecuencia.

Corriente en una fase:

$$I_p = \sqrt{(182)^2 + (146)^2 + \dots} = 260 \text{ A}$$

Corriente en el neutro:

$$I_{\text{Neutro}} = \sqrt{(3 \times 146)^2 + (3 \times 13)^2} = 440 \text{ A}$$

La corriente en el neutro es superior a la corriente por fase. Se deberá tomar en cuenta esto para las secciones de conexión y la selección del equipo.

#### Índice de distorsión e índice de armónicos global

$$T = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_k^2}}{I_{ef}}$$

## Mejora de la calidad de la energía

### Fuentes de reemplazo

Los diferentes tipos de fuentes de reemplazo se describen en el cuadro siguiente:

Tipos de fuente	Perturbaciones eliminadas
Grupos giratorios alimentados por la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>• corte &lt; 500 ms (según el volante de inercia)</li> <li>• huecos de tensión</li> <li>• variaciones de frecuencia</li> </ul>
SAI	Eficaces contra todas las perturbaciones, salvo cortes largos > 15 min a 1 hora (según la potencia instalada y la potencia del SAI).
Grupos generadores autónomos	Eficaces en todos los casos, pero con una interrupción de la alimentación durante el cambio normal/auxiliar.
SAI's + grupos autónomos	Esta solución cubre todos los tipos de perturbaciones citadas (ver página 106).

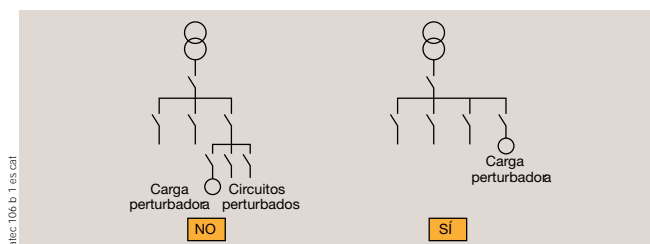
Las fuentes auxiliares que utilizan grupos electrógenos se clasifican en varias categorías o según el tiempo de intervención necesario antes de recuperar la carga:

Categoría	Tiempo de intervención	Arranque generador	Comentarios
D	no especificado	manual	Tiempo de aumento de velocidad y potencia dependiendo de las temperaturas ambiente y del motor
C	corte largo $\leq 15$ s	en la pérdida de red	Mantenimiento del precalentamiento del grupo para permitir un arranque inmediato
B	corte corto $\leq 1$ s	rotación permanente	Arranque rápido del motor gracias a la inercia motriz. Motor en condición de precalentamiento
A	sin corte	acoplado a la fuente	Recuperación inmediata de la carga en caso de corte de la alimentación de la red.

### Precauciones de instalación

#### Aislar las cargas perturbantes

- Por una red separada, a partir de una entrada AT específica (para cargas importantes).
- Por la subdivisión de los circuitos: un fallo en un circuito debe afectar lo menos posible otro circuito.
- Por la separación de los circuitos que incluyen cargas perturbantes. Estos circuitos están separados de los demás circuitos a nivel más alto posible de la instalación BT para beneficiar de la atenuación de las perturbaciones por la impedancia de los cables.



#### Seleccionar un régimen de neutro adaptado

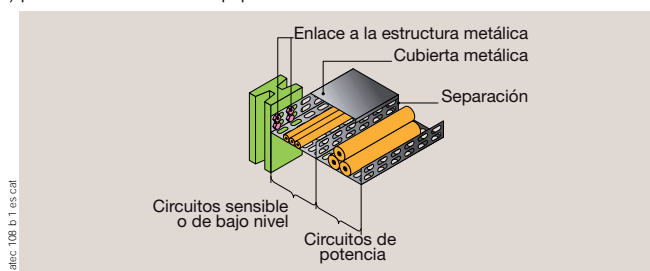
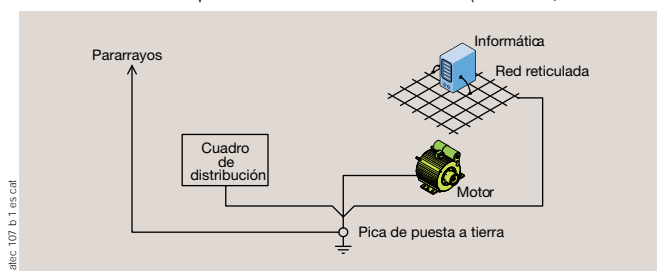
El régimen IT garantiza una continuidad de explotación evitando, por ejemplo, la apertura de los circuitos por disparo intempestivo de un dispositivo diferencial como consecuencia de una perturbación transitoria.

#### Asegurar la selectividad de las protecciones

La selectividad de las protecciones permite limitar el corte al circuito con fallo (ver páginas 54 a 57 y 79).

#### Cuidar la puesta a tierra de la red de las masas

- Por el establecimiento de redes de masas propias a algunas aplicaciones (informática, etc.); cada red tiene mallas para obtener la mejor equipotencialidad posible (la más pequeña resistencia entre los diferentes puntos de la red de masa).
- Uniendo estas masas en estrella, lo más cerca posible de la toma de tierra.
- Utilizando los conductos de cables, los pasacables, tubos, canales metálicos regularmente unidos a la masa e interconectados entre sí.
- Separando los circuitos perturbantes de los circuitos sensibles situados en los mismos conductos de cables.
- Utilizando lo más posible las masas mecánicas (armarios, estructuras...) para realizar masas equipotenciales.



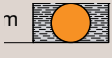
## Influencias externas

## Grados de protección IP

Se define por dos cifras y eventualmente por una letra adicional.

Se escribirá por ejemplo : IP55 o IPxxB (x = significa : valor indiferente).

Los números y letras adicionales se definen a continuación :

1 <sup>er</sup> numero Protección contra la penetración de cuerpos sólidos			2 <sup>do</sup> numero Protección contra la penetración de líquidos			Letra adicional <sup>(2)</sup>	Grados de protección Descripción abreviado
IP	Pruebas		IP	Pruebas			
0		Sin protección	0		Sin protección		
1		Protegido contra los cuerpos sólidos de un diámetro superior o igual a 50 mm	1		Protegido contra las gotas de agua en caída vertical (condensación)	A	Protegido contra el acceso con la palma de la mano
2 <sup>(1)</sup>		Protegido contra los cuerpos sólidos de un diámetro superior o igual a 12 mm	2		Protegido contra las gotas de agua en caída de hasta 15° de la vertical	B	Protegido contra el acceso con un dedo
3		Protegido contra los cuerpos sólidos de un diámetro superior o igual a 2,5 mm	3		Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical	C	Protegido contra el acceso con una herramienta
4		Protegido contra los cuerpos sólidos de un diámetro superior o igual a 1 mm	4		Protegido contra las proyecciones de agua de todas direcciones	D	Protegido contra el acceso con un hilo
5		Protegido contra el polvo (sin gran acumulación)	5		Protegido frente a los chorros de agua lanzados de todas direcciones		
6		Protegido totalmente contra el polvo	6		Protegido contra las proyecciones de agua asimilables a los golpes de mar		
Los dos primeros números característicos son definidos de manera idéntica por las normas NF EN 60529, IEC 60529 y DIN 40050			7		Protegidos frente a los efectos de inmersión		

## Nota

(1) La cifra 2 está determinada por dos pruebas :

- no penetración de una esfera de diámetro 12,5 mm
- no accesibilidad del dedo de prueba de diámetro 12 mm.

(2) La letra adicional define el acceso a las partes peligrosas únicamente.

## Ejemplo

Un equipo con una abertura que permite acceder con un dedo. No se clasificará IP2x. Sin embargo, si las partes accesibles al dedo no son peligrosas (electrocución, quemadura, etc.), el aparato podrá clasificarse xxB.

## Grados de protección frente a los impactos mecánicos

El código IK sustituye la 3ª cifra del código IP que existía en determinadas normas en vigor en Francia EN 62262/C 20015 (abril de 2004).

## Correspondencias IK/AG

Energía de choque (J)	0	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	6	10	20
Grado IK	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Clasificación AG (NF C 15100)			AG1					AG2	AG3			AG4
Antigua 3a cifra IP	0		1		3			5		7		9

"Se deberán prever dispositivos de protección para interrumpir cualquier corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que se produzca un calentamiento que pudiese dañar el aislamiento, las conexiones, los extremos o al entorno de las canalizaciones" (NF C 15100 § 433, IEC 60364).

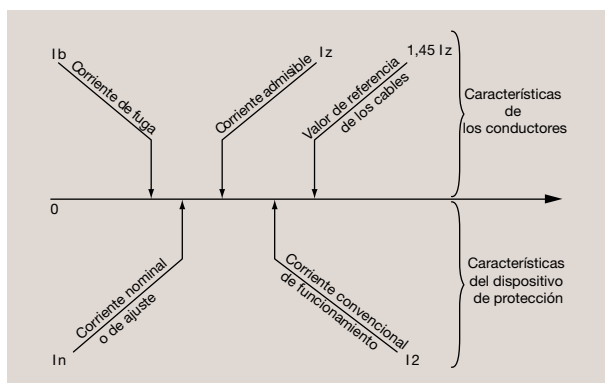
Para ello, se definen las corrientes siguientes :

- $I_b$  : corriente de empleo del circuito
- $I_z$  : corriente admisible del conductor
- $I_n$  : corriente asignada del dispositivo de protección
- $I_2$  : corriente que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección; en la práctica,  $I_2$  se considera igual:
  - a la corriente de funcionamiento en el tiempo convencional para los automáticos
  - a la corriente de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles de tipo gG.

Los conductores estarán protegidos si se reúnen las dos condiciones :

$$1: I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2: I_2 \leq 1,45 I_z$$



## Ejemplo

Alimentación de una carga de 150 kW bajo 400 V trifásico.

$I_b = 216$  A corriente necesaria a la carga

$I_n = 250$  A calibre del fusible gG que protege el circuito

$I_z = 298$  A corriente máxima admisible para un cable 3 x 95 mm<sup>2</sup> según el modo de instalación y las condiciones externas atribuidas por el método expuesto en las páginas siguientes

$I_2 = 400$  A corriente de fusión del fusible 250 A  
( $1,6 \times 250$  A = 400 A)

$$1,45 I_z = 1,45 \times 298 = 432$$

Se cumplen las condiciones 1 y 2:

$$I_b = 216 \text{ A} \leq I_n = 250 \text{ A} \leq I_z = 298 \text{ A}$$

$$I_2 = 400 \text{ A} \leq 1,45 I_z = 432 \text{ A}$$

## Determinación de la corriente $I_2$

Corriente que asegure el funcionamiento efectivo del dispositivo de protección :

Fusibles gG (IEC 60269-2-1)	Corriente $I_2$
Calibre $\leq 4$ A	$2,1 I_n$
$4 \text{ A} < \text{Calibre} < 16$ A	$1,9 I_n$
Calibre $\geq 16$ A	$1,6 I_n$
Automático industrial	$1,45 I_n$

Determinación de la corriente admisible  $I_z$  (según NF C 15100 e IEC 60364)

## Corrientes admisibles en los cables

El cuadro siguiente da el valor de corriente máxima  $I_z$  admisible para cada sección de los cables de cobre y aluminio. Deberán corregirse en función de los coeficientes siguientes:

- $K_m$ : coeficiente de modo de instalación (página 16)
- $K_n$ : coeficiente que toma en cuenta el número de cables instalados juntos (ver página 16)
- $K_t$ : coeficiente que toma en cuenta la temperatura ambiente y el tipo de cable (ver página 18).

Los coeficientes  $K_m$ ,  $K_n$  y  $K_t$  se determinan en función de las categorías de instalación de los cables: B, C, E o F (ver página 18).

La sección seleccionada deberá ser la siguiente:

$$I_z \geq I'_z = \frac{I_b}{K_m \times K_n \times K_t}$$

Los cables se clasifican en dos familias: PVC y PR (ver cuadro página 18). La cantidad siguiente proporciona el número de cables cargados. Los cables aislados con elastómero (caucho, butilo...) se clasifican en la familia PR.

## Ejemplo

PVC 3 indica un cable de la familia PVC con 3 conductores cargados (3 fases o 3 fases + neutro).

## Cuadro A

Categoría	Iz corriente máxima admisible en los conductores (A)								
B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
S mm <sup>2</sup> cobre									
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940
500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254
S mm <sup>2</sup> aluminio									
2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	
4	22	25	26	28	31	32	35	38	
6	28	32	33	36	39	42	45	49	
10	39	44	46	49	54	58	62	67	
16	53	59	61	66	73	77	84	91	
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	188	197	212	226	245	263	280	300	337
150		227	245	261	283	304	324	346	389
185		259	280	298	323	347	371	397	447
240		305	330	352	382	409	439	470	530
300		351	381	406	440	471	508	543	613
400					526	600	663		740
500					610	694	770		856
630					711	808	899		996

# Corrientes de sobrecarga

## Determinación de la corriente admisible $I_z$ (según NF C 15100 e IEC 60364) (continuación)

### Coeficiente $K_m$

Categoría	Modo de instalación	$K_m$			
		(a)	(b)	(c)	(d)
B	1. En paredes aislantes térmicamente	0,77	-	0,70	0,77
	2. Montaje aparente, empotrado en la pared o bajo perfilado	1	-	0,9	-
	3. En hueco de construcción o falso techo	0,95	-	0,865	0,95
	4. En canaletas	0,95	0,95	-	0,95
	5. En pasacables, molduras, zócalos	-	1	-	0,9
C	1. Cables mono o multiconductores empotrados directamente en una pared sin protección mecánica	-	-	-	1
	2. Cables fijos	-	-	-	1
	3. Conductores al descubierto o aislados en aislador	-	1,21	-	-
	4. Cables en conductos de cables no perforados	-	-	-	1
E o F	Cables multiconductores en o Cables monoconductores en	-	-	-	1

(a) Conductor aislado situado en un conducto.

(b) Conductor aislado no situado en un conducto.

(c) Cable situado en un conducto.

(d) Cable no situado en un conducto.

### Coeficiente $K_n$

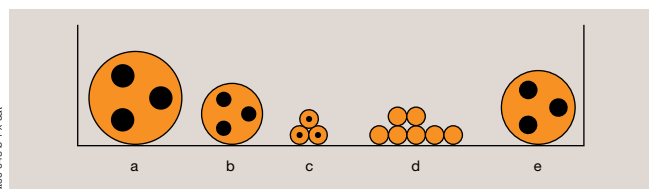
Cuadro A

Categoría	Disposición de los cables de unión	Factores de corrección $K_n$											
		Numero de circuitos o cables multiconductores											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	Empotrados o metidos en las paredes	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	Simple capa en los muros o los pisos o tablillas no perforadas	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Sin factor de reducción suplementario para más de 9 cables		
	Simple capa en el techo	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
E, F	Simple capa en tablillas horizontales perforadas o tablillas verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	Simple capa en escaleras de cables, repisas, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Cuando los cables están colocados en varias capas, será necesario multiplicar  $K_n$  por:

Cuadro B

Número de capas	2	3	4 y 5	6 a 8	9 y más
Coeficiente	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66



#### Ejemplo

En una bandeja perforada están colocados:

- 2 cables tripolares (2 circuitos a y b),
- 1 conjunto de 3 cables unipolares (1 circuito c),
- 1 conjunto formado por 2 conductores por fase (2 circuitos d),
- 1 cable tripolar en el que se busca  $K_n$  (1 circuito e).

El número total de circuitos es de 6. El método de referencia es el método E (bandeja perforada)  $K_n = 0,55$ .

### NF C 15100 § 523.6

De un modo general, se recomienda montar la menor cantidad posible de cables en paralelo. En cualquier caso, no deben ser más de cuatro. Si son más, se optará por canalizaciones prefabricadas.

**N.B.:** la publicación IEC 60364-4-41 incluye métodos particularmente interesantes de protección de conductores en paralelo contra sobrecargas por fusibles.



## Modos de instalación

Categoría B - 1							
Conductores aislados en conductos empotrados en paredes térmicamente aislantes.	Cables multiconductores en conductos empotrados en paredes térmicamente aisladas.	Conductores aislados en conductos en montaje aparente.	Cables mono o multiconductores en conductos en montaje aparente.	Conductores aislados en conductos perfilados en montaje aparente.	Cables mono o multiconductores en conductos perfilados en montaje aparente.	Conductores aislados en conductos empotrados en una pared.	Cables mono o multiconductores en conductos empotrados en una pared.
Categoría B - 2							
Conductores aislados o cables mono o multiconductores en pasacables fijados a las paredes: en recorrido horizontal.	Conductores aislados o cables mono o multiconductores en pasacables fijados a las paredes: en recorrido vertical.	Conductores aislados en pasacables empotrados en el suelo.	Cables mono o multiconductores en pasacables empotrados en el suelo.	Conductores aislados en pasacables suspendidos.	Cables mono o multiconductores en pasacables suspendidos.		
Categoría B - 3							
Cables mono o multiconductores en vacíos de construcción.	Conductores aislados en conductos en vacíos de construcción.	Cables mono o multiconductores en conductos en vacíos de construcción.	Conductores aislados en conductos perfilados en vacíos de construcción.	Cables mono o multiconductores en conductos perfilados en vacíos de construcción.	Conductores aislados en conductos perfilados integrados en la construcción.	Cables mono o multiconductores en conductos perfilados integrados en la construcción.	Cables mono o multiconductores: <ul style="list-style-type: none"> <li>• en techos falsos</li> <li>• en techos suspendidos.</li> </ul>
Categoría B - 4				Categoría B - 5			
Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aisladas.	Conductores aislados en conductos o cables multiconductores en alcantarillas cerradas con recorrido horizontal o vertical.	Conductores aislados en conductos en alcantarillas ventiladas.	Cables mono o multiconductores en alcantarillas abiertas o ventiladas.	Conductores aislados en molduras.	Conductores aislados o cables mono o multiconductores en plintos acanalados.	Conductores aislados en conductos o cables mono o multiconductores en las chambranas.	Conductores aislados en conductos o cables mono o multiconductores en los bastidores de ventanas.
Categoría C - 1		Categoría C - 2		Categoría C - 3		Categoría C - 4	
Cables mono o multiconductores empotrados directamente en paredes sin protección mecánica complementaria.	Cables mono o multiconductores empotrados directamente en paredes con protección mecánica complementaria.	Cables mono o multiconductores con o sin armadura: fijados a un muro.	Cables mono o multiconductores con o sin armadura: fijados a un techo.	Conductores al descubierto o aislados sobre aisladores.		Cables mono o multiconductores en conductos de cables o tabillas no perforadas.	
Categorías E - 1 <sup>(1)</sup> y F - 1 <sup>(2)</sup>		Categorías E - 2 <sup>(1)</sup> y F - 2 <sup>(2)</sup>		Categorías E - 3 <sup>(1)</sup> y F - 3 <sup>(2)</sup>		Categorías E - 4 <sup>(1)</sup> y F - 4 <sup>(2)</sup>	
En conductos de cables o tabillas perforadas, con recorrido horizontal o vertical.	Sobre repisas.	Sobre escaleras de cables.	Fijados por abrazaderas y espaciadas de la pared.	Cables mono o multiconductores suspendidos a un cable portador o autoportador.			

(1) Cables multiconductores.

(2) Cables monoconductores.

# Corrientes de sobrecarga

## Determinación de la corriente admisible $I_z$ (según NF C 15100 e IEC 60364) (continuación)

### Coeficiente $K_t$

Cuadro C

Temperatura ambiental (°C)	Aislantes		
	Elastómero (caucho)	PVC	PR/EPR
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58

### Ejemplo

para un cable aislado con PVC que se encuentre en un local donde la temperatura ambiente alcanza 40 °C.  $K_t = 0,87$ .

## Identificación de los cables

**Cuadro A:**  
equivalencias entre la antigua y nueva denominación (cables)

Antigua denominación (norma nacional)	Nueva denominación (norma armonizada)
U 500 VGV	A 05W - U (o R)
U 1000 SC 12 N	H 07 RN - F
U 500 SV 0V	A 05 W - F
U 500 SV 1V	

### Ejemplos

Se desea alimentar una carga trifásica con neutro de corriente nominal de 80 A ( $I_b = 80$  A). El cable utilizado, de tipo U 1 000 R2V está colocado en una bandeja perforada con otros tres circuitos, a una temperatura ambiental de 40 °C.  $I_z$  deberá ser como sigue:

$$I_z \geq I'_z = \frac{I_b}{K_m \times K_n \times K_t}$$

**Cuadro B: clasificación de los cables**

Cables PR		Cables PVC	
U 1000	R 12 N	FR-N 05	W-U, R
U 1000	R2V	FR-N 05	W-AR
U 1000	RVFV	FR-N 05	VL2V-U, R
U 1000	RGPFV	FR-N 05	VL2V-AR
H 07	RN-F	H 07	WH2-F
FR-N 07	RN-F	H 07	WD3H2-F
A 07	RN-F	H 05	W-F
FR-N 1	X1X2	H 05	WH2-F
FR-N 1	X1G1	FR-N 05	W5-F
FR-N 1	X1X2Z4X2	FR-N 05	WC4V5-F
FR-N 1	X1G1Z4G1	A 05	W-F
FR-N 07	X4X5-F	A 05	WH2-F
0,6/1	Trenzados		
FR-N 1	XDV-AR, AS, AU		
H 05	RN-F		
A 05	RN-F		
H 05	RR-F		
A 05	RR-F		

### Determinación de $I'_z$

- modo de colocación: E por tanto  $K_m = 1$

(ver tabla en página 16)

- número total de circuitos: 4 por tanto  $K_n = 0,77$

(ver tabla A en página 16)

- temperatura ambiental: 40 °C por tanto  $K_t = 0,91$  (ver tabla C).

De ahí

$$I'_z = \frac{80 \text{ A}}{1 \times 0,77 \times 0,91} = 114 \text{ A}$$

### Determinación de $I_z$

El cable U 1000 R2V es de tipo PR (ver cuadro B). El número de conductores cargados es de 3. Por tanto hay que consultar la columna PR3 de la tabla A página 15 correspondiente a la categoría E.

Se debe elegir  $I_z$  inmediatamente superior a  $I'_z$  por tanto  $I_z = 127$  A lo que corresponde a un cable de 3 x 25 mm<sup>2</sup> de cobre, protegido por un fusible gG de 100 A, o a un cable de 3 x 35 mm<sup>2</sup> aluminio, protegido por un fusible gG de 100 A.

## Protección de las canalizaciones contra las sobrecargas por fusibles gG

La columna I<sub>z</sub> da el valor de la corriente máxima admisible para cada sección de cables de cobre y aluminio, según la norma NF C 15100 y la guía UTE 15105.

La columna F da el calibre del fusible gG asociado a la sección y al tipo de cable.

Las categorías B, C, E y F corresponden a los diferentes modos de instalación de los cables (ver página 17).

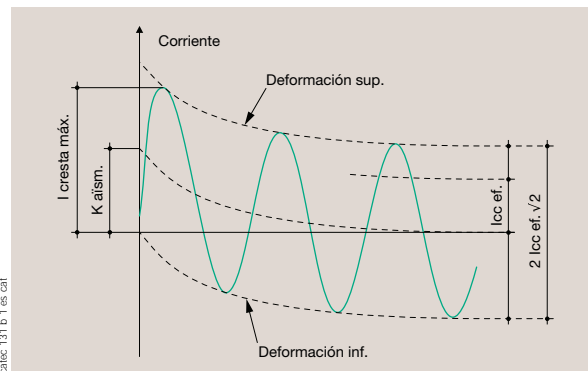
Los cables se clasifican en dos familias: PVC y PR (ver cuadro página 18). El número colocado después proporciona el número de conductores cargados (PVC 3 indica un cable de la familia PVC con 3 conductores cargados: 3 fases o 3 fases + neutro).

**Ejemplo:** un cable PR3 de 25 mm<sup>2</sup> de cobre instalado en categoría E está limitado a 127 A y protegido por un fusible de 100 A gG.

Categoría	Corriente admisible (I <sub>z</sub> ) protección de fusible asociada (F)																	
B	PVC3		PVC2				PR3				PR2							
C			PVC3				PVC2		PR3				PR2					
E					PVC3				PVC2		PR3				PR2			
F							PVC3				PVC2		PR3				PR2	
S mm²																		
Cobre	I <sub>z</sub>	F	I <sub>z</sub>	F	I <sub>z</sub>	F	I <sub>z</sub>	F	I <sub>z</sub>	F	I <sub>z</sub>	F	I <sub>z</sub>	F	I <sub>z</sub>	F	I <sub>z</sub>	F
1,5	15,5	10	17,5	10	18,5	16	19,5	16	22	16	23	20	24	20	26	20		
2,5	21	16	24	20	25	20	27	20	30	25	31	25	33	25	36	32		
4	28	25	32	25	34	25	36	32	40	32	42	32	45	40	49	40		
6	36	32	41	32	43	40	46	40	51	40	54	50	58	50	63	50		
10	50	40	57	50	60	50	63	50	70	63	75	63	80	63	86	63		
16	68	50	76	63	80	63	85	63	94	80	100	80	107	80	115	100		
25	89	80	96	80	101	80	112	100	119	100	127	100	138	125	149	125	161	125
35	110	100	119	100	126	100	138	125	147	125	158	125	171	125	185	160	200	160
50	134	100	144	125	153	125	168	125	179	160	192	160	207	160	225	200	242	200
70	171	125	184	160	196	160	213	160	229	200	246	200	269	160	289	250	310	250
95	207	160	223	200	238	200	258	200	278	250	298	250	328	250	352	315	377	315
120	239	200	259	200	276	250	299	250	322	250	346	315	382	315	410	315	437	400
150			299	250	319	250	344	315	371	315	399	315	441	400	473	400	504	400
185			341	250	364	315	392	315	424	315	456	400	506	400	542	500	575	500
240			403	315	430	315	461	400	500	400	538	400	599	500	641	500	679	500
300			464	400	497	400	530	400	576	500	621	500	693	630	741	630	783	630
400									656	500	754	630	825	630			840	800
500									749	630	868	800	946	800			1083	1000
630									855	630	1005	800	1088	800			1254	1000
Aluminio																		
2,5	16,5	10	18,5	10	19,5	16	21	16	23	20	24	20	26	20	28	25		
4	22	16	25	20	26	20	28	25	31	25	32	25	35	32	38	32		
6	28	20	32	25	33	25	36	32	39	32	42	32	45	40	49	40		
10	39	32	44	40	46	40	49	40	54	50	58	50	62	50	67	50		
16	53	40	59	50	61	50	66	50	73	63	77	63	84	63	91	80		
25	70	63	73	63	78	63	83	63	90	80	97	80	101	80	108	100	121	100
35	86	80	90	80	96	80	103	80	112	100	120	100	126	100	135	125	150	125
50	104	80	110	100	117	100	125	100	136	125	146	125	154	125	164	125	184	160
70	133	100	140	125	150	125	160	125	174	160	187	160	198	160	211	160	237	200
95	161	125	170	125	183	160	195	160	211	160	227	200	241	200	257	200	289	250
120	188	160	197	160	212	160	226	200	245	200	263	250	280	250	300	250	337	250
150			227	200	245	200	261	200	283	250	304	250	324	250	346	315	389	315
185			259	200	280	250	298	250	323	250	347	315	371	315	397	315	447	400
240			305	250	330	250	352	315	382	315	409	315	439	400	470	400	530	400
300			351	315	381	315	406	315	440	400	471	400	508	400	543	500	613	500
400									526	400	600	500	663	500			740	630
500									610	500	694	630	770	630			856	630
630									711	630	808	630	899	800			996	800

Una intensidad de cortocircuito es una corriente que provoca un defecto de impedancia insignificante entre puntos de instalación que presentan normalmente una diferencia de potencial. Se distinguen 3 niveles de corriente de cortocircuito:

- la corriente de **cortocircuito cresta** ( $I_{cc \text{ cresta}}$ ) que corresponde al valor extremo de la onda, generando elevadas fuerzas electrodinámicas principalmente a nivel de los embarrados y de los contactos o conexiones del equipo,
- la corriente de **cortocircuito eficaz** ( $I_{cc \text{ ef}}$ ): valor eficaz de la corriente de defecto que provoca calentamiento en los aparatos y los conductores y puede llevar las masas de los materiales eléctricos a un potencial peligroso,
- la corriente de **cortocircuito mínima** ( $I_{cc \text{ min}}$ ): valor eficaz de la corriente de defecto que se establece en circuitos de impedancia elevada (conductor de sección reducida y canalización de gran longitud...) y en el que además esta impedancia ha aumentado por el calentamiento de la canalización con defecto. Se necesita eliminar rápidamente este tipo de defecto llamado impedante por medios apropiados.



## Cálculo del $I_{cc}$ de una fuente

### Con un transformador

- Evaluación rápida en función de la potencia del transformador:

Sectores	$I_n$	$I_{cc \text{ ef}}$
127/220 V	$S \text{ (kVA)} \times 2,5$	$I_n \times 20$
220/380 V	$S \text{ (kVA)} \times 1,5$	$I_n \times 20$

- Evaluación rápida en función de la tensión de cortocircuito del transformador ( $u$ ):

$$I_{cc} \text{ (A ef)} = \frac{S}{U \sqrt{3}} \times \frac{100}{u} \times k$$

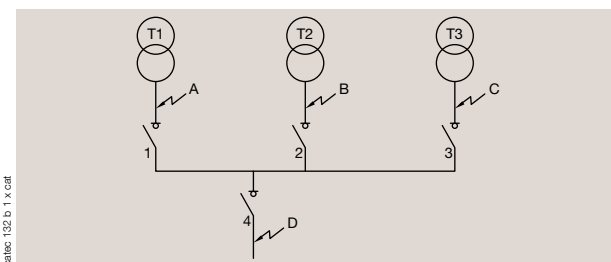
$S$ : potencia (VA)  
 $U$ : tensión compuesta (V)

$u$ : tensión de cortocircuito (%)  
 $k$ : coeficiente para tomar en cuenta las impedancias situadas arriba (por ejemplo 0,8).

### Con "n" transformadores en paralelo

"n" es el número de transformadores.

- T1; T2; T3 idénticos.
- Cortocircuito en A, B o C, los aparatos 1, 2 o 3 deben soportar:  
 $I_{ccA} = (n-1) \times I_{cc}$  de un transformador (o sea 2  $I_{cc}$ ).
- Cortocircuito en D, el aparato 4 debe soportar:  
 $I_{ccD} = n \times I_{cc}$  de un transformador (o sea 3  $I_{cc}$ ).



Cortocircuito con varios transformadores en paralelo.

### $I_{cc}$ de las baterías

Los valores de  $I_{cc}$  de una batería de acumuladores son aproximadamente:

$I_{cc} = 15 \times Q$  (plomo abierto)

$I_{cc} = 40 \times Q$  (plomo estanco)

$I_{cc} = 20 \times Q$  (Ni-Cd)

$Q$  (Ah): capacidad en amperios - hora.

## Cálculo de la $I_{cc}$ de una fuente (continuación)

### $I_{cc}$ de los grupos generadores

La impedancia interna de un alternador depende de su construcción. Ésta puede caracterizarse por dos valores expresados en %:

la reactancia transitoria  $X'd$ :

- 15 a 20% de un turboalternador,
- 25 a 35% para un alternador de polos salientes (la reactancia subtransitoria es insignificante).

la reactancia homopolar  $X'o$ :

se puede evaluar al 6% en ausencia de indicaciones más precisas. Se puede calcular:

$$I_{cc3} = \frac{k_3 \times P}{U_0 \times X'd}$$

$$I_{cc2} = 0,86 \times I_{cc3}$$

$$I_{cc1} = \frac{k_1 \times P}{U_0 (2X'd + X'o)}$$

$P$ : potencia del alternador en kVA

$U_0$ : tensión simple

$X'd$ : reactancia transitoria

$k_3 = 0,37$  para  $I_{cc3}$  máx

$k_3 = 0,33$  para  $I_{cc3}$  mín

$X'o$ : reactancia homopolar

$k_1 = 1,1$  para  $I_{cc1}$  máx

$k_1 = 1,1$  para  $I_{cc1}$  mín

**Ejemplo:**  $P = 400$  kVA  $X'd = 30\%$   $X'o = 6\%$   $U_0 = 230$  V

$$I_{cc3} \text{ máx.} = \frac{0,37 \times 400}{230 \times \frac{30}{100}} = 2,14 \text{ kA}$$

$$I_{cc1} \text{ máx.} = \frac{1,1 \times 400}{230 \times \left[ 2 \times \frac{30}{100} + \frac{6}{100} \right]} = 2,944 \text{ kA} \quad I_{cc2} \text{ máx.} = 1,844 \text{ kA}$$

## Cálculo del $I_{cc}$ de una instalación BT

### Generalidades

El cálculo de las intensidades de cortocircuito tiene como objetivo determinar:

- el poder de corte del dispositivo de protección (PdC),
- la sección de los conductores que permita:
  - soportar el esfuerzo térmico de la intensidad de cortocircuito,
  - garantizar la apertura del dispositivo de protección contra contactos indirectos en el tiempo prescrito por la norma NF C 15100 e IEC 60364,
- la resistencia mecánica de los soportes de conductor (esfuerzos electrodinámicos).

El PdC del dispositivo de protección se determina a partir de  $I_{cc}$  máx. calculado en sus bornes.

La sección de los conductores depende de  $I_{cc}$  mín. calculado en los bornes del receptor.

La resistencia mecánica de los soportes de los conductores se determina a partir del cálculo de  $I_{cc}$  cresta restado del  $I_{cc}$  máx.

El cálculo de las intensidades de cortocircuito se puede llevar a cabo con uno de los tres métodos siguientes:

#### Método convencional

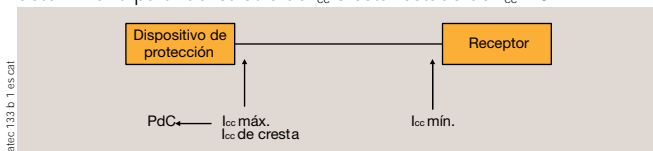
Permite calcular  $I_{cc}$  mín.

#### Método de las impedancias

El método de las impedancias consiste en calcular la impedancia  $Z$  del circuito de defecto teniendo en cuenta la impedancia de la fuente de alimentación (red, baterías, grupo, etc.). Este método es preciso y permite calcular  $I_{cc}$  máx. et  $I_{cc}$  mín., pero se necesitan conocer los parámetros del circuito con fallo (ver página 22).

#### Método rápido

Se aplica el método rápido cuando no se conocen todos los parámetros del circuito de defecto. La corriente de cortocircuito o  $I_{cc}$  se determina en un punto de la red, conociendo la  $I_{cc}$  aguas arriba y la longitud y la sección de conexión en el punto aguas arriba (ver página 25). Este método sólo indica el valor de la  $I_{cc}$  máx.



# Intensidades de cortocircuitos

## Cálculo del $I_{cc}$ de una instalación BT (continuación)

### Método convencional

Da el valor de  $I_{cc}$  mín. al extremo de una instalación que no es alimentada por un alternador.

$$I_{cc} = A \times \frac{0,8 U \times S}{2 \rho L}$$

$U$ : tensión entre fases en V

$L$ : longitud de la canalización en metros

$S$ : sección de los conductores en  $mm^2$

$\rho = 0,028 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$  para el cobre en protección fusible

$0,044 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$  para el aluminio en protección fusible

$0,023 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$  para el cobre en protección automático

$0,037 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$  para el aluminio en protección automático

$A = 1$  para los circuitos con neutro (sección neutro = sección fase)

$1,73$  para los circuitos sin neutro

$0,67$  para los circuitos con neutro (sección neutro =  $1/2$  sección fase)

Para secciones de cables superiores o iguales a  $150 \text{ mm}^2$ , se debe tener en cuenta la reactancia dividiendo el valor de  $I_{cc}$  por: cable de  $150 \text{ mm}^2$ : 1,15; cable de  $185 \text{ mm}^2$ : 1,2; cable de  $240 \text{ mm}^2$ : 1,25; cable de  $300 \text{ mm}^2$ : 1,3

### Método de las impedancias

Este método consiste en sumar todas las resistencias  $R$  y todas las reactancias  $X$  del circuito arriba del cortocircuito (ver página siguiente) y luego en calcular la impedancia  $Z$ .

$$Z_{(m\Omega)} = \sqrt{R_{(m\Omega)}^2 + X_{(m\Omega)}^2}$$

Este método permite calcular:

$I_{cc3}$ : intensidad de cortocircuito trifásico

$$I_{cc3} = 1,1 \times \frac{U_0}{Z_3}$$

$U_0$ : tensión simple (230V en una red 230/400)

$Z_3$ : impedancia del circuito trifásico (ver página XX).

$I_{cc2}$ : intensidad de cortocircuito entre 2 fases

$$I_{cc2} = 0,86 \times I_{cc3}$$

$I_{cc1}$ : intensidad de cortocircuito monofásico

$$I_{cc1} = 1,1 \times \frac{U_0}{Z_1}$$

$U_0$ : tensión simple (230V en una red 230/400)

$Z_1$ : impedancia del circuito monofásico (ver página 24).

$I_{cc}$  cresta

Si se requieren conocer los esfuerzos electrodinámicos, por ejemplo en un soporte para embarrados, se tiene que calcular  $I_{cc}$  cresta:

$$I_{cc \text{ cresta } (kA)} = I_{cc \text{ ef } (kA)} \times \sqrt{2} \times k$$

$k$ : coeficiente de asimetría dado abajo

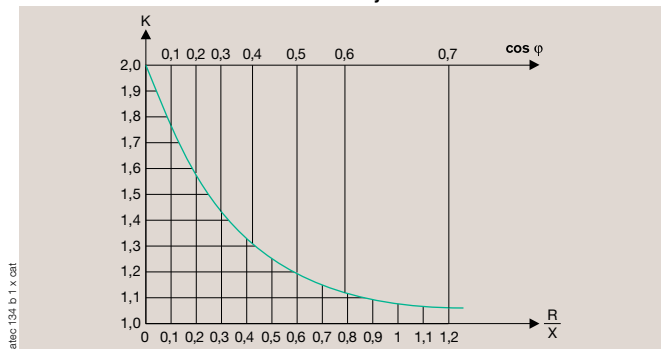


Fig. 1

$k = 1$  para un régimen simétrico ( $\cos \varphi = 1$ ).

**Nota:** se utilizará más naturalmente el valor de  $R/X$ , que se puede utilizar más ventajosamente en este diagrama.


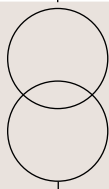

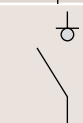
## Cálculo del $I_{cc}$ de una instalación BT (continuación)

### Método de las impedancias (continuación)

Determinación de los valores de "R" y de "X" (red)      R = resistencia      X = reactancia

El cuadro de abajo da los valores de R y X para las diferentes partes del circuito hasta el punto de cortocircuito.

Para calcular la impedancia del circuito de fallo, se deben sumar por separado los R y los X (ver ejemplo página 24).

Esquema	Valores de R y X																																																				
	Red arriba Valores de "R" y "X" arriba de los transformadores AT/BT (400 V) en función de la potencia de cortocircuito (Pcc en MVA) de esta red.																																																				
	<table><tr><th>MVA</th><th>Red</th><th>R (mΩ)</th><th>X (mΩ)</th></tr><tr><td>500</td><td>&gt; 63 kV</td><td>0,04</td><td>0,35</td></tr><tr><td>250</td><td>&gt; 24 kV cerca de las centrales</td><td>0,07</td><td>0,7</td></tr><tr><td>125</td><td>&gt; 24 kV lejos de las centrales</td><td>0,14</td><td>1,4</td></tr></table>	MVA	Red	R (mΩ)	X (mΩ)	500	> 63 kV	0,04	0,35	250	> 24 kV cerca de las centrales	0,07	0,7	125	> 24 kV lejos de las centrales	0,14	1,4																																				
	MVA	Red	R (mΩ)	X (mΩ)																																																	
500	> 63 kV	0,04	0,35																																																		
250	> 24 kV cerca de las centrales	0,07	0,7																																																		
125	> 24 kV lejos de las centrales	0,14	1,4																																																		
Si se conoce la potencia de cortocircuito (Pcc) U0 tensión en vacío (400 V o 230 V en AC 50 Hz).																																																					
	<div><math>R_{(m\Omega)} = 0,1 \times X_{(m\Omega)}</math></div> <div><math>X_{(m\Omega)} = \frac{3,3 \times U_0^2}{P_{cc} \text{ kVA}}</math></div>																																																				
	Transformadores sumergidos de secundarios 400 V Valores de "R" y "X" en función de la potencia del transformador.																																																				
	<table><tr><th>P (kVA)</th><td>50</td><td>100</td><td>160</td><td>200</td><td>250</td><td>400</td><td>630</td><td>1000</td><td>1250</td><td>1600</td><td>2000</td><td>2500</td></tr><tr><th>Icc (kA)</th><td>1,80</td><td>3,60</td><td>5,76</td><td>7,20</td><td>9,00</td><td>14,43</td><td>22,68</td><td>24,01</td><td>30,03</td><td>38,44</td><td>48,04</td><td>60,07</td></tr><tr><th>R (mΩ)</th><td>43,7</td><td>21,9</td><td>13,7</td><td>10,9</td><td>8,7</td><td>5,5</td><td>3,5</td><td>3,3</td><td>2,6</td><td>2,0</td><td>1,6</td><td>1,31</td></tr><tr><th>X (mΩ)</th><td>134</td><td>67</td><td>41,9</td><td>33,5</td><td>26,8</td><td>16,8</td><td>10,6</td><td>10,0</td><td>8,0</td><td>6,3</td><td>5,0</td><td>4,01</td></tr></table>	P (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1000	1250	1600	2000	2500	Icc (kA)	1,80	3,60	5,76	7,20	9,00	14,43	22,68	24,01	30,03	38,44	48,04	60,07	R (mΩ)	43,7	21,9	13,7	10,9	8,7	5,5	3,5	3,3	2,6	2,0	1,6	1,31	X (mΩ)	134	67	41,9	33,5	26,8	16,8	10,6	10,0	8,0	6,3	5,0	4,01
	P (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1000	1250	1600	2000	2500																																								
Icc (kA)	1,80	3,60	5,76	7,20	9,00	14,43	22,68	24,01	30,03	38,44	48,04	60,07																																									
R (mΩ)	43,7	21,9	13,7	10,9	8,7	5,5	3,5	3,3	2,6	2,0	1,6	1,31																																									
X (mΩ)	134	67	41,9	33,5	26,8	16,8	10,6	10,0	8,0	6,3	5,0	4,01																																									
Conductores																																																					
	<div><math>R_{(m\Omega)} = \frac{\rho \times l_{(m)}}{S_{(mm^2)}}</math></div> con <div><math>\rho = \frac{m\Omega \times mm^2}{m}</math></div>																																																				
	<table><tr><th></th><th colspan="3">Resistividad ρ en 10-6 mΩ.m</th></tr><tr><th></th><th>Icc máx.</th><th colspan="2">Icc mín.</th></tr><tr><th></th><th></th><th>Protección con fusible</th><th>Protección con automático</th></tr><tr><td>Cobre</td><td>18,51</td><td>28</td><td>23</td></tr><tr><td>Aluminio</td><td>29,4</td><td>44</td><td>35</td></tr></table>		Resistividad ρ en 10-6 mΩ.m				Icc máx.	Icc mín.				Protección con fusible	Protección con automático	Cobre	18,51	28	23	Aluminio	29,4	44	35																																
		Resistividad ρ en 10-6 mΩ.m																																																			
	Icc máx.	Icc mín.																																																			
		Protección con fusible	Protección con automático																																																		
Cobre	18,51	28	23																																																		
Aluminio	29,4	44	35																																																		
<div><math>X_{(m\Omega)} = 0,08 \times l_{(m)}</math> (cables multipolares o cables monopolares en trébol)<sup>(1)</sup> <math>X_{(m\Omega)} = 0,13 \times l_{(m)}</math> (cables monopolares contiguos en capa)<sup>(1)</sup> <math>X_{(m\Omega)} = 0,09 \times l_{(m)}</math> (cables monoconductores separados)</div> <div><math>X_{(m\Omega)} = 0,15 \times l_{(m)}</math> (embarrados)<sup>(1)</sup></div> <div>(1) Cobre y aluminio</div>																																																					
	Aparato en posición cerrada																																																				
	<div><math>R = 0</math> y <math>X = 0,15 \text{ m}\Omega</math></div>																																																				

## Cálculo del $I_{cc}$ de una instalación BT (continuación)




### Método de las impedancias (continuación)

#### Ejemplo de cálculo de la $I_{cc}$ máx.

$\rho_{\text{cobre}} = 18,51$

$\rho_{\text{aluminio}} = 29,4$

$U_0 = 230 \text{ V}$

				Fases		Neutro		Protección	
				R	X	R	X	R	X
Red: 250 MVA		$R = 0,07 \text{ m}\Omega$	$X = 0,7 \text{ m}\Omega$	0,07	0,7				
Transformador de 630 kVA		$R = 3,5 \text{ m}\Omega$	$X = 10,6 \text{ m}\Omega$	3,5	10,6				
Cables: aluminio									
Ph: $l = 10 \text{ m}$ $4 \times 240 \text{ mm}^2$		$R = \frac{29,4 \times 10}{240 \times 4} = 0,306 \text{ m}\Omega$	$X = \frac{0,13 \times 10}{4} = 0,325 \text{ m}\Omega$	0,306	0,325				
N: $l = 10 \text{ m}$ $2 \times 240 \text{ mm}^2$		$R = \frac{29,4 \times 10}{240 \times 2} = 0,612 \text{ m}\Omega$	$X = \frac{0,13 \times 10}{2} = 0,65 \text{ m}\Omega$			0,612	0,65		
PE: $l = 12 \text{ m}$ $1 \times 240 \text{ mm}^2$		$R = \frac{29,4 \times 12}{240} = 1,47 \text{ m}\Omega$	$X = 0,13 \times 12 = 1,56 \text{ m}\Omega$					1,47	1,56
Equipo		(protección del transformador)	$X = 0,15 \text{ m}\Omega$		0,15				
		Subtotal: nivel "llegada" CGBT ( $\Sigma$ )		3,87	11,77	0,612	0,65	1,47	1,56
Embarrados cobre $l = 3 \text{ m}$									
Ph: $2 \times 100 \times 5$		$R = \frac{18,51 \times 3}{2 \times 100 \times 5} = 0,055 \text{ m}\Omega$	$X = 0,15 \times 3 = 0,45 \text{ m}\Omega$	0,055	0,45				
N: $1 \times 100 \times 5$		$R = \frac{18,51 \times 3}{1 \times 100 \times 5} = 0,11 \text{ m}\Omega$	$X = 0,15 \times 3 = 0,45 \text{ m}\Omega$			0,11	0,45		
PE: $1 \times 40 \times 5$		$R = \frac{18,51 \times 3}{40 \times 5} = 0,277 \text{ m}\Omega$	$X = 0,15 \times 3 = 0,45 \text{ m}\Omega$					0,277	0,45
Total a nivel del embarrado ( $\Sigma$ ):				3,925	12,22	0,722	1,1	1,75	2,01

#### A la entrada en el cuadro general BT

- Impedancia del circuito trifásico:

$$Z_3 = \sqrt{R_f^2 + X_f^2}$$

$$Z_3 = \sqrt{(3,87)^2 + (11,77)^2} = 12,39 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc3} \text{ máx.} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{12,39 \text{ m}\Omega} = 20,5 \text{ kA}$$

$$I_{cc2} \text{ máx.} = 0,86 \times 20,5 \text{ kA} = 17,6 \text{ kA}$$

- Impedancia del circuito monofásico:

$$Z_1 = \sqrt{(R_{ph} + R_n)^2 + (X_{ph} + X_n)^2}$$

$$Z_1 = \sqrt{(3,87 + 0,612)^2 + (11,77 + 0,65)^2} = 13,2 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc1} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{13,2 \text{ m}\Omega} = 19,2 \text{ kA}$$

#### Ejemplo de cálculo $I_{cc} \text{ min.}$

El cálculo de  $I_{cc} \text{ min}$  es idéntico al cálculo anterior reemplazando las resistividades del cobre y del aluminio por:

$\rho_{\text{cobre}} = 28$   $\rho_{\text{alu}} = 44$

- Impedancia del circuito monofásico fase/neutro:

$$Z_1 = \sqrt{(4,11 + 1,085)^2 + (12,22 + 1,1)^2} = 14,3 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc1} \text{ min.} = \frac{230 \text{ V}}{14,3 \text{ m}\Omega} = 16 \text{ kA}$$

#### A la entrada en el embarrado

- Impedancia del circuito trifásico:

$$Z_3 = \sqrt{R_f^2 + X_f^2}$$

$$Z_3 = \sqrt{(3,925)^2 + (12,22)^2} = 12,8 \text{ m}\Omega$$

$$I'_{cc3} \text{ máx.} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{12,8 \text{ m}\Omega} = 19,8 \text{ kA}$$

$$I'_{cc2} \text{ máx.} = 0,86 \times 19,8 \text{ kA} = 17 \text{ kA}$$

$$\frac{R}{X} = \frac{3,925}{12,22} = 0,32 \text{ (según la figura 1 página 22), } k = 1,4$$

$$I'_{cc} \text{ cresta} = \sqrt{19,8 \times 2 \times 1,4} = 39,2 \text{ kA}$$

Se requiere este valor de 39,2 kA cresta para definir la resistencia dinámica de los embarrados y del aparellaje.

- Impedancia del circuito monofásico:

$$Z_1 = \sqrt{(R_{ph} + R_n)^2 + (X_{ph} + X_n)^2}$$

$$Z_1 = \sqrt{(3,925 + 0,722)^2 + (12,22 + 1,1)^2} = 14,1 \text{ m}\Omega$$

$$I'_{cc1} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{14,1 \text{ m}\Omega} = 18 \text{ kA}$$

- Impedancia del circuito monofásico fase/protección:

$$Z_1 = \sqrt{(4,11 + 2,62)^2 + (12,22 + 2,01)^2} = 15,74 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc1} \text{ min.} = \frac{230 \text{ V}}{15,74 \text{ m}\Omega} = 14,6 \text{ kA}$$



## Cálculo del $I_{cc}$ de una instalación BT (continuación)

### Método rápido

Este método es rápido pero aproximado, permite determinar  $I_{cc}$  en un punto de la red en el que se conoce  $I_{cc}$  arriba, así como la longitud y la sección de conexión en un punto arriba (según guía UTE 15105).

Los cuadros de abajo son válidos para las redes de tensión entre fases 400 V (con o sin neutro).

¿Cómo proceder? En la parte 1 de la tabla (conductores de cobre) o 3 (conductores de aluminio), hay que situarse en la línea correspondiente a la sección de los conductores de fase. A continuación se debe avanzar por la línea hasta el valor inmediatamente inferior a la longitud de la canalización. Descienda (cobre) o suba (aluminio) verticalmente hasta la parte 2 de la tabla y deténgase en la línea correspondiente a la  $I_{cc}$  aguas arriba. El valor leído en la intersección es el valor de la  $I_{cc}$  buscado.

**Ejemplo:**  $I_{cc}$  aguas arriba = 20 kA, canalización: 3 x 35 mm<sup>2</sup> cobre, longitud 17 m. En la línea 35 mm<sup>2</sup>, la longitud inmediatamente inferior a 17 m es 15 m. La intersección de la columna 15 m y de la línea 20 kA da  $I_{cc}$  aguas abajo = 12,3 kA.

Sección de los conductores de fase (mm²)										Longitud de la canalización en metros																			
Cobre	1,5																1,3	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21				
	2,5														1,1	1,5	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34				
	4														1,7	1,9	2,6	3,7	5,3	7,4	10,5	15	21	30	42				
	6													1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	7,9	11,2	16	22	32	45	63				
	10										2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	68	97	137						
	16								1,7	2,4	3,4	4,8	6,8	9,7	14	19	27	39	55	77	110	155	219						
	25					1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,7	15	21	30	43	61	86	121	171	242	342							
	35					1,9	2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339	479							
	50				1,8	2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460								
	70					2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339									
	95				2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460									
	120		1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	13	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411										
	150	1,2	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447										
	185	1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528										
	240	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21	29	41	58	82	116	164	232	329	465	658										
	300	2,2	3,1	4,4	6,2	8,7	12,3	17	25	35	49	70	99	140	198	279	395	559											
	2 x 120	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	12,8	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411	581											
	2 x 150	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14,0	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447	632											
	2 x 185	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16,5	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528	747											
3 x 120	3,4	4,8	6,8	9,6	13,6	19	27	39	54	77	109	154	218	308	436	616													
3 x 150	3,7	5,2	7,4	10,5	14,8	21	30	42	59	84	118	168	237	335	474	670													
3 x 185	4,4	6,2	8,8	12,4	17,5	25	35	49	70	99	140	198	280	396	560														
I <sub>cc</sub> aguas arriba (kA)										I <sub>cc</sub> en el punto considerado (kA)																			
I <sub>cc</sub>	100	93,5	91,1	87,9	83,7	78,4	71,9	64,4	56,1	47,5	39,01	31,2	24,2	18,5	13,8	10,2	7,4	5,4	3,8	2,8	2,0	1,4	1,0						
90	82,7	82,7	80,1	76,5	72,1	66,6	60,1	52,8	45,1	37,4	30,1	23,6	18,1	13,6	10,1	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0							
80	74,2	74,2	72,0	69,2	65,5	61,0	55,5	49,2	42,5	35,6	28,9	22,9	17,6	13,3	9,9	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0							
70	65,5	65,5	63,8	61,6	58,7	55,0	50,5	45,3	39,5	33,4	27,5	22,0	17,1	13,0	9,7	7,2	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0							
60	56,7	56,7	55,4	53,7	51,5	48,6	45,1	40,9	36,1	31,0	25,8	20,9	16,4	12,6	9,5	7,1	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0							
50	47,7	47,7	46,8	45,6	43,9	41,8	39,2	36,0	32,2	28,1	23,8	19,5	15,6	12,1	9,2	6,9	5,1	3,7	2,7	1,9	1,4	1,0							
40	38,5	38,5	37,9	37,1	36,0	34,6	32,8	30,5	27,7	24,6	21,2	17,8	14,5	11,4	8,8	6,7	5,0	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0							
35	33,8	33,8	33,4	32,8	31,9	30,8	29,3	27,5	25,2	22,6	19,7	16,7	13,7	11,0	8,5	6,5	4,9	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0							
30	29,1	29,1	28,8	28,3	27,7	26,9	25,7	24,3	22,5	20,4	18,0	15,5	12,9	10,4	8,2	6,3	4,8	3,5	2,6	1,9	1,4	1,0							
25	24,4	24,4	24,2	23,8	23,4	22,8	22,0	20,9	19,6	18,0	16,1	14,0	11,9	9,8	7,8	6,1	4,6	3,4	2,5	1,9	1,3	1,0							
20	19,6	19,6	19,5	19,2	19,0	18,6	18,0	17,3	16,4	15,2	13,9	12,3	10,6	8,9	7,2	5,7	4,4	3,3	2,5	1,8	1,3	1,0							
15	14,8	14,8	14,7	14,6	14,4	14,2	13,9	13,4	12,9	12,2	11,3	10,2	9,0	7,7	6,4	5,2	4,1	3,2	2,4	1,8	1,3	0,9							
10	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,0	8,6	8,2	7,6	6,9	6,2	5,3	4,4	3,6	2,9	2,2	1,7	1,2	0,9							
7	7,0	7,0	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,1	5,7	5,3	4,9	4,3	3,7	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9							
5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,1	2,7	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8							
4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0	0,8						
3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8						
2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7							
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5								
Sección de los conductores de fase (mm²)										Longitud de la canalización en metros																			
Aluminio	2,5																1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,8	15	22				
	4																1,6	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	40		
	6																1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,6	16	23	33	47	66	
	10																2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34	49	69	98	138
	16																3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34	49	69	98	138	
	25																4,8	6,7	9,5	13	19	27	38	54	76	108	152	216	
	35																6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302	
	50																9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302	427	
	70																13	18	26	36	51	72	102	145	205	290	410		
	95																18	26	36	51	72	102	145	205	290	410			
	120																23	32	46	65	91	129	183	259	366				
	150																32	46	65	91	129	183	259	366					
	185																42	59	83	117	166	235	332	470					
	240																59	83	117	166	235	332	470						
	300																82	116	166	235	332	470							
	2 X 120	1,4	1,9	2,7	3,9	5,5	7,8	11,0	16	22	31	44	62	88	124	176	249	352	497										
	2 X 150	1,6	2,2	3,1	4,4	6,2	8,8	12	18	25	35	50	70	99	141	199	281	398											
	2 X 185	1,8	2,6	3,7	5,2	7,3	10,4	15	21	29	42	59	83	117	166	235	332	470											
	2 X 240	2,3	3,2	4,6	6,5	9,1	12,9	18	26	37	52	73	103	146	207	293	414	585											
3 X 120	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	69	97	137	194	274	388	549												
3 X 150	2,3	3,3	4,7	6,6	9,3	13,2	19	26	37	53	75	105	149	211	298	422	596												
3 X 185	2,8	3,9	5,5	7,8	11,0	15,6	22	31	44	62	88	125	176	249	352	498	705												
3 X 240	3,4	4,8	6,9	9,7	13,7	19	27	39	55	78	110	155	219	310	439	621													

# Intensidades de cortocircuitos

## Protección de las canalizaciones

Las intensidades de cortocircuito provocan un esfuerzo térmico en los conductores. Para evitar la degradación de los aislantes de los cables (que pueden conducir posteriormente a defectos de aislamiento) o al deterioro de los soportes para embarrados, se deben usar conductores con las secciones mínimas que se indican a continuación.

### Embarrados

El efecto térmico de la intensidad de cortocircuito a nivel de un embarrado se traduce por el calentamiento de los conductores. Este calentamiento debe ser compatible con las características de los soportes para embarrados.

**Ejemplo:** para un soporte para embarrados SOCOMEC (temperatura de embarrado de 80 °C antes del cortocircuito).

$$S \text{ min. (mm}^2\text{)} = 1000 \times \frac{I_{cc} \text{ (kA)}}{70} \times \sqrt{t \text{ (s)}}$$

*S min.: sección mínima por fase*

*I<sub>cc</sub>: intensidad eficaz de cortocircuito*

*t: tiempo de corte del órgano de protección.*

*Ver también el cálculo de los embarrados (página 105).*

### Conductores aislados

La sección mínima se obtiene por la expresión (NF C 15100):

$$S \text{ min. (mm}^2\text{)} = 1000 \times \frac{I_{cc} \text{ (kA)}}{k} \times \sqrt{t \text{ (s)}}$$

*I<sub>cc</sub> min.: intensidad de cortocircuito mínima en kA ef.*

*(ver página 20)*

*t: tiempo de apertura del dispositivo de protección en s*

*k: constante dependiente del aislamiento (ver cuadro B).*

**Cuadro B: constante k (NF C 15100)**

	Aislantes	Conductores			
		Cobre	Aluminio		
Conductores activos o de protección que forman parte de la canalización	PVC	115	76		
	PR-EPR	143	94		
Conductores de protección que forman parte de la canalización	PVC	143	95		
	PR-EPR	176	116		
	desnudos <sup>(1)</sup>	159 <sup>(1)</sup>	138 <sup>(2)</sup>	105 <sup>(1)</sup>	91 <sup>(2)</sup>

1) Locales que no presentan riesgos de incendio.

2) Locales que presentan riesgos de incendio.

Para evitar el cálculo, remítase al cuadro A que da el coeficiente por el que se debe multiplicar la intensidad de cortocircuito para obtener la sección mínima.

$$S \text{ min. (mm}^2\text{)} = k_{cc} \times I_{cc} \text{ min. (kA)}$$

### Longitud máxima de los conductores

Cuando la sección mínima de los conductores está determinada, se tiene que asegurar de que el dispositivo de protección situado arriba de los conductores se abra en un tiempo compatible con el esfuerzo térmico máximo de los conductores. Para ello, se requiere que la intensidad de cortocircuito mínimo sea suficiente para activar el dispositivo de protección.

La longitud de los conductores debe limitarse a los valores dados por los cuadros A y B (página 27) (fusible).

**Cuadro A: coeficiente Kcc**

Tiempo de corte en ms	Para una intensidad de cortocircuito de 1 kA ef						
	Sección mín. de los conductores activos de cobre		Sección mín. de los conductores de protección de cobre				
	Aislante PVC	PR-EPR	Conductores que forman parte de la canalización		Conductores que no forman parte de la canalización		
			PVC	PR	PVC	PR	NUE
5	0,62	0,50	0,62	0,50	0,50	0,40	0,45
10	0,87	0,70	0,87	0,70	0,70	0,57	0,63
15	1,06	0,86	1,06	0,86	0,86	0,70	0,77
20	1,37	1,10	1,37	1,10	1,10	0,89	0,99
35	1,63	1,31	1,63	1,31	1,31	1,06	1,18
50	1,94	1,58	1,94	1,56	1,56	1,27	1,40
60	2,13	1,72	2,13	1,72	1,72	1,40	1,54
75	2,38	1,89	2,38	1,89	1,89	1,54	1,72
100	2,75	2,21	2,75	2,21	2,21	1,79	1,99
125	3,07	2,47	3,07	2,47	2,47	2,00	2,22
150	3,37	2,71	3,37	2,71	2,71	2,20	2,44
175	3,64	2,93	3,64	2,93	2,93	2,38	2,63
200	3,89	3,13	3,89	3,13	3,13	2,54	2,81
250	4,35	3,50	4,35	3,50	3,50	2,84	3,15
300	4,76	3,83	4,76	3,83	3,83	3,11	3,44
400	5,50	4,42	5,50	4,42	4,42	3,59	3,98
500	6,15	4,95	6,15	4,95	4,95	4,02	4,45
1000	8,70	6,99	8,70	6,99	6,99	5,68	6,29

Conductores de aluminio: multiplicar los valores del cuadro por 1,5.

## Protección de las canalizaciones por fusibles

### Longitud máxima de los conductores protegidos por fusibles

Los cuadros A y B dan las longitudes máximas en las condiciones siguientes:

- circuito trifásico 230V/400V,
- sección de neutro = sección de fase,
- intensidad de cortocircuito mínima,
- conductores de cobre.

Los cuadros son válidos con cualquier tipo de aislamiento de los cables (PVC, PR, EPR). Cuando aparecen indicados dos valores, el primero corresponde a los cables PVC y el segundo a los cables PR/EPR.

Las longitudes se deben multiplicar por los coeficientes del cuadro C para las demás utilidades.

Cable de aluminio: multiplicar las longitudes de los cuadros por 0,41.

**Cuadro A: longitudes máximas en m de los cables protegidos por fusibles gG.**

HP C S (mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7														
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7												
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5										
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9									
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	9/12	7/9	3/4						
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4				
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5			
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5		
50										198	167	117	101	71	45/74	26/33	16/22	8/11	5/7	
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14	
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18
150														272	190	145	110	85	61	42/48
185															220	169	127	98	70	56
240																205	155	119	85	68

**Cuadro B: longitudes máximas en m de los cables protegidos por fusibles aM.**

HP C S (mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11						
25								135	108	86	67	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50										128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10		
70											151	121	96	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	51
240																	123	97	78	62

**Cuadro C: coeficiente de corrección para otras redes.**

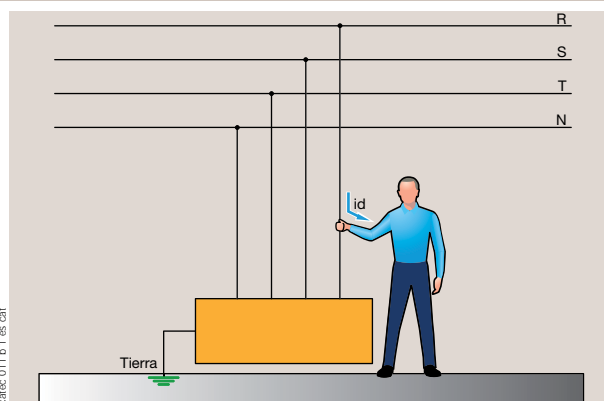
Caso de utilización	Coeficiente
- Sección de neutro = 0,5 sección de fase	0,67
Circuito sin neutro	1,73

(1) La entrada del cuadro se hace por la sección de las fases.

## Contactos directos e indirectos

### Definición

El "contacto directo" es el contacto de una persona con la parte activa (fases, neutro) normalmente con tensión (embarrados, bornes, etc.).



Contacto directo.

### Medios de protección

La protección frente a los contactos directos se puede asegurar con uno de los medios siguientes (decreto del 14.11.88):

- puesta fuera de alcance de los conductores activos por medio de obstáculos o en lugar restringido,
- aislamiento de los conductores activos,
- barrera o envoltura: el grado de protección mínima que de la envoltura debe ser IP2x o xxB para las partes activas,
- la apertura de un cuadro sólo deberá ser posible en uno de los casos siguientes:
  - con una herramienta o una llave,
  - después de poner fuera de tensión las partes activas,
  - si una segunda barrera IP > 2x o xxB se encuentra en el interior del cuadro (*ver la definición IP en la página 13*),
- empleo de dispositivo de corriente diferencial-residual 30 mA (ver más adelante "Protección complementaria frente a los contactos directos"),
- uso de la MBT (muy baja tensión).

### Utilización de la MBT

La utilización de la MBT (muy baja tensión *ver definición página 6*), constituye una protección frente a los contactos directos e indirectos. Se puede distinguir:

- **la MBTS** ( $U_n \leq 50 \text{ VCA}$  y  $\leq 120 \text{ VCC}$ )  
Muy Baja Tensión de Seguridad que debe ser:
  - producida por una fuente como un transformador de seguridad, SAI's, baterías, grupo generador, etc.
  - completamente independiente de cualquier elemento susceptible de llevarse a un potencial diferente (tierra de una instalación diferente, otro circuito, etc.)
- **la MBTP**  
Muy Baja Tensión de Protección idéntica a la MBTS, pero con un enlace a tierra por razones funcionales (electrónica, informática, etc.)  
La utilización de la MBTP conlleva, con respecto a la MBTS, la puesta en marcha de la protección frente a contactos directos a partir de 12 V CA y de 30 V CC (aislamiento, barreras, envoltentes, NF C 15100 § 414),
- **la MBTF**  
Muy Baja Tensión Funcional reagrupa todas las demás aplicaciones de MBT. No constituye ninguna protección frente a los contactos directos o indirectos.

### Protección complementaria frente a los contactos directos

Con cualquier régimen de neutro, una protección complementaria frente a los contactos directos se puede asegurar principalmente con la utilización de Dispositivos Diferenciales Residuales de alta sensibilidad ( $\leq 30 \text{ mA}$ ).

La norma NF C 15100 e IEC 60364 imponen principalmente la utilización de dichos dispositivos en los casos siguientes:

- circuitos que alimentan las cajas tomacorrientes  $\leq 32 \text{ A}$ ,
- instalaciones temporales, instalaciones feriantes,
- instalaciones de obras,
- salas de agua, piscinas,
- caravanas, barcos de ocio,
- alimentación de vehículos,
- establecimientos agrícolas y hortícolas,
- cables y revestimientos de calefacción empotrados en el suelo o en las paredes de un edificio.

Esta disposición de protección complementaria contra los contactos directos, según la norma IEC 60479 deja de ser válida cuando la tensión de contacto de riesgo alcanza 500 V: la impedancia humana es susceptible de dejar pasar una corriente peligrosa superior a 500 mA.

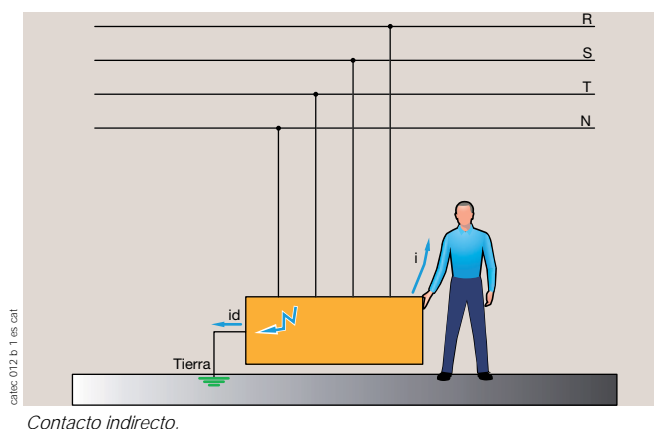
## Protección contra los contactos indirectos

### Definición

El "contacto indirecto" se da cuando una persona entra en contacto con masas puestas accidentalmente bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.

La protección contra contactos indirectos se puede hacer:

- sin corte automático de la alimentación,
- con corte automático de la alimentación.



### Protección sin corte automático de la alimentación

La protección contra contactos indirectos sin corte automático de la alimentación puede ser asegurado por:

- la utilización de la MBT (Muy Baja Tensión) (ver página 28),
- la separación de las masas de tal manera que una persona no pueda estar simultáneamente en contacto con las dos masas,
- el doble aislamiento del material (clase II),
- el enlace equipotencial no conectado a tierra, de todas las masas simultáneamente accesibles,
- la separación eléctrica (por transformador para circuitos < 500 V).

### Protección con corte automático de la alimentación

La protección contra contactos indirectos, con corte automático de alimentación, consiste en separar de la alimentación el circuito o el material que presente un fallo de aislamiento entre una parte activa y la masa.

Para evitar efectos fisiológicos peligrosos para una persona que entrara en contacto con la parte defectuosa, se limita la tensión de contacto  $U_c$  a un valor límite  $U_L$ .

Este último depende:

- de la corriente  $I_L$  admisible por el cuerpo humano,
- del tiempo de paso de la corriente (ver página 30),
- del esquema de enlace a tierra,
- de las condiciones de instalación.

Tensión de contacto prevista (V)	Tiempo de corte máximo del dispositivo de protección (s) $U_L = 50 \text{ V}$
25	5
50	5
75	0,60
90	0,45
110	-
120	0,34
150	0,27
220	0,17
230	-
280	0,12
350	0,08
500	0,04

Esta puesta fuera de tensión de la instalación se hace de manera diferente según los esquemas de enlaces (regímenes de neutro).

Las normas NF C 15100 y IEC 60364 definen el tiempo de corte máximo del dispositivo de protección en condiciones normales ( $U_L = 50 \text{ V}$ ).  $U_L$  es la tensión de contacto más elevada que se puede mantener indefinidamente sin peligro para las personas (ver tabla).

# Contactos directos e indirectos

## Protección frente a los contactos indirectos (continuación)

### Protección contra corte automático de la alimentación (continuación)

#### En régimen TN e IT

Cuando la red no está protegida por un dispositivo diferencial, se tiene que comprobar la coordinación correcta entre el órgano de protección y la selección de los conductores. En efecto, si la impedancia del conductor es demasiado elevada, se corre el riesgo de tener una corriente de defecto limitado que active el dispositivo de protección en un tiempo superior al prescrito por la norma NF C 15100. En este caso, esta corriente provoca una tensión de contacto peligrosa durante un tiempo demasiado largo. Para limitar la impedancia del circuito de fallo, hay que adaptar la sección de los conductores a la longitud de la canalización.

**Nota:** esta protección frente a sobrecorrientes con corte automático de la alimentación sólo es eficaz en caso de fallos claros. En la práctica, un fallo de aislamiento puede presentar, allí donde se produce, una impedancia considerable que limitará la corriente de fallo.

Un dispositivo diferencial de tipo RESYS o un ISOM DLRD utilizado en prealarma es un medio eficaz para identificar fallos impedantes y prevenir que se mantengan tensiones peligrosas.

#### Tiempo máximo de corte

Las normas NF C 15100 e IEC 60364 especifican un tiempo de corte máximo en función de la red eléctrica y de la tensión límite de 50 V.

#### Cuadro A: tiempo máximo de corte (en segundos) del elemento de protección para los circuitos terminales $\leq 32$ A

Tiempo de corte (s)	50 V < U <sub>0</sub> ≤ 120 V		120 V < U <sub>0</sub> ≤ 230 V		230 V < U <sub>0</sub> ≤ 400 V		U <sub>0</sub> > 400 V	
	alterna	continua	alterna	continua	alterna	continua	alterna	continua
Esquema TN o IT	0,8	5	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
esquema TT	0,3	5	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

#### Caso particular

En TN, el tiempo de corte puede ser superior al tiempo que se da en el cuadro A (manteniéndose a un tiempo inferior a 5 s.) si :

- el circuito no es un circuito terminal y no alimenta carga móvil o portátil > 32 A,
- se cumple una de las dos condiciones siguientes :
  - el enlace equipotencial principal es duplicado por un enlace equipotencial idéntico al enlace principal
  - la resistencia del conductor de protección R<sub>pe</sub> se presenta de la siguiente manera :

$$R_{pe} < \frac{50}{U_0} \times (R_{pe} + Z_a)$$

U<sub>0</sub>: tensión simple de la red

Z<sub>a</sub>: impedancia que incluye la fuente y el conductor activo hasta el punto de defecto.

#### Longitud máxima de los conductores (L en m)

Puede estar determinada por un cálculo aproximado, válido para instalaciones alimentadas por un transformador de acoplamiento triángulo-estrella o estrella-zigzag.

$$L = K \frac{U_0 \times S}{(1 + m) I_d}$$

U<sub>0</sub>: tensión simple (230V en una red 230/400 V)

S: sección en mm<sup>2</sup> de los conductores de fases en TN e IT sin neutro

m = S<sub>pe</sub>/S (S<sub>pe</sub>: sección de PE o PEN)

I<sub>d</sub>: corriente de fallo en A

Protección por fusible: corriente alcanzada para un tiempo de fusión igual al tiempo máximo de apertura del dispositivo de protección (las longitudes máximas se dan en el cuadro B página 25)

K: variable en función del régimen de neutro y de la naturaleza del conductor (ver cuadro B).

#### Cuadro B: valores de K

Conductor	Esquemas	TN	IT	
			sin neutro	con neutro
Cobre		34,7	30	17,3
Aluminio		21,6	18,7	11

La influencia de las reactancias no es importante para las secciones inferiores a 120 mm<sup>2</sup>. Para secciones superiores, se debe aumentar la resistencia de la manera siguiente :

- 15 % para la sección 150 mm<sup>2</sup>,
- 20 % para la sección 185 mm<sup>2</sup>,
- 25 % para la sección 240 mm<sup>2</sup>,
- 30 % para la sección 300 mm<sup>2</sup>.

Para secciones superiores: debe realizarse un cálculo de impedancia exacto con X = 0,08 mΩ/m.

## Protección frente a los contactos indirectos (continuación)

### Protección contra corte automático de la alimentación (continuación)

#### En régimen TT

La protección está garantizada por dispositivos diferenciales. En este caso, no interviene la sección ni la longitud de los conductores. Se tiene que asegurar simplemente de que la resistencia de la toma de tierra se presente de la manera siguiente:

$$R_T < \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

$U_L$ : tensión límite

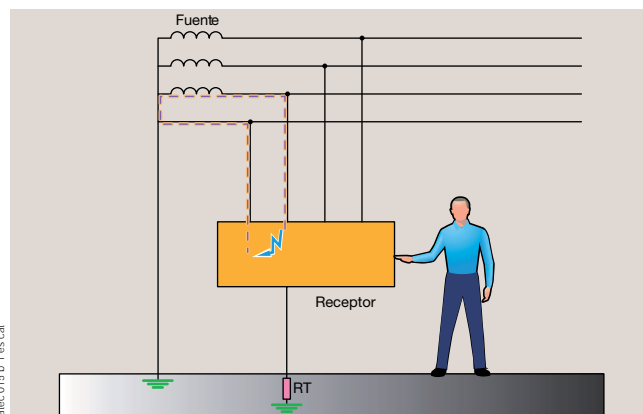
$I_{\Delta n}$ : corriente de ajuste del dispositivo diferencial

**Ejemplo:** se puede limitar la tensión de contacto en caso de defecto de  $U_L = 0 \text{ V}$ .

El dispositivo diferencial está ajustado a  $I_{\Delta n} = 500 \text{ mA} = 0,5 \text{ A}$ .

La resistencia de la toma de tierra no deberá exceder:

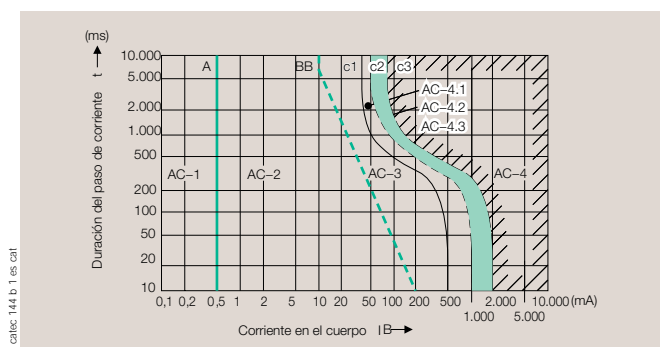
$$R_{T \text{ máx.}} = \frac{50 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 100$$



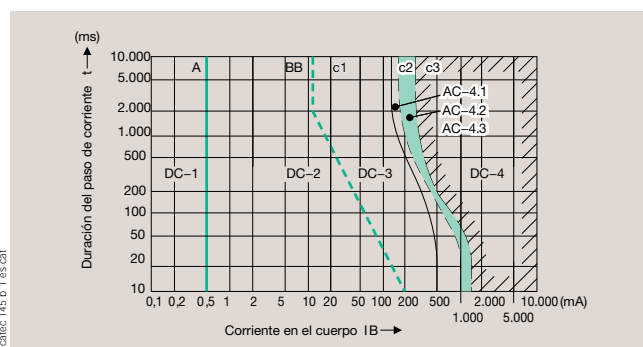
Corriente de fallo en régimen TT.

## Efecto de la corriente eléctrica en el cuerpo humano

La corriente que pasa a través del cuerpo humano, por su efecto fisiopatológico, afecta a las funciones circulatorias y respiratorias pudiendo provocar la muerte.



Corriente alterna (15 a 100 Hz).



Corriente continua.

Las zonas -1 a -4 corresponden los diferentes niveles de efectos:

AC/DC-1: imperceptible,

AC/DC-2: perceptible, sin efectos fisiológicos,

AC/DC-3: efectos reversibles, importantes contracciones musculares,

AC/DC-4: quemaduras graves, fibrilación cardíaca, posibles efectos irreversibles.

# Contactos directos e indirectos

## Protección frente a los contactos indirectos por fusibles

### Longitud máxima de los conductores protegidos por fusibles

Deberá limitarse la longitud de los conductores protegidos frente a los contactos indirectos.

Los cuadros B y C dan una lectura directa de las longitudes máximas de los conductores de cobre. Se determinan en las condiciones siguientes:

- red 230/400 V,
- esquema TN,
- tensión de contacto máxima  $U_L = 50$  V,
- $\frac{\phi f}{\phi PE} = m = 1$ .

Para otras utilidades, se tiene que multiplicar el valor leído en los cuadros B y C por el coeficiente del cuadro A.

**Cuadro A**

		coeficiente de corrección
Conductor de aluminio		0,625
Sección PE = 1/2 Sección Fase (m = 2)		0,67
Régimen IT	sin neutro	0,86
	con neutro	0,5
Tiempo de corte de 5 s admis. (circuito de distribución)	para canalizaciones protegidas con fusibles gG	1,88
	para canalizaciones protegidas con fusibles aM	1,53

**Cuadro B: longitudes máximas (en m) de los conductores protegidos por fusibles gG (calibre en A)**

(A)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
S (mm²)	53	40	32	22	18	13	11	7	8	4	3									
1,5																				
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	6	6	4						
6	212	159	127	87	73	50	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	28	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	59	43	36	25	22	15	12	9	7	5	4	
25	884	663	530	361	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	506	428	293	253	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				687	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	11	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	687	458	351	256	216	151	131	92	70	53	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	62	37	23	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	145	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

**Cuadro C: longitudes máximas (en m) de los conductores protegidos por fusibles aM (calibre en A)**

(A)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
S (mm²)	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
1,5																				
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
4	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8		6	5	4					
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
10	188	151	121	94	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	16	12	9	8	6
35	658	527	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
50	891	714	572	447	357	285	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	57	45	36	29	23
120					904	723	574	462	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
300									702	562	439	351	281	223	175	140	11	88	70	56

**Ejemplo:** un circuito está constituido de un cable de cobre 3 x 6 mm² y protegido por un fusible 40 A gG. Su longitud deberá ser inferior a 73 m para asegurar la protección contra los contactos indirectos en TN 230 V/400 V.

- si el cable es de aluminio, la longitud máxima es de:  $0,625 \times 73 \text{ m} = 45,6 \text{ m}$
- en esquema IT con neutro y cable de aluminio, la longitud es de:  $0,625 \times 0,5 \times 73 \text{ m} = 22,8 \text{ m}$
- en esquema IT con neutro, cable de aluminio para una alimentación de armario divisor, la longitud es:  $0,625 \times 0,5 \times 1,88 = 42,8 \text{ m}$ .



## Protección frente a los contactos indirectos por relé diferencial

### En régimen TT

La protección diferencial constituye prácticamente el único medio de protección frente a los contactos indirectos para este régimen. Para evitar por ejemplo una tensión de contacto superior a 50 V, la corriente  $I_{\Delta n}$  debe ser:

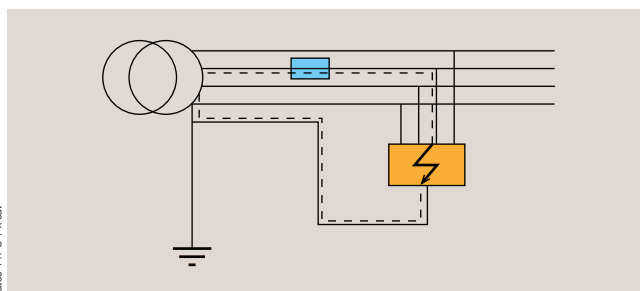
$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_p}$$

$R_p$ : resistencia de la toma de tierra de las masas de BT en  $\Omega$

En caso de toma de tierra particularmente difícil de realizar cuyos valores pueden exceder la centena de ohmios (alta montaña, zona árida, etc.), la instalación de aparatos de alta sensibilidad permite resolver la disposición anterior.

### En régimen TNS

En este régimen, la corriente de defecto equivale a una corriente de cortocircuito entre fase y neutro. Este último es eliminado por dispositivos apropiados (fusibles, automáticos, etc.) en un tiempo compatible con la protección contra contactos indirectos. Cuando no hay posibilidad de respetar este tiempo (canalizaciones demasiado largas donde  $I_{cc}$  mínimo es insuficiente, tiempo de reacción de los aparatos de protección demasiado larga, etc.), cabe incluir en la protección contra las sobrecorrientes una protección diferencial. Esta disposición permite asegurar una protección contra los contactos indirectos, prácticamente cualquiera que sea la longitud de la canalización.

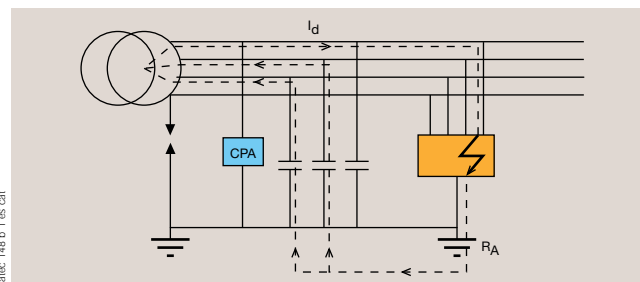


### En régimen IT

La apertura del circuito normalmente no es necesario en el primer fallo. Se puede producir una tensión de contacto peligrosa en el segundo fallo, ya sea en las masas conectadas en las tomas de tierra no interconectadas o alejadas o bien, entre las masas simultáneamente accesibles conectadas en una misma toma de tierra y con una impedancia de los circuitos de protección demasiado fuerte.

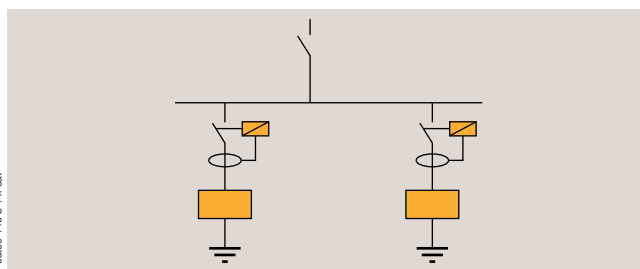
Por estas razones, en régimen IT se requiere obligatoriamente un dispositivo diferencial:

- en la cabecera de las partes de instalación cuyas redes de protección o masas estén conectadas en las tomas de tierra no interconectadas,
- en la misma situación que se enuncia en TNS (condiciones de corte en el segundo fallo no asegurada por los dispositivos de protección contra las sobrecorrientes en las condiciones de seguridad exigidas).



## Protección contra contactos indirectos de los grupos masas conectados en tomas de tierra independientes

En régimen de neutro TT y en IT, cuando las masas de materiales eléctricos están conectadas en las tomas de tierra diferentes abajo de una misma alimentación, cada grupo de masas debe estar protegido respectivamente por un dispositivo dedicado.



## Exención de protección de alta sensibilidad en las tomas de alimentación de materiales informáticos

Adoptada por el decreto del 08/01/92 en vigor en Francia y relativo a la puesta en marcha de dispositivos HS en las tomas de corriente  $\leq 32$  A para equipos informáticos, esta dispensa fue abolida por el artículo 3 del decreto del 8 de diciembre de 2003 en vigor en Francia, que afecta a las instalaciones realizadas a partir del 1 de enero de 2004.

La caída de tensión es la diferencia de tensión observada entre el punto de cabecera de la instalación y el punto de conexión de un receptor.

Para asegurar el buen funcionamiento de los receptores, las normas NF C e IEC 60364 definen una caída de tensión máxima (ver cuadro A).

**Cuadro A: NF C 15100 caída de tensión máxima**

	Iluminación	Otros usos
Alim. directa por red pública BT	3 %	5 %
Alimentación por puesto AT/BT	6 %	8 %

## Cálculo de la caída de tensión en un cable de longitud L

$$\Delta u = K_u \times I \text{ (amperios)} \times L \text{ (km)}$$

**Cuadro B: valores de  $K_u$**

Sección de cable $\text{mm}^2$	Corriente continua	Cables multiconductores o monoconductores en trébol			Cables monoconductores contiguos en capa			Cables monoconductores separados		
		cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8	cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8	cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8
1,5	30,67	4,68	7,74	12,31	4,69	7,74	12,32	4,72	7,78	12,34
2,5	18,40	2,84	4,67	7,41	2,85	4,68	7,41	2,88	4,71	7,44
4	11,50	1,80	2,94	4,65	1,81	2,95	4,65	1,85	2,99	4,68
6	7,67	1,23	1,99	3,11	1,24	1,99	3,12	1,27	2,03	3,14
10	4,60	0,77	1,22	1,89	0,78	1,23	1,89	0,81	1,26	1,92
16	2,88	0,51	0,79	1,20	0,52	0,80	1,20	0,55	0,83	1,23
25	1,84	0,35	0,53	0,78	0,36	0,54	0,78	0,40	0,57	0,81
35	1,31	0,27	0,40	0,57	0,28	0,41	0,58	0,32	0,44	0,60
50	0,92	0,21	0,30	0,42	0,22	0,31	0,42	0,26	0,34	0,45
70	0,66	0,17	0,23	0,31	0,18	0,24	0,32	0,22	0,28	0,34
95	0,48	0,15	0,19	0,24	0,16	0,20	0,25	0,20	0,23	0,27
120	0,38	0,13	0,17	0,20	0,14	0,17	0,21	0,18	0,21	0,23
150	0,31	0,12	0,15	0,17	0,13	0,15	0,18	0,17	0,19	0,20
185	0,25	0,11	0,13	0,15	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
240	0,19	0,10	0,12	0,12	0,11	0,13	0,13	0,15	0,16	0,15
300	0,15	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,15	0,15	0,14
400	0,12	0,09	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,14	0,14	0,12

Circuitos monofásicos: multiplicar los valores por 2.

### Ejemplo

Un motor de 132 kW consume 233 A bajo 400 V. Está alimentado por cables de cobre monoconductores, contiguos en capa de sección 150  $\text{mm}^2$  y de 200 mm (0,2 km) de longitud.

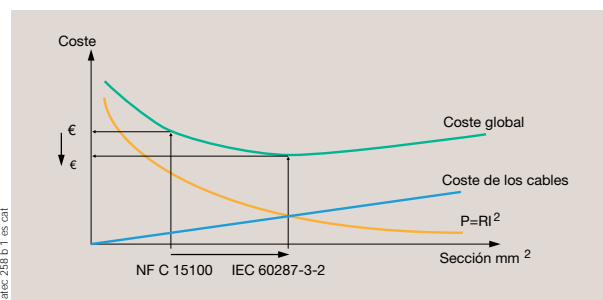
- En funcionamiento normal  $\cos \varphi = 0,8$ ;  $K_u = 0,18$   
 $\Delta u = 0,18 \times 233 \times 0,2 = 8,4 \text{ V}$  o sea 3,6% de 230 V.
- En arranque directo  $\cos \varphi = 0,3$  y  $I_d = 5 I_n = 5 \times 233 \text{ A} = 1165 \text{ A}$ ;  $K_u = 0,13$   
 $\Delta u = 0,13 \times 1165 \times 0,2 = 20,3 \text{ V}$  o sea 8,8% de 230 V.

La sección del conductor es suficiente para respetar las caídas de tensión máximas impuestas por la norma NF C 15100.

**Nota:** este cálculo es válido para un cable por fase. Para n cables por fase, basta dividir la caída de tensión entre n.

## Concepto denominado de "Secciones económicas"

La norma NF C 15100 que rige la instalación permite un dimensionado de las canalizaciones con caídas de tensión que pueden llegar hasta el 16 % en circuitos monofásicos. Para la mayoría de circuitos de distribución, lo habitual es aceptar 8% correspondiente a la proporción de energía perdida. A la hora de definir una canalización, la IEC 60287-3-2 propone un enfoque complementario que tiene en cuenta la inversión y el consumo de energía previsto.



## Normas de producto EN 60947 e IEC 60947

## Definiciones

## Interruptor (IEC 60947.3 § 2.1)



"Aparato mecánico de conexión capaz de:

- establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluyendo eventualmente condiciones específicas de sobrecargas en servicio,
- soportar durante un periodo específico corrientes en condiciones anormales del circuito, como las de cortocircuito" (un interruptor puede ser capaz de establecer corrientes de cortocircuito pero no capaz de cortarlas).

\* Las condiciones normales corresponden generalmente a la utilización de un equipo a una temperatura ambiente de 40 °C durante 8 horas.

## Seccionador (IEC 60947.3 § 2.2)



"Aparato mecánico de conexión que satisface, en posición de apertura, a las prescripciones especificadas para la función de seccionamiento. Es capaz de soportar corrientes en condiciones normales del circuito y de las corrientes durante un periodo especificado en condiciones anormales"

Seccionador (definición corriente): aparato que no tiene poder de cierre ni de corte en carga.

## Interruptor-seccionador (IEC 60947.3 § 2.3)



Interruptor que en su posición de apertura satisface las condiciones de aislamiento específicas para un seccionador.

## Interruptor-seccionador con fusibles (IEC 60947.3 § 2.9)



Interruptor-seccionador en el que uno o varios polos incluyen un fusible en serie en un aparato combinado.

Aparatos				
Acciones				
Establecer				
Soportar				
Interrumpir				

(1) Umbral no establecido por la norma. (2) Por el fusible.

Corriente normal  
 Corriente de sobrecarga  
 Intensidad de cortocircuito

## Funciones

## Acción de separación de los contactos

Esta acción se lleva a cabo por el conjunto de aparatos denominados "aptos al seccionamiento", según la norma de aparatos mecánicos de conexión EN 60947-3 o según la norma NF C 15100 § 536-2.

Para verificar la norma EN 60947-3 de la aptitud al seccionamiento se llevan a cabo 3 pruebas:

- la prueba dieléctrica definirá una resistencia al arranque ( $U_{imp}$ : tensión de resistencia a choques) que caracteriza la distancia de apertura de los contactos en el aire. Generalmente,  $U_{imp} = 8 \text{ kV}$  para  $U_e = 400/690 \text{ V}$ ,
- la medida de las corrientes de fuga ( $I_f$ ) definirá una resistencia de aislamiento en posición abierta caracterizada en parte por las líneas de fuga. A 110% de  $U_e$ ,  $I_f < 0,5 \text{ mA}$  (aparato nuevo) y  $I_f < 6 \text{ mA}$  (aparato al final de su vida útil),
- el control de la solidez del mecanismo del órgano de mando y del indicador de posición tiene como objetivo validar la fiabilidad "mecánica" de las indicaciones de posición. La prueba consiste en aplicar al aparato bloqueado voluntariamente en "I", una fuerza tres veces superior al esfuerzo normal en el órgano de mando para abrirlo.

No debe ser posible bloquear el aparato en posición "0" durante la aplicación del esfuerzo anormal. El aparato no debe indicar la posición "0" después de la aplicación de la fuerza. Esta prueba no es necesaria cuando existe otro medio aparte del elemento de control para indicar la apertura de los contactos: indicador mecánico, visibilidad directa del conjunto de los contactos...

Esta tercera prueba responde a la definición del corte "plenamente aparente" exigida por el decreto del 14 de noviembre de 1988 para asegurar la función de seccionamiento en BTB ( $500 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ VAC}$  y  $750 \text{ V} < U \leq 1500 \text{ VDC}$ ).

Esta última característica se pide en la NF C 15100, salvo para la MBTS o MBTP ( $U \leq 50 \text{ V AC}$  o  $120 \text{ V DC}$ ).

## Acción de corte en carga y sobrecarga

Esta acción la realizan los aparatos definidos para establecer y cortar en las condiciones normales de carga y sobrecarga.

Pruebas modelo permiten caracterizar los equipos aptos para establecer y cortar cargas específicas, estas últimas pueden tener corrientes de llamada importantes con un  $\cos \varphi$  bajo (motor en fase de arranque o rotor bloqueado).

Estas características corresponden a las categorías de empleo de los aparatos.

## Acción de corte en caso de cortocircuito

Un interruptor no está destinado a cortar una intensidad de cortocircuito. No obstante, su resistencia dinámica debe ser suficiente para soportar el fallo hasta su eliminación por el órgano de protección asociado.

En los interruptores con fusible, el cortocircuito se corta con los fusibles (ver capítulo "Protección con fusible" páginas 49 y 51) con el propósito de limitar las corrientes de fallo de gran intensidad.

# Equipos de corte y seccionamiento

## Normas de producto NF EN 60947 y IEC 60947 (continuación)

### Características

Condición y categoría de empleo según la norma IEC 60947-3

Cuadro A

Categoría de uso		Utilización	Aplicación
AC-20	DC-20	Cierre y apertura en vacío.	Seccionadores (1)
AC-21	DC-21	Cargas resistivas incluyendo sobrecargas moderadas.	Interruptores en cabecera de instalación o para receptores resistivos (calefacción, iluminación, salvo lámparas de descarga, etc.).
AC-22	DC-22	Cargas mixtas resistivas e inductivas incluyendo sobrecargas moderadas.	Interruptores en circuito secundario o para receptores reactivos (baterías de condensadores, lámparas de descarga, motores shunts, etc.).
AC-23	DC-23	Cargas constitutivas por motores u otras cargas altamente inductivas.	Interruptores que alimentan uno o varios motores o receptores de inductancia (electroportadores, electrofrenos, motores en serie, etc.).

(1) Estos aparatos han sido reemplazados actualmente por interruptores-seccionadores por razones evidentes de seguridad de maniobra.

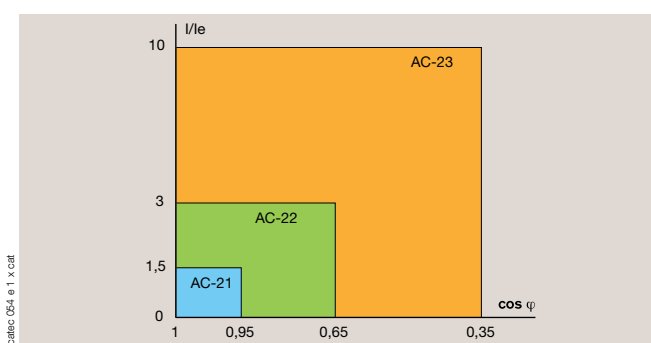
### Poderes de cierre y de corte

Contrariamente a los automáticos para los cuales estos criterios designan las características de desconexión o de cierre en cortocircuito que puedan necesitar el reemplazo del aparato, los poderes de corte y de cierre para los interruptores correspondientes a los valores máximos de rendimiento de las categorías de empleo.

Como resultado de estas utilizaciones extremas, el interruptor deberá asegurar sus características, principalmente en resistencia a la corriente de fuga y en calentamiento.

Cuadro B

	Establecimiento		Corte		Número de ciclos de maniobra
	I/le	cos $\varphi$	I/le	cos $\varphi$	
AC-21	1,5	0,95	1,5	0,95	5
AC-22	3	0,65	3	0,65	5
AC-23 $I_e \leq 100$ A	10	0,45	8	0,45	5
$I_e > 100$ A	10	0,35	8	0,35	3
	L/R (ms)		L/R (ms)		
	I/le	cos $\varphi$	I/le	cos $\varphi$	
DC-21	1,5	1	1,5	1	5
DC-22	4	2,5	4	2,5	5
DC-23	4	15	4	15	5



### Resistencia eléctrica y mecánica

La norma fija el número mínimo de maniobras eléctricas (de plena carga) y mecánicas (en vacío) efectuadas por los aparatos. Estas características definen el final de vida teórica del aparato que debe conservar sus características, principalmente de resistencia a la corriente de fuga y en calentamiento. Estos rendimientos están relacionados con el calibre del aparato y su uso. En función de este uso previsto, se proponen dos categorías de empleo complementarias:

- cat A: maniobras frecuentes (implantación próxima de la utilización),
- cat B: maniobras no frecuentes (implantación en cabecera de instalación o en distribución).

Cuadro C

I <sub>e</sub> (A)	≤ 100	≤ 315	≤ 630	≤ 2500	> 2500
N.º de ciclos/hora	120	120	60	20	10
N.º de maniobras en categoría A					
sin corriente	8500	7000	4000	2500	1500
con corriente	1500	1000	1000	500	500
Total	10000	8000	5000	3000	2000
N.º de maniobras en categoría B					
sin corriente	1700	1400	800	500	300
con corriente	300	200	200	100	100
Total	2000	1600	1000	600	400

### Corriente de empleo I<sub>e</sub>

La corriente de empleo (I<sub>e</sub>) se determina por las pruebas de resistencia (mecánicas y eléctricas) y por las pruebas de poder de corte y de cierre.

### Características de cortocircuito

- Corriente de corta duración admisible (I<sub>cw</sub>): corriente eficaz admisible durante 1 segundo.
- Corriente de cierre en cortocircuito (I<sub>cn</sub>): valor cresta de la corriente que el aparato puede soportar cuando se cierra en un cortocircuito.
- Intensidad de cortocircuito condicional: intensidad eficaz prevista que el interruptor puede soportar cuando está asociado a un fusible o a cualquier otro dispositivo de protección que limite la intensidad y la duración del cortocircuito.
- Resistencia dinámica: valor de la corriente pico que puede soportar el material en posición cerrada.

La característica determinada por la norma es la corriente de corta duración admisible (I<sub>cw</sub>) de la que se deduce la resistencia dinámica mínima. Esta resistencia esencial corresponde a lo que soporta el interruptor sin soldar.

## Normas de instalación IEC 60364 o NF C 15100

### Seccionamiento § 536-2

Esta función, está destinada a asegurar la puesta fuera de tensión de toda o una parte de la instalación separando la instalación o la parte de la instalación de toda fuente de energía por razones de seguridad.

Las acciones que resultan de la función de seccionamiento se distinguen de la manera siguiente:

- acción que afecta el conjunto de los conductores activos,
- acción que puede ser garantizada en vacío con la condición de que se implanten las disposiciones complementarias para garantizar la ausencia de corte de la corriente de uso (contacto auxiliar de precorte, panel de señalización "prohibición de maniobrar en carga", etc.). Para más seguridad, en la actualidad el corte está garantizado por un dispositivo con un poder de corte en carga además de la característica de separación,
- acción de separación de contactos.

### Corte para mantenimiento mecánico § 536-4

Esta función impuesta por el decreto del 15 de julio de 1980 está destinada a parar y mantener parada una máquina para efectuar operaciones de mantenimiento mecánico que puedan provocar heridas corporales o durante las paradas de larga duración.

Se pide que la implantación de estos dispositivos sean fácilmente identificables y apropiados para el uso previsto.

Los dispositivos de corte para mantenimiento mecánico deben cumplir la función de seccionamiento y la función de corte de emergencia.

Esta función también se propone en forma de caja de corte local de seguridad.

En estas cajas, están instalados generalmente interruptores de corte visible, esta disposición debe verificarse del exterior. El uso de corte visible refuerza la seguridad que se procura a las personas que tienen que intervenir en una zona peligrosa, principalmente en un sitio que presente importantes riesgos mecánicos en los que el mando dañado no indicase de manera segura la posición del interruptor.

### Corte de emergencia § 536-3

Esta función exigida por el decreto del 14 de noviembre de 1988 (art.10), está destinada a asegurar la puesta fuera de tensión de los circuitos terminales. El objeto de esta función es poner fuera de tensión las utilidades para prevenir riesgos de incendio, quemaduras o descargas eléctricas. Una noción ligada con esta función es la rapidez, la facilidad de acceso y de identificación del mando del aparato que debe actuar.

Esta rapidez de intervención depende de las condiciones de disposición de los locales donde se encuentran las instalaciones, los equipamientos instalados o las personas.

Las acciones que resultan de la función de corte de emergencia se distinguen de la manera siguiente:

- acción que debe asegurarse en carga,
- acción que debe afectar el conjunto de los conductores activos.

### Desconexión de emergencia IEC 60204 § 10-7

Corte para mantenimiento mecánico. Esta función impuesta por el decreto del 15 de julio de 1980 se distingue del corte de emergencia al tomar en cuenta los riesgos ligados a las partes en movimiento de las máquinas.

Las acciones que resultan de la función de la parada de emergencia se distinguen de la manera siguiente:

- acción que debe asegurarse en carga,
- acción que debe afectar el conjunto de los conductores activos,
- consideración del freno eventual.

### Control funcional § 536-5

La explotación racional de una instalación eléctrica que se necesita para poder intervenir localmente sin cortar el conjunto de la instalación. Además del mando selectivo, el mando funcional incluye la conmutación, la desconexión, etc.

Las acciones que resultan de la función de mando funcional se distinguen de la manera siguiente:

- acción que debe asegurarse en carga,
- acción que puede no afectar el conjunto de conductores activos (por ejemplo, dos de las tres fases de un motor).

## Selección de un aparato de corte

### Elección en función de la tensión de aislamiento

Caracteriza la tensión de utilización máxima del equipo en condiciones normales de la red.

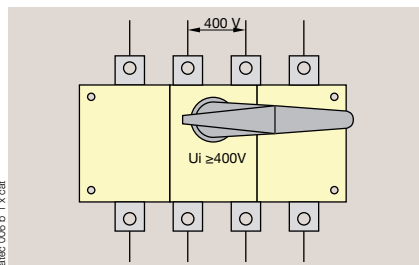


Fig. 1.

#### Ejemplo

En una red 230V/400V, se deberá elegir un aparato con una tensión de aislamiento de  $U_i \geq 400$  V (ver fig.1).

En una red 400V/690V, se tendrá que elegir un aparato con una tensión de aislamiento de  $U_i \geq 690$  V.

### Pruebas dieléctricas

Para caracterizar la calidad de aislamiento dieléctrico de un aparato, la norma IEC 60947-3 prevé las disposiciones siguientes:

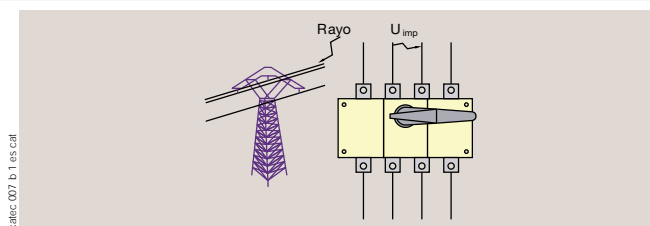
- resistencia a  $U_{imp}$  en los aparatos nuevos antes de pruebas (cortocircuitos, resistencias, etc.),
- verificación de la resistencia dieléctrica después de estas pruebas de la tensión  $1,1 \times U_i$ .

### Tensión de resistencia a los impactos $U_{imp}$

Caracteriza la utilización de un aparato en condiciones anormales de la red debidas a las sobretensiones producidas por:

- la acción de rayos en las líneas aéreas,
- maniobras de equipos en los circuitos de alta tensión.

Esta característica también expresa una cualidad dieléctrica del (ejemplo:  $U_{imp} = 8$  kV).



resistencia del equipo a  $U_{imp}$ .

### Selección en función del régimen de neutro

#### Red trifásica con neutro distribuido

Régimen	Sección neutro $\geq$ sección fase	Sección neutro $<$ sección fase
TT		
TNC		
TNS		
IT con neutro		

(1) El neutro no se debe proteger si el conductor de neutro está protegido frente a los cortocircuitos por el dispositivo de protección de las fases y si la corriente de fallo máxima en el neutro es muy inferior a la corriente máxima admisible para el cable (NF C 15100 § 431.2).

(2) La instalación de un fusible en el neutro debe ir asociada obligatoriamente a un dispositivo de detección de fusión de dicho fusible, esta detección debe provocar la apertura de las fases correspondientes para evitar el funcionamiento de la instalación sin neutro.

## Elección de un equipo de corte (continuación)

### Dimensionado del polo neutro en función de la presencia de armónicos

#### Sección del neutro < Sección de las fases

Presencia de corrientes armónicas de rango 3 y múltiplos de 3 cuya tasa es inferior a 15%.

#### Sección del neutro = Sección de las fases

Presencia de corrientes armónicas de rango 3 y múltiplo de 3 cuya tasa está comprendida entre 15 y 33% (distribución para lámparas de descarga, tubos fluorescentes, por ejemplo).

#### Sección del neutro > Sección de las fases

Presencia de corrientes armónicas de rango 3 y múltiplo de 3 cuya tasa es superior a 33% (por ejemplo circuitos para ofimática e informática) el § 524.2 de la NFC 15100 propone una sección de 1,45 la sección de la fase.

### Utilizaciones en la red de corriente continua

Las características de corriente de uso indicadas en el catálogo general se definen en la fig. 1, salvo si se precisa "2 polos en serie" (en este caso, ver fig. 2).

#### Ejemplo 1: puesta en serie de los polos

Un aparato SIRCO 400 A utilizado en una red 500 VDC con una corriente de empleo de 400 A en categoría DC-23 debe tener 2 polos en serie por polaridad.

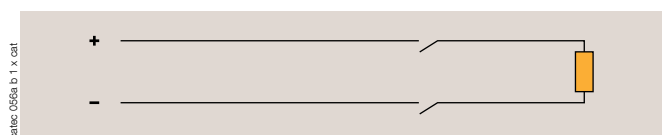


Fig. 1: 1 polo por polaridad.

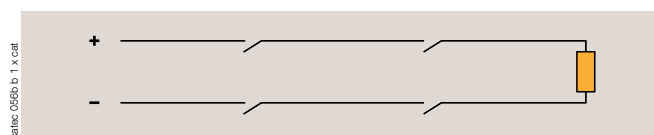
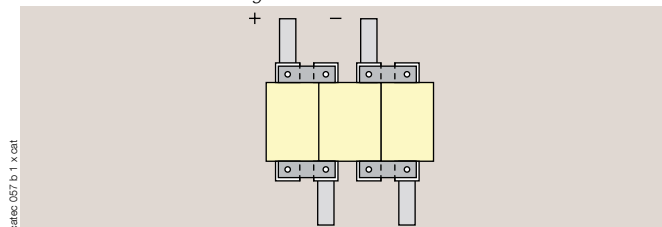


Fig. 2: 2 polos en serie por polaridad.

#### Ejemplo 2: puesta en paralelo de los polos

Equipo de 4 polos utilizado en 2 x 2 polos en paralelo.

Precaución de conexión: asegurar la distribución correcta de la corriente en las dos ramas.



## Caso de utilización

### En protección

En caso de utilización de aparatos con bobina de disparo SIDERMAT, FUSOMAT o IDE en protección frente a los contactos indirectos o frente a los cortocircuitos, se tiene que tomar en cuenta el tiempo de apertura de estos aparatos. La duración situada entre el mando y la apertura efectiva de los contactos es inferior a 0,05 s.

### En conmutación de fuente

El tiempo de maniobra 0 - I o 0 - II es de 0,7 a 2,1 s según los aparatos.

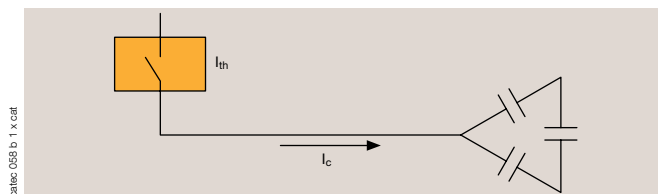
El tiempo de conmutación I-II es de 1,1 a 3,6 s.

## Casos de utilización (continuación)

### Aguas arriba de una batería de condensadores

Seleccionar en general un interruptor con un calibre superior a 1,5 veces el valor de la corriente nominal de la batería de condensadores ( $I_c$ ).

$$I_{th} > 1,5 I_c$$



### En el primario de un transformador

Asegurarse de que el poder de cierre del interruptor sea superior a la corriente de magnetización ( $I_d$ ) del transformador.

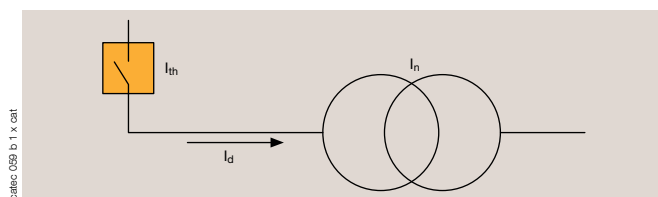
$$\text{Poder de cierre} > I_{th}$$

Cuadro A

P kVA	50	100	160	250	400	630	1000	1250	1600
$I_d/I_n$	15	14,5	14	13	12	11	10	9	8,5

$I_d$ : corriente de magnetización del transformador.

$I_n$ : corriente nominal del transformador



### Aguas arriba de un motor

#### En corte local de seguridad

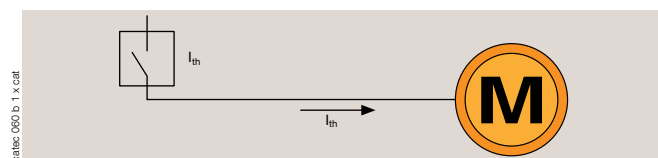
El interruptor debe poseer la característica AC-23 en la corriente nominal del motor ( $I_n$ ).

#### En los circuitos de motores con arranques frecuentes

Es preciso determinar la corriente térmica equivalente ( $I_{thq}$ ).

Las corrientes y los tiempos de arranque son muy variables según el tipo de motor y la inercia del receptor accionado. Se sitúan para un arranque directo, generalmente en los márgenes de valores siguientes:

- corriente pico: 8 a 10  $I_n$ ,
- duración de la corriente resta: 20 a 30 ms,
- corriente de arranque  $I_d$ : 4 a 8  $I_n$ ,
- corriente de arranque  $t_d$ : 2 a 4 s.



Ejemplos de desclasificación en función del tipo de arranque.

$$I_{thq} = I_n \times K_d \text{ y } I_{th} \geq I_{thq}$$

Cuadro B

Tipo de arranque	$\frac{I_d^{(4)}}{I_n}$	$t_d^{(4)}(s)$	$n^{(1)}$	$K_d^{(2)}$
Directa hasta 170 kW	6 a 8	0,5 a 4	$n > 10$	$\frac{\sqrt{n}}{3,16}$
Y - $\Delta$ ( $I_d/3$ )	2 a 2,5	3 a 6	$n > 85$	$\frac{\sqrt{n}}{9,2}$
Directo-motores de gran inercia <sup>(3)</sup>	6 a 8	6 a 10	$n > 2$	$\frac{\sqrt{n}}{1,4}$

(1)  $n$ : número de arranques por hora a partir del cual se tiene que desclasificar el material.

(2)  $K_d$ : coeficiente de arranque  $\geq 1$ .

(3) Ventilador, bombas...

(4) Valores medios muy variables según tipos de motores y de receptores.

#### En caso de sobrecargas cíclicas (fuera de arranques)

Para receptores particulares (soldadoras, motores), generadores de corriente cíclico de punta, el cálculo de la intensidad equivalente ( $I_{thq}$ ) puede ser el siguiente:

$$I_{thq} = \sqrt{\frac{(I_1^2 \times t_1) + (I_2^2 \times t_2) + I_n^2 \times (t_c - [t_1 + t_2])}{t_c}}$$

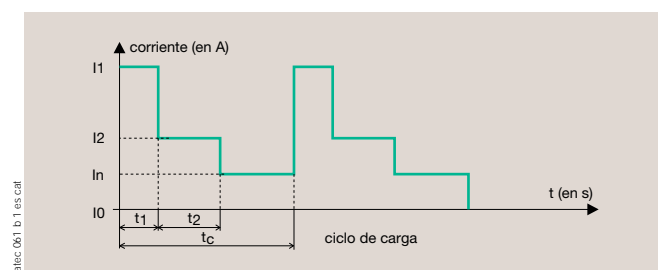
$I_1$ : corriente de llamada del receptor.

$I_2$ : corriente de sobrecarga intermedia eventual.

$I_n$ : corriente en régimen establecido.

$t_1$  y  $t_2$ : duraciones respectivas en segundos de las corrientes  $I_1$  y  $I_2$ .

$t_c$ : duración del ciclo en segundos con un límite inferior fijado a 30 segundos.



Funcionamiento cíclico.



## Límites de utilización

Algunas condiciones de utilización imponen modificar la intensidad térmica por un factor de corrección y no exceder el valor de utilización obtenida.

### Kt corrección debido a la temperatura

Temperatura del aire cerca del aparato (ambiente)

**Cuadro A: factores de corrección en función de la temperatura ta**

Kt: factor de corrección	
0,9	40 °C < a ≤ 50 °C
0,8	50 °C < a ≤ 60 °C
0,7	60 °C < a ≤ 70 °C

- Método rápido.

$$I_{thu} \leq I_{th} \times K_t$$

- Se puede hacer un cálculo más preciso en función de cada uso : consultar.

### Utilización en combinado fusible

- Método rápido.

Un interruptor deberá ser desclasificado de un factor 0,8 cuando los portafusibles están directamente conectados a sus bornes.

**Ejemplo:** un combinado 1250 A estará constituido de un interruptor 1 600 A y de 3 fusibles 1 250 A gG.

- Se puede hacer un cálculo más preciso en función de los distintos usos: consultar.

### • Otras desclasificaciones en temperatura

- Interruptores-fusibles dotados de fusibles UR.
- Servicio asignado continuo. En algunos casos, se necesita una desclasificación para funcionamiento en plena carga las 24 h del día : consultar.

### Kt corrección debida a la frecuencia

**Cuadro B: factores de corrección en función de la frecuencia f**

Kf: factor de corrección	
0,9	100 Hz < f ≤ 1000 Hz
0,8	1000 Hz < f ≤ 2000 Hz
0,7	2000 Hz < f ≤ 6000 Hz
0,6	6000 Hz < f ≤ 10000 Hz

$$I_{thu} \leq I_{th} \times K_f$$

### Ka corrección debida a la altitud

**Cuadro C: factores de corrección en función de la altitud A**

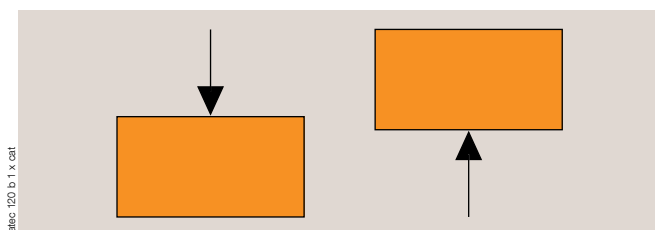
	2000 m < A ≤ 3000 m	3000 m < A ≤ 4000 m
Ue	0,95	0,80
Ie	0,85	0,85

- No haya desclasificación en Ith.
- Desclasificación en Ue y Ie v (en corriente alterna y continua).

### Kp corrección debida a la puesta en marcha del equipo

#### Conexión aguas arriba

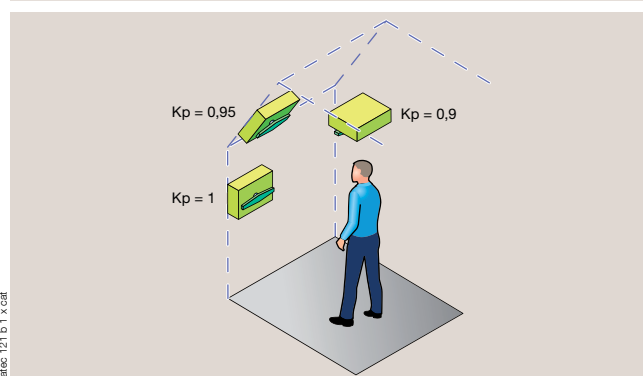
El conjunto de los aparatos de la gama SOCOMEC están a doble corte por polo (excepto FUSERBLOC 1 250 A, FUSOMAT 1 250 A y combinados SIDERMAT); se puede efectuar la alimentación arriba o abajo del aparato sin precaución particular, excepto las reglas de identificación requeridas durante una alimentación por la parte inferior.



Sentido de montaje.

#### Carga de refrigeración

$$I_{thu} \leq I_{th} \times K_p$$



Desclasificación de posición.

## Características generales

La función de un fusible consiste en interrumpir un circuito eléctrico cuando esta sometido a una corriente de defecto. Además, resulta interesante ya que limita las corrientes de defecto importantes (ver ejemplo abajo). La característica esencial del fusible es la de ser un aparato de protección fiable, simple y económico.

Las características técnicas del fusible que permiten una selección óptima son:

- **tiempo de prearco**

Tiempo que necesita una corriente para llevar al estado de vapor, tras fusión, el elemento fusible.

El tiempo de prearco es independiente de la tensión de la red.

- **tiempo de arco**

Periodo comprendido entre el instante en el que aparece el arco y su extinción total (corriente nula). El tiempo de arco depende de la tensión de la red, pero para los tiempos de fusión total > 40 ms, es indiferente con respecto al tiempo de prearco.

- **tiempo de fusión total**

Suma de los tiempos de prearco y arco.

- **poder de corte**

Valor de la corriente de cortocircuito prevista que el fusible es capaz de interrumpir con una determinada tensión de uso.

- **carga térmica,  $\int_0^t I^2 dt$**

Valor de la integral de la corriente cortada en el intervalo de tiempo de fusión total expresada en A<sup>2</sup>s (amperio-cuadrado segundo).

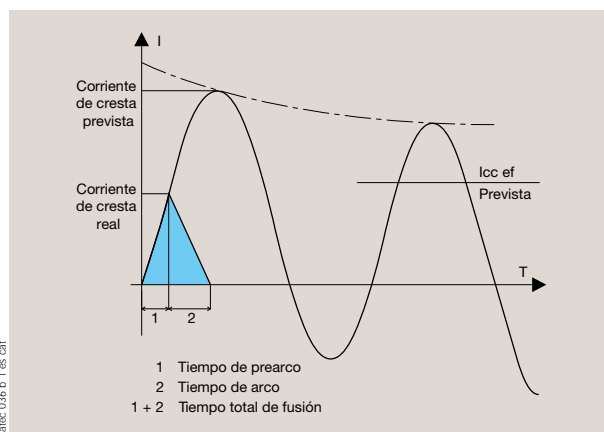
## Limitación de la intensidad de cortocircuito

Los dos parámetros que se deben considerar para la limitación de la intensidad de cortocircuito son:

- la corriente pico realmente alcanzada por la corriente en el círculo protegido,
- la corriente eficaz prevista, que se desarrollaría si no hubiera fusible en el circuito.

El diagrama de limitación indica la correspondencia entre estos dos parámetros (ver páginas 49 y 51). Para conocer la corriente pico que puede desarrollarse realmente en un circuito eléctrico protegido por un fusible, se debe:

- calcular la intensidad de cortocircuito eficaz máxima (ver página 24),
- remitir esta corriente en el diagrama de limitación y leer el valor pico en función del calibre del fusible que protege el circuito.



Observaciones: habrá limitación únicamente si  $t_{prearco} < 5 \text{ ms}$  (red 50 Hz).

Ejemplo: Se desea limitar una intensidad de cortocircuito de 100 kA ef. por un fusible 630 A gG.

La corriente efectiva prevista de 100 kA ef. conduce a una corriente de pico prevista de:  $100 \times 2,2 = 220 \text{ kA}$ .

El fusible limita la corriente de pico a 50 kA, lo que representa el 23% de su valor previsto (ver figura 1); lo que provoca la reducción de los esfuerzos electrodinámicos al 5% del valor sin protección (ver figura 2) y una disminución del esfuerzo térmico limitado al 2,1% de su valor (ver figura 3).

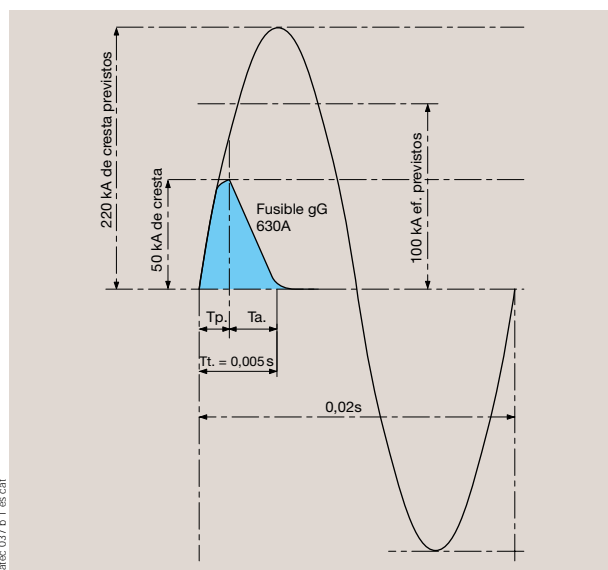


Fig. 1: limitación de la corriente de cresta.

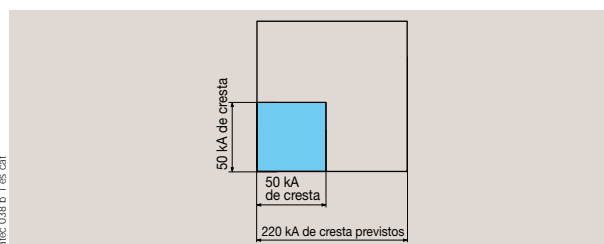


Fig. 2: limitación de los esfuerzos electrodinámicos proporcional al cuadrado de la corriente.

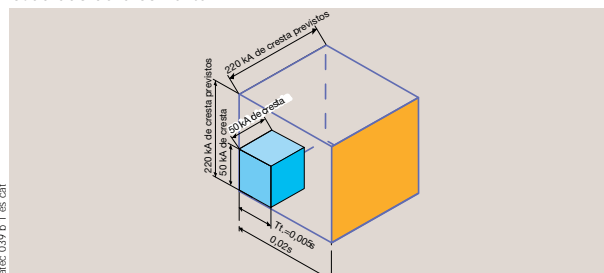


Fig. 3: limitación de la carga térmica  $I \times I \times t$ .

## Elección de un fusible "gG" o "aM"

La selección de una protección debe hacerse en función de 3 parámetros:

- características de la red,
- reglas de instalación,
- características del circuito considerado.

Los cálculos que se presentan a continuación sirven únicamente como ejemplo, por favor consúltenos cuando defina su material para utilizaciones particulares.

### Características de la red

#### La tensión

Un fusible no puede utilizarse nunca a una tensión eficaz superior a su tensión nominal. Funciona normalmente con tensiones inferiores.

#### La frecuencia

- $f < 5$  Hz: se considera que la tensión de empleo ( $U_e$ ) es equivalente a una tensión continua y  $U_e = U$  cresta.
- $5 \leq f < 48$  Hz
- $48 \leq f < 1000$  Hz: no hay desclasificación en tensión.

$$U_e \leq k_u \times U_n$$

f (en Hz)	5	10	20	30	40
$k_u$	0,55	0,65	0,78	0,87	0,94

$k_u$ : coeficiente de desclasificación en tensión debido a la frecuencia.

#### La intensidad de cortocircuito

Después de haberla determinado, se debe verificar que sus valores sean inferiores a los valores de los poderes de corte de los fusibles: 120 kA eff.

### Ajustes de instalación

Utilización de un fusible en el neutro (ver página 38).

#### Esquema de los enlaces a tierra

Según el régimen de neutro, los fusibles tendrán generalmente una o dos funciones de protección:

- contra las sobrentensiones: A,
- frente a contactos indirectos: B.

Esquemas	Protecciones
TT	A
IT	A + B
TNC	A + B
TNS	A + B

### Características del circuito

Límite de utilización de los fusibles en función de la temperatura ambiente ( $t_a$ ) próxima del aparato.

$$I_{th} U \leq K_t \times I_n$$

$I_{th}$  u: intensidad térmica de uso: corriente permanente máxima que admite el equipo durante 8 horas en condiciones particulares

$I_n$ : Calibre del fusible

$K_t$ : coeficiente dado por la siguiente tabla.

$t_a$	Kt			
	Fusible gG		Fusible aM	
	Porta-fusibles	En los equipos y combinado	Porta-fusibles	En los equipos y combinado
40°	1	1	1	1
45°	1	0,95	1	1
50°	0,93	0,90	0,95	0,95
55°	0,90	0,86	0,93	0,90
60°	0,86	0,83	0,90	0,86
65°	0,83	0,79	0,86	0,83
70°	0,80	0,76	0,84	0,80

Si el fusible lleva un envoltorio ventilado, hay que multiplicar los valores de  $K_t$  por  $K_v$ .

- Velocidad del aire  $V < 5$  m/s  $K_v = 1 + 0,05 V$
- Velocidad del aire  $V \geq 5$  m/s  $K_v = 1,25$

**Ejemplo:** un fusible gG con portafusibles se monta en un envoltorio ventilado

- temperatura dentro del envoltorio: 60 °C

- velocidad del aire: 2 m/s

$$K_v = 1 + 0,05 \times 2 = 1,1$$

$$K_t = 1,1 \times 0,86 = 0,95.$$

# Protección con fusible

## Selección de un fusible "gG" o "aM" (continuación)

### Características del circuito (continuación)

#### Precaución de utilización en altitud > 2000 m

- No hay desclasificación en intensidad.
- El poder de corte es limitado: consultar.
- Se recomienda una desclasificación de tamaño.

#### Agua arriba de un transformador de separación

La puesta en servicio de un transformador en vacío provoca un consumo importante de corriente. Se tendrá que utilizar un fusible de tipo aM en el primario que es más apto para soportar sobrecargas repetidas. La utilización del secundario estará protegida por fusibles de tipo gG.

#### Agua arriba de un motor

La protección contra las sobrecargas de los motores está asegurada generalmente por un relé térmico. La protección de los conductores de alimentación del motor está asegurada por los fusibles aM o gG. El cuadro A indica los calibres de los fusibles que se deben asociar al relé térmico en función de la potencia del motor.

#### Nota:

- La corriente nominal de un motor varía de un fabricante a otro. El cuadro A da valores indicativos.
- Es preferible utilizar fusibles aM en lugar de fusibles gG para esta aplicación.
- En caso de arranques frecuentes o difíciles (arranque directo > 7 I<sub>n</sub> durante más de 2 s o arranque > 4 I<sub>n</sub> durante más de 10 s), se recomienda tomar un calibre superior al indicado en el cuadro. No obstante, se deberá asegurar la coordinación de la asociación del fusible con el automático (ver página 55).
- En caso de fusión de un fusible aM, se recomienda reemplazar los fusibles de las otras dos fases.

#### Cuadro A: protección de los motores por fusibles aM

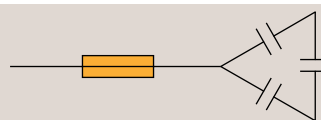
400 V tri			Motor			Calibres	Tamaño recomendado
kW	Ch	In A	kW	Ch	In A		
7,5	10	15,5	11	15	18,4	20	10 x 38 o 14 x 51
11	15	22	15	20	23	25	10 x 38 o 14 x 51
15	20	30	18,5	25	28,5	40	14 x 51
18,5	25	37	25	34	39,4	40	14 x 51
22	30	44	30	40	45	63	22 x 58
25	34	51	40	54	60	63	22 x 58
30	40	60	45	60	65	80	22 x 58
37	50	72	51	70	75	100	22 x 58
45	60	85	63	109	89	100	22 x 58
55	75	105	80	110	112	125	T 00
75	100	138	110	150	156	160	T 0
90	125	170	132	180	187	200	T 1
110	150	205	160	220	220	250	T 1
132	180	245	220	300	310	315	T 2
160	218	300				315	T 2
200	270	370	250	340	360	400	T 2
250	340	475	335	450	472	500	T 3
315	430	584	450	610	608	630	T 3
400	550	750	500	680	680	800	T 4

#### Agua arriba de una batería de condensadores

El calibre del fusible debe ser superior o igual a dos veces la corriente nominal.

$$I_n \geq 2 I_c$$

calibre 118 b 1 x cal



#### Cuadro B: calibre de los fusibles para batería de condensadores bajo 400 V

Capacidad en kvar	5	10	20	30	40	50	60	75	100	125	150
Fusible gG en A	20	32	63	80	125	160	200	200	250	400	400

## Selección de un fusible "gG" o "aM" (continuación)

### Características del circuito (continuación)

#### Puesta en paralelo

La puesta en paralelo de los fusibles se puede llevar a cabo únicamente entre dos fusibles de la misma talla y del mismo calibre.

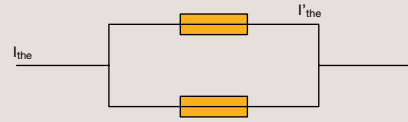
$$I_{the} = I'_{the} \times 2$$

$$I_{cc \text{ cresta limitada total}} = I'_{cc \text{ cresta limitada total}} \times 1,59$$

$$i^2t \text{ total} = i'^2t \times 2,52$$

$i^2t$ : carga térmica de un fusible

catálogo 119 b 1\_x\_cat



### Uso en corriente continua

En corriente continua, el tiempo de prearco es idéntico al tiempo de prearco en corriente alterna. Las características tiempo/corriente y el diagrama de límite siguen siendo válidas para la utilización de los fusibles en corriente continua. En cambio, el tiempo de arco es claramente más elevado en corriente continua ya que no se beneficia del paso a cero de la tensión.

La energía térmica por absorber será mucho más importante que en corriente alterna. Para conservar un esfuerzo térmico equivalente al fusible, se debe limitar su tensión de utilización.

Tensión máxima	
en corriente alterna	en corriente continua
400 V	260 V
500 V	350 V
690 V	450 V

#### Uso de fusibles de tipo gG cilíndricos.

Tamaño	Tensión	Corriente CC	Poder de corte en CC
10 x 38	500 VAC / 250 VDC	16 A	15 kA
	500 VAC / 250 VDC	32 A	15 kA
14 x 51	690 VAC / 440 VDC	32 A	10 kA
	500 VAC / 250 VDC	80 A	15 kA
22 x 58	690 VAC / 440 VDC	80 A	10 kA
	500 VAC / 250 VDC	80 A	10 kA

Se recomienda utilizar fusibles de talla superior a la normal, el cable no cambia; la talla 10 x 38 se reservan para los circuitos  $\leq 12$  A.

En caso de circuitos ampliamente inductivos, se recomienda colocar dos fusibles en serie en el polo +.

Para aplicaciones fotovoltaicas, es necesario usar fusibles específicos cuyas características tiempo/corriente y capacidad de desconexión correspondan a dichas instalaciones en particular. Estos fusibles se indican mediante el símbolo gPV y deben responder a la norma IEC 60269-6.

#### Los fusibles de tipo aM no se pueden utilizar en corriente continua.

Para tensiones comprendidas entre 450 y 800 VDC, es posible utilizar fusibles UR: consultar para realizar el estudio.

# Protección con fusible

## Protección de las canalizaciones contra las sobrecargas por fusibles gG

La columna  $I_z$  da el valor de la corriente máxima admisible para cada sección de cables de cobre y aluminio, según la norma NF C 15100 y la guía UTE 15105.

La columna F da el calibre del fusible gG asociado a la sección y al tipo de cable.

Las categorías B, C, E y F corresponden a los diferentes modos de instalación de los cables (ver página 17).

Los cables se clasifican en dos familias: PVC y PR (ver cuadro página 18). El número colocado después proporciona el número de conductores cargados (PVC 3 indica un cable de la familia PVC con 3 conductores cargados: 3 fases o 3 fases + neutro).

**Ejemplo:** un cable PR3 de 25 mm<sup>2</sup> de cobre instalado en categoría E está limitado a 127 A y protegido por un fusible de 100 A gG.

Categoría	Corriente admisible ( $I_z$ ) protección de fusible asociada (F)																	
B	PVC3	PVC2					PR3					PR2						
C		PVC3					PVC2		PR3				PR2					
E			PVC3					PVC2		PR3					PR2			
F				PVC3					PVC2			PR3					PR2	
S mm <sup>2</sup>																		
Cobre	$I_z$	F	$I_z$	F	$I_z$	F	$I_z$	F	$I_z$	F	$I_z$	F	$I_z$	F	$I_z$	F	$I_z$	F
1,5	15,5	10	17,5	10	18,5	16	19,5	16	22	16	23	20	24	20	26	20		
2,5	21	16	24	20	25	20	27	20	30	25	31	25	33	25	36	32		
4	28	25	32	25	34	25	36	32	40	32	42	32	45	40	49	40		
6	36	32	41	32	43	40	46	40	51	40	54	50	58	50	63	50		
10	50	40	57	50	60	50	63	50	70	63	75	63	80	63	86	63		
16	68	50	76	63	80	63	85	63	94	80	100	80	107	80	115	100		
25	89	80	96	80	101	80	112	100	119	100	127	100	138	125	149	125	161	125
35	110	100	119	100	126	100	138	125	147	125	158	125	171	125	185	160	200	160
50	134	100	144	125	153	125	168	125	179	160	192	160	207	160	225	200	242	200
70	171	125	184	160	196	160	213	160	229	200	246	200	269	160	289	250	310	250
95	207	160	223	200	238	200	258	200	278	250	298	250	328	250	352	315	377	315
120	239	200	259	200	276	250	299	250	322	250	346	315	382	315	410	315	437	400
150			299	250	319	250	344	315	371	315	399	315	441	400	473	400	504	400
185			341	250	364	315	392	315	424	315	456	400	506	400	542	500	575	500
240			403	315	430	315	461	400	500	400	538	400	599	500	641	500	679	500
300			464	400	497	400	530	400	576	500	621	500	693	630	741	630	783	630
400									656	500	754	630	825	630			840	800
500									749	630	868	800	946	800			1083	1000
630									855	630	1005	800	1088	800			1254	1000
Aluminio																		
2,5	16,5	10	18,5	10	19,5	16	21	16	23	20	24	20	26	20	28	25		
4	22	16	25	20	26	20	28	25	31	25	32	25	35	32	38	32		
6	28	20	32	25	33	25	36	32	39	32	42	32	45	40	49	40		
10	39	32	44	40	46	40	49	40	54	50	58	50	62	50	67	50		
16	53	40	59	50	61	50	66	50	73	63	77	63	84	63	91	80		
25	70	63	73	63	78	63	83	63	90	80	97	80	101	80	108	100	121	100
35	86	80	90	80	96	80	103	80	112	100	120	100	126	100	135	125	150	125
50	104	80	110	100	117	100	125	100	136	125	146	125	154	125	164	125	184	160
70	133	100	140	125	150	125	160	125	174	160	187	160	198	160	211	160	237	200
95	161	125	170	125	183	160	195	160	211	160	227	200	241	200	257	200	289	250
120	188	160	197	160	212	160	226	200	245	200	263	250	280	250	300	250	337	250
150			227	200	245	200	261	200	283	250	304	250	324	250	346	315	389	315
185			259	200	280	250	298	250	323	250	347	315	371	315	397	315	447	400
240			305	250	330	250	352	315	382	315	409	315	439	400	470	400	530	400
300			351	315	381	315	406	315	440	400	471	400	508	400	543	500	613	500
400									526	400	600	500	663	500			740	630
500									610	500	694	630	770	630			856	630
630									711	630	808	630	899	800			996	800

## Protección de las canalizaciones por fusibles

## Longitud máxima de los conductores protegidos por fusibles

Los cuadros A y B dan las longitudes máximas en las condiciones siguientes:

- circuito trifásico 230V/400V,
- sección de neutro = sección de fase,
- intensidad de cortocircuito mínima,
- conductores de cobre.

Los cuadros son válidos con cualquier tipo de aislamiento de los cables (PVC, PR, EPR). Cuando aparecen indicados dos valores, el primero corresponde a los cables PVC y el segundo a los cables PR/EPR.

Las longitudes se deben multiplicar por los coeficientes del cuadro C para las demás utilidades.

Cable de aluminio: multiplicar las longitudes de los cuadros por 0,41.

Cuadro A: longitudes máximas en m de los cables protegidos por fusibles gG.

S (mm²) \ HP C	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7														
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7												
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5										
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9									
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	9/12	7/9	3/4						
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4				
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5			
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5		
50										198	167	117	101	71	45/74	26/33	16/22	8/11	5/7	
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14	
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18
150													272	190	145	110	85	61	42/48	20/24
185														220	169	127	98	70	56	27/34
240															205	155	119	85	68	43/46

Cuadro B: longitudes máximas en m de los cables protegidos por fusibles aM.

S (mm²) \ HP C	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11						
25								135	108	86	67	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50											128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10	
70												151	121	96	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	51
240																	123	97	78	62

Cuadro C: coeficiente de corrección para otras redes.

Caso de utilización	Coefficiente
- Sección de neutro = 0,5 sección de fase	0,67
Circuito sin neutro	1,73

(1) La entrada del cuadro se hace por la sección de las fases.

# Protección con fusible

## Protección frente a los contactos indirectos por fusibles

### Longitud máxima de los conductores protegidos por fusibles

Deberá limitarse la longitud de los conductores protegidos frente a los contactos indirectos.

Los cuadros B y C dan una lectura directa de las longitudes máximas de los conductores de cobre. Se determinan en las condiciones siguientes:

- red 230/400 V,
- esquema TN,
- tensión de contacto máxima  $U_L = 50$  V,
- $\frac{\phi f}{\phi PE} = m = 1$ .

Para otras utilizaciones, se tiene que multiplicar el valor leído en los cuadros B y C por el coeficiente del cuadro A.

**Cuadro A**

		coeficiente de corrección
Conductor de aluminio		0,625
Sección PE = 1/2 Sección Fase (m = 2)		0,67
Régimen IT	sin neutro	0,86
	con neutro	0,5
Tiempo de corte de 5 s admis. (circuito de distribución)	para canalizaciones protegidas con fusibles gG	1,88
	para canalizaciones protegidas con fusibles aM	1,53

**Cuadro B: longitudes máximas (en m) de los conductores protegidos por fusibles gG (calibre en A)**

(A) \ S (mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	8	4	3									
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	6	6	4						
6	212	159	127	87	73	50	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	28	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	59	43	36	25	22	15	12	9	7	5	4	
25	884	663	530	361	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	506	428	293	253	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				687	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	11	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	687	458	351	256	216	151	131	92	70	53	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	62	37	23	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	145	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

**Cuadro C: longitudes máximas (en m) de los conductores protegidos por fusibles aM (calibre en A)**

(A) \ S (mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
4	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8		6	5	4					
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
10	188	151	121	94	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	16	12	9	8	6
35	658	527	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
50	891	714	572	447	357	285	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	57	45	36	29	23
120					904	723	574	462	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
300									702	562	439	351	281	223	175	140	11	88	70	56

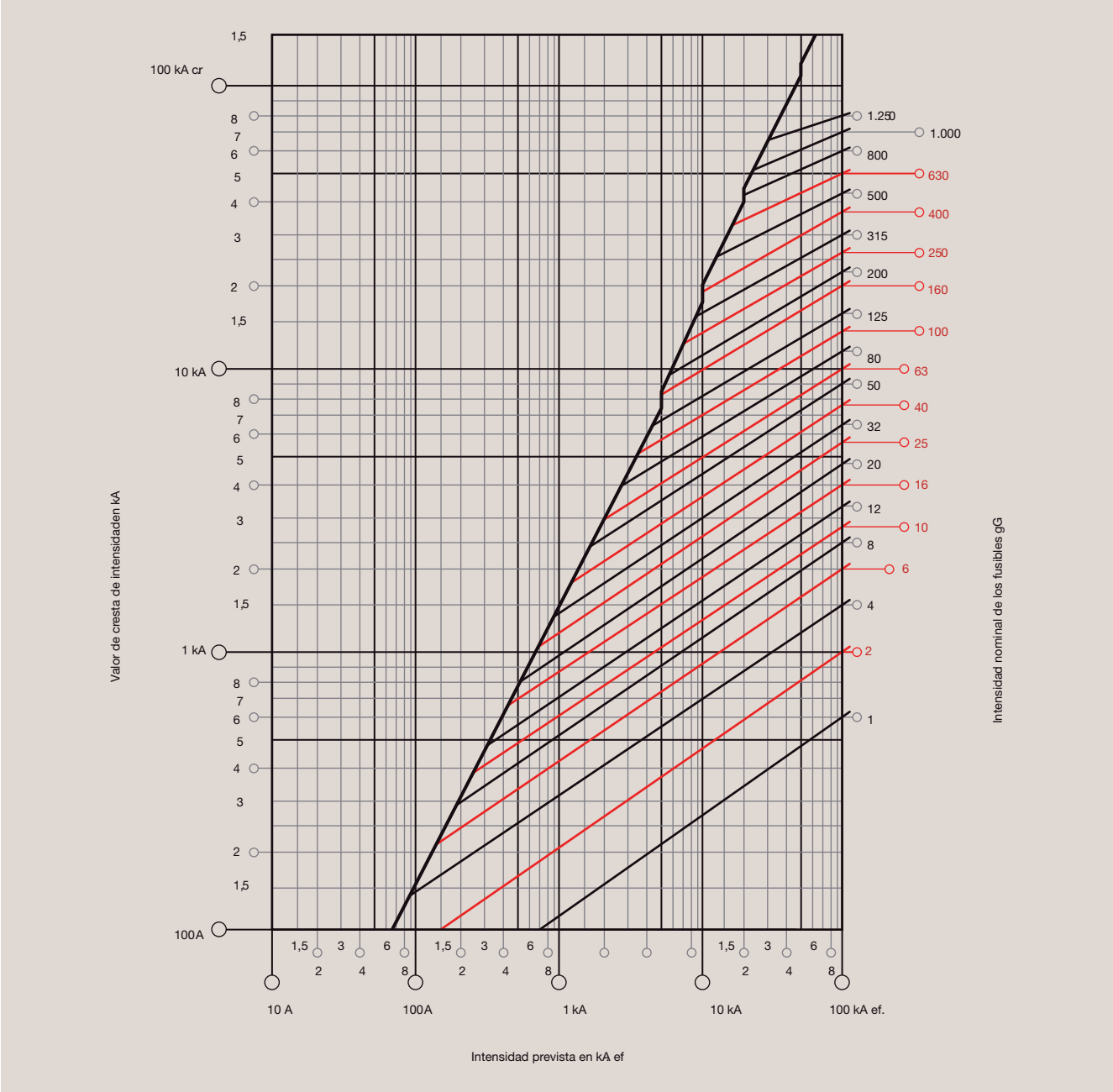
**Ejemplo:** un circuito está constituido de un cable de cobre 3 x 6 mm² y protegido por un fusible 40 A gG. Su longitud deberá ser inferior a 73 m para asegurar la protección contra los contactos indirectos en TN 230V/400V.

- si el cable es de aluminio, la longitud máxima es de:  $0,625 \times 73 \text{ m} = 45,6 \text{ m}$
- en esquema IT con neutro y cable de aluminio, la longitud es de:  $0,625 \times 0,5 \times 73 \text{ m} = 22,8 \text{ m}$
- en esquema IT con neutro, cable de aluminio para una alimentación de armario divisor, la longitud es:  $0,625 \times 0,5 \times 1,88 = 42,8 \text{ m}$ .



Curvas características de los fusibles gG

Diagrama de limitación de las corrientes

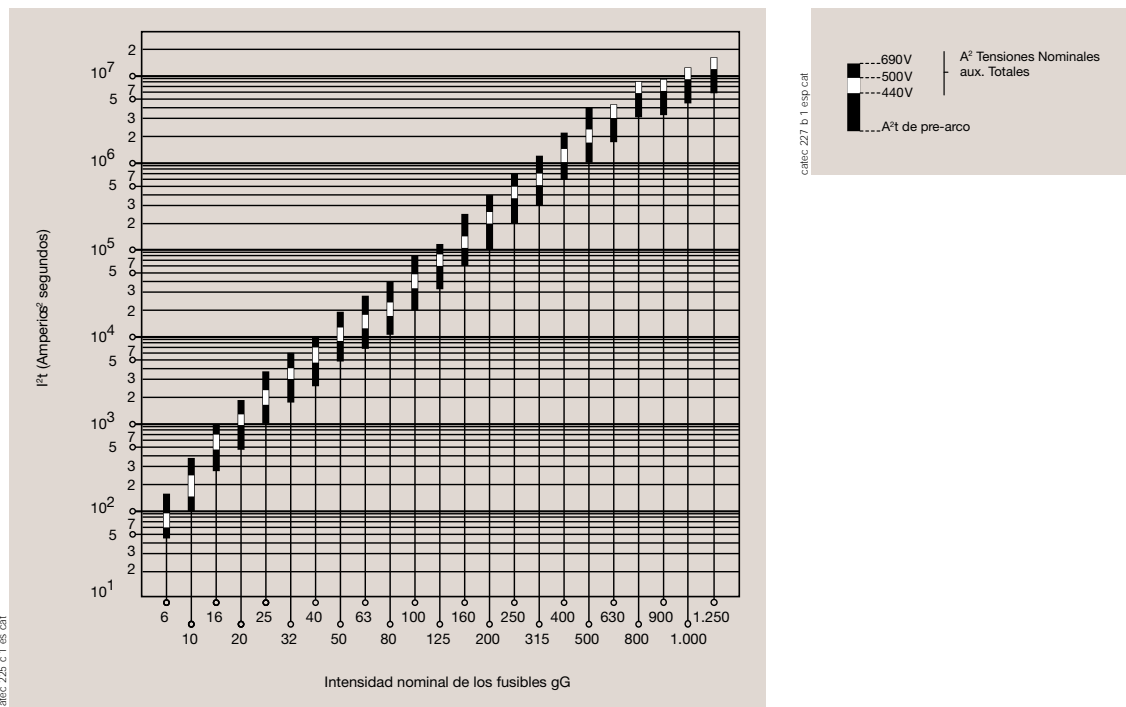


calrec 112 f1 es cat

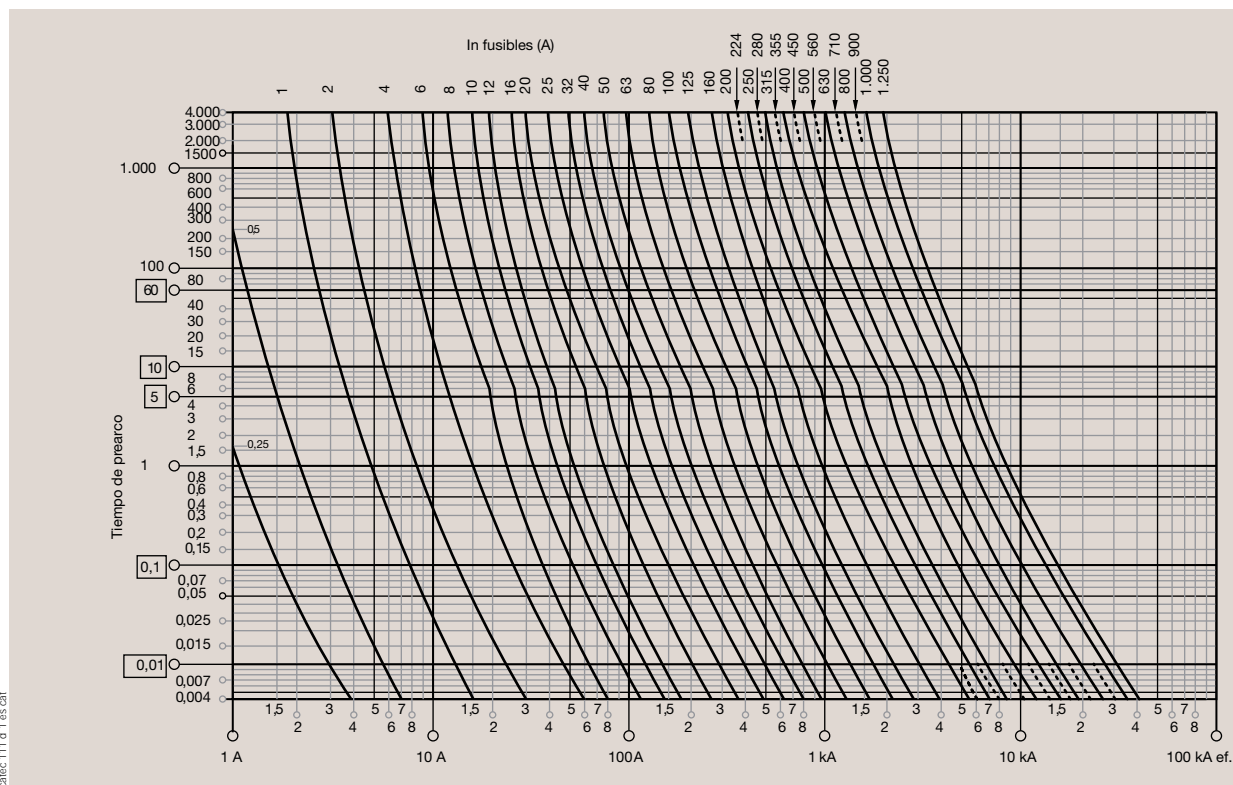
# Protección con fusible

## Curvas características de los fusibles gG (continuación)

### Diagrama de limitación de los esfuerzos térmicos

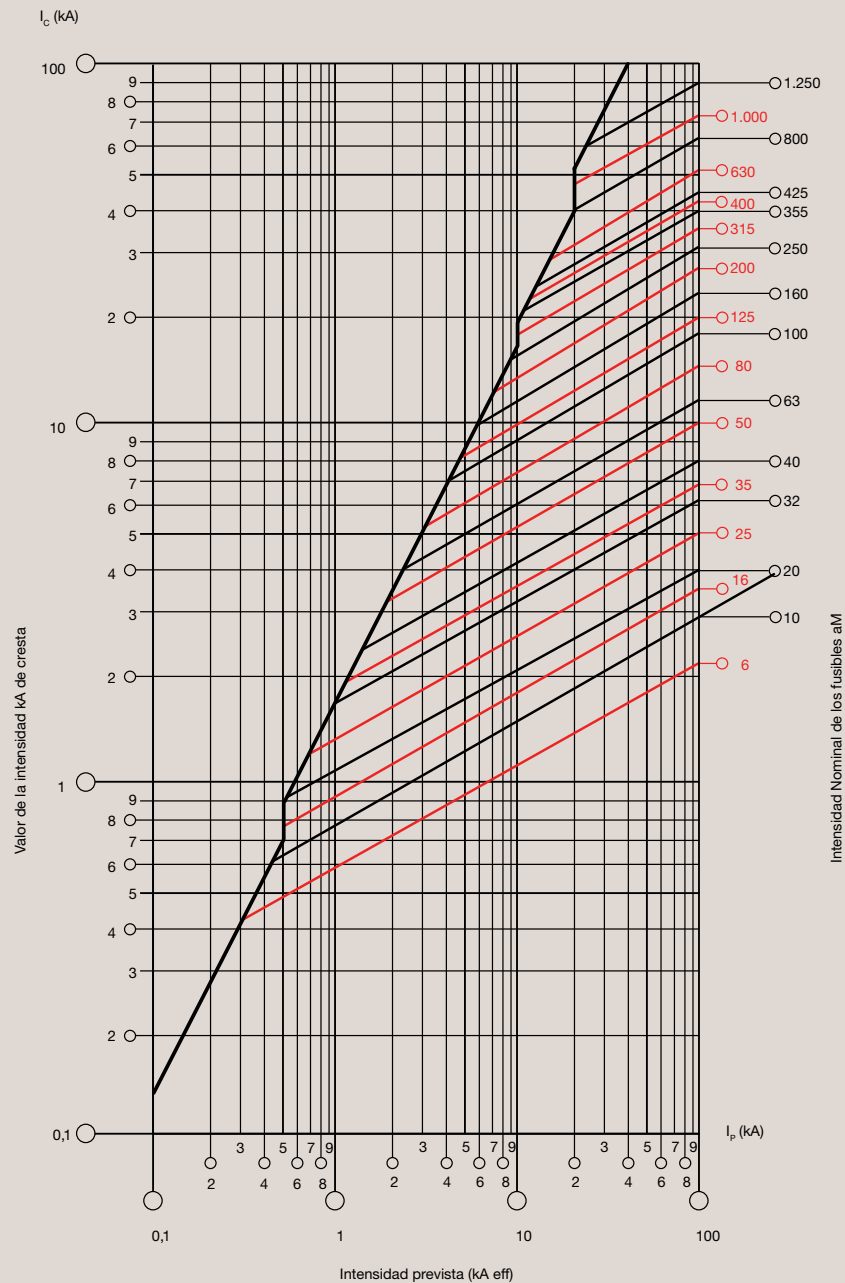


### Características de funcionamiento tiempo/corriente



## Curvas características de los fusibles NF y NH de tipo aM

### Diagrama de limitación de las corrientes

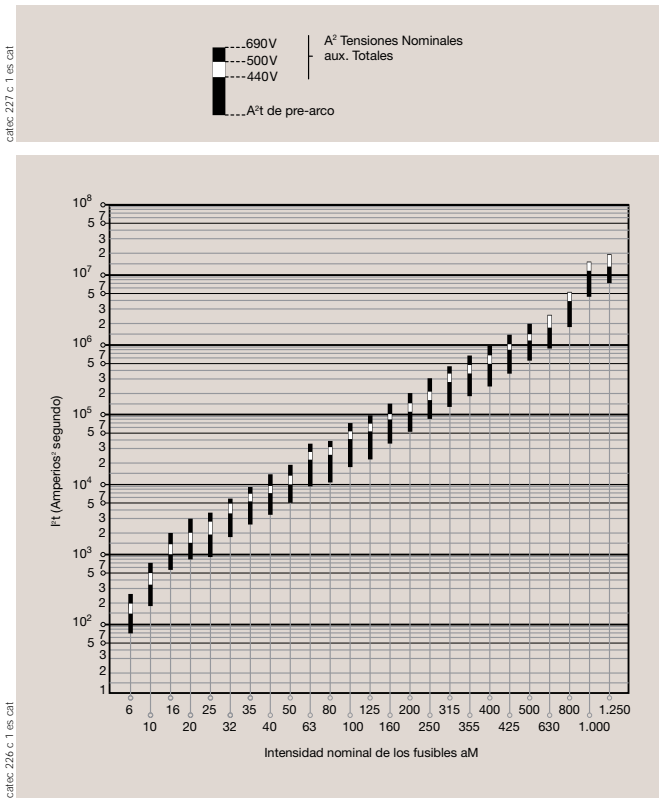


catálogo 114 g 1 es cat

# Protección con fusible

## Curvas características de los fusibles NF y NH de tipo aM (continuación)

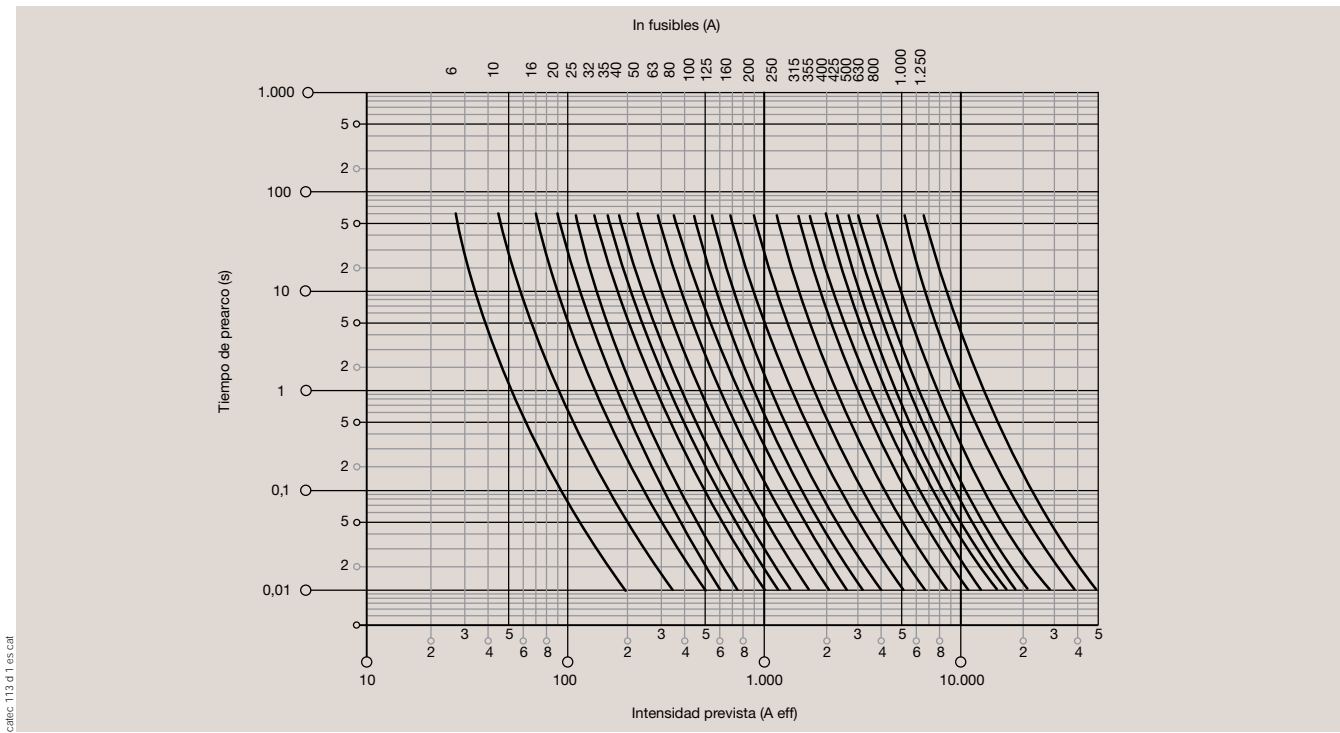
### Diagrama de limitación de los esfuerzos térmicos



### Potencia disipada con percutor (W)

Corrientes asignadas de uso In (A)	Tamaño de los fusibles					
	000	00	0/0S	1	2	3
6	0,33		0,42			
10	0,52		0,67			
16	0,81		0,98			
20	0,92		1,04			
25	1,08		1,17			
32	1,42		1,67			
35	1,58		1,72			
40	1,68		1,91			
50		2,28	2,51			
63		2,9	3,35	3,2		
80		4,19	4,93	4,6		
100		5,09	5,72	5,7		
125		6,29	7,30	6,98	7,6	
160		7,73	9,50	9,2	9,7	
200			12,3	13,7	13,9	
224				14,0	14,0	
250				15,3	17,0	
315					26,0	20,6
355					25,2	23,9
400					29,3	26,5
425						28,3
500						35,8
630						56,9
800						
1000						
1250						

### Características de funcionamiento tiempo/corriente



## Elección de un fusible UR

Estos fusibles, denominados ultrarrápidos, garantizan la protección frente a corrientes de cortocircuito. Por su diseño, el tiempo total de fusión es muy inferior al de los fusibles gG y aM en cortocircuitos importantes.

Se suelen usar para la protección de semiconductores de potencia ( $i^2t$  UR <  $i^2t$  del semiconductor que se va a proteger).

Debe evitarse que funcionen en sobrecarga,  $I \sim 2I_n$ ,  $t \geq 100$  segundos. Si es necesario, la protección frente a sobrecargas debe estar garantizada por medio de otro dispositivo.

La determinación de un fusible UR es objeto de una gestión rigurosa que puede ser compleja en determinadas aplicaciones. El método siguiente constituye un primer concepto.

Consúltenos para cualquier otra aplicación específica.

### Carga térmica

Es el primer parámetro que se debe tener en cuenta antes del calibre. Así, los fusibles UR sirven para la protección de semiconductores. El límite de destrucción de estos últimos viene dado por la carga térmica máxima admisible. Para que la protección sea eficaz, es necesario que la carga térmica del fusible sea aproximadamente un 20% inferior a la carga térmica de destrucción del semiconductor.

*Ejemplo:* un diodo 30A/400 V soporta como máximo una carga térmica de 610 A<sup>2</sup>s. La carga térmica máxima del fusible UR asociado será de 610 - 20 % = 488 A<sup>2</sup>s a 400 V.

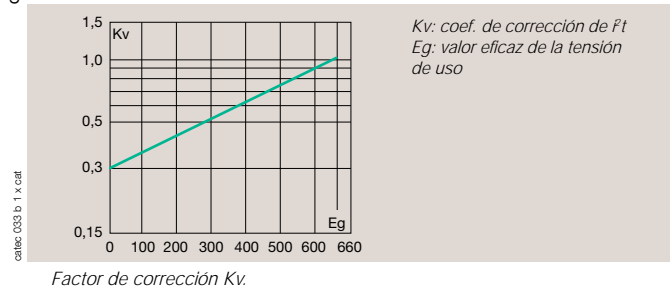
### Tensión

La carga térmica suele darse para 660 V. El uso a una tensión diferente da lugar a una corrección:

$$(i^2t) V = K_v \times (i^2t) 660 V$$

*Ejemplo:* para  $U = 400 V$  y  $K_v = 0,6$

$(i^2t) 400 V = 0,6 \times (i^2t) 660 V$



Factor de corrección  $K_v$ .

### Factor de potencia

La carga térmica indicada en el capítulo "Equipos de corte de BT" se da para un factor de potencia de 0,15 (cos  $\varphi$  del circuito que falla). Para otros valores del factor de potencia hay que multiplicar el valor de la carga térmica por el coeficiente  $K_y$ .

Factor de potencia	0,1	0,15	0,2	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$K_y$	1,04	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,85	0,82	0,81

### Corriente nominal

Cuando se ha determinado la carga térmica máxima del fusible, se debe tener en cuenta el valor de la corriente nominal del circuito.

*Ejemplo:* en el ejemplo anterior, hemos determinado la carga térmica máxima del fusible UR: 488 A<sup>2</sup>s a 400 V.

A 660 V, este valor equivale a:  $488/0,6 = 813 A^2s$ .

La corriente en el circuito es de 20 A. Se optará por un fusible UR de 25 A y cuyo  $i^2t$  a 660 V equivale a 560 A<sup>2</sup>s.

### Corrección en función de la temperatura ambiente

El calibre de un fusible UR se da para una temperatura ambiente de 20 °C.

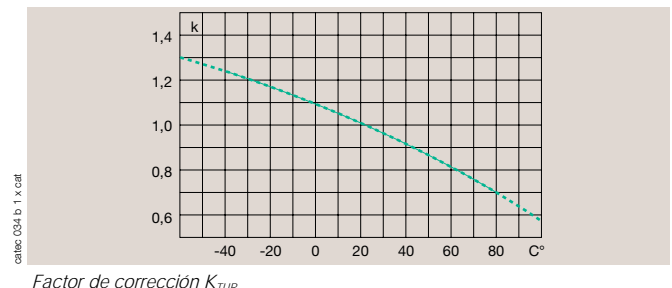
La corriente máxima de utilización  $I_b$  viene determinada por:

$$I_b = K_{TUR} \times (1 + 0,05 v) \times I_n$$

$I_n$ : corriente nominal del fusible en A

$v$ : velocidad del aire de refrigeración en m/s

$K_{TUR}$ : coeficiente dado por la figura más abajo en función de la temperatura del aire en el entorno del fusible.



# Protección con fusible

## Elección de un fusible UR (continuación)

### Asociación en serie

No es recomendable cuando la corriente de fallo es insuficiente para fundir el fusible en menos de 10 ms.

### Asociación en paralelo

La puesta en paralelo de los fusibles se puede llevar a cabo únicamente entre dos fusibles del mismo tamaño y el mismo calibre. Suele estar garantizada por el fabricante (consúltenos).

En caso de asociación en paralelo, se debe procurar que la tensión de uso no exceda el 90% de la tensión nominal del fusible.

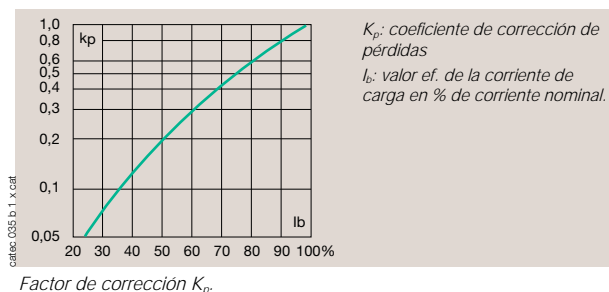
### Sobrecarga cíclica

Consultar.

### Pérdidas en vatios

Se indican en la parte "Equipos de corte de BT" y corresponden a la potencia disipada de la corriente nominal.

Para el uso a una corriente  $I_b$  distinta de  $I_n$ , hay que multiplicar la pérdida en vatios por el coeficiente  $K_p$  indicado por la figura contigua.

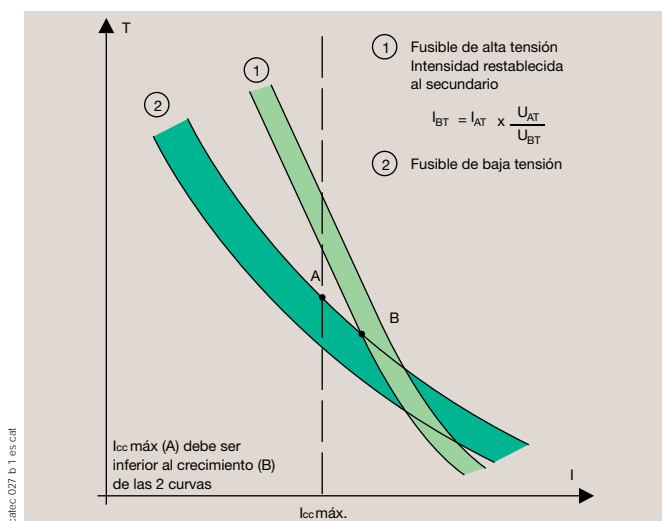


## Selectividad

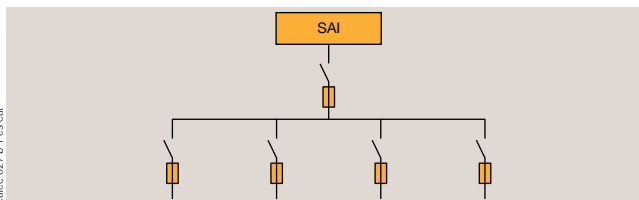
### Selectividad entre fusibles AT y BT

El funcionamiento de un fusible BT no deberá provocar la fusión del fusible AT situado en el primario del transformador AT/BT.

Para ello, se debe verificar que en ningún momento, la parte inferior de la curva AT coincida con la parte superior de la curva BT antes del límite de  $I_{cc}$  máximo baja tensión (ver cálculo en página 23).



### En red alimentada por SAI's (Sistemas de alimentación ininterrumpida)



La selectividad de los dispositivos de protección tiene una gran importancia en las redes alimentadas por SAI's donde la activación de una protección no debe generar ninguna perturbación en el resto de la red.

La función de selectividad debe tomar en cuenta dos particularidades de estas redes:

- corriente de fallo baja (del orden de  $2 \times I_n$ )
- tiempo de fallo máximo generalmente impuesto: 10 ms.

Para respetar estos criterios y cerciorarse de la buena selectividad, la corriente de cada rama no debe exceder los valores del cuadro de abajo.

Protección por	Corriente máx. por salida
Fusible gG	$\frac{I_n}{6}$
Fusible UR	$\frac{I_n}{3}$
Pequeños automáticos	$\frac{I_n}{8}$

## Selectividad (continuación)

### Selectividad entre fusible y automático

El fusible está colocado arriba del automático. Un automático es un conjunto constituido de un contactor y un relé térmico. Las curvas de los fusibles asociados al automático deben pasar entre los puntos A y B que corresponden a:

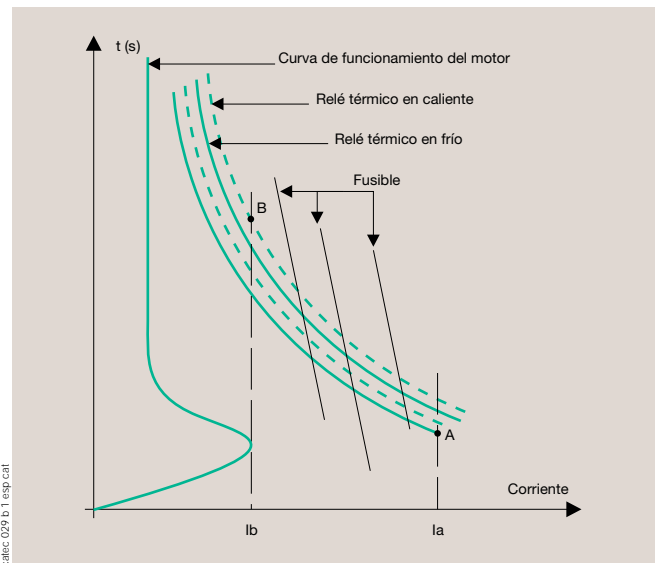
- $I_a$ : límite del poder de par del discontactor,
- $I_b$ : corriente máxima de arranque del motor.

Tipo de arranque	$I_b$ <sup>(1)</sup>	Tiempo de arranque <sup>(1)</sup>
Directo	$8 I_n$	0,5 a 3 s.
Estrella triángulo	$2,5 I_n$	3 a 6 s.
Autotransformador	$1,5 \text{ a } 4 I_n$	7 a 12 s.
Rotórico	$2,5 I_n$	2,5 a 5 s.

(1) Valores medios que pueden variar ampliamente según los tipos de motores y de receptores.

El esfuerzo térmico del fusible debe ser inferior al que soporta el automático.

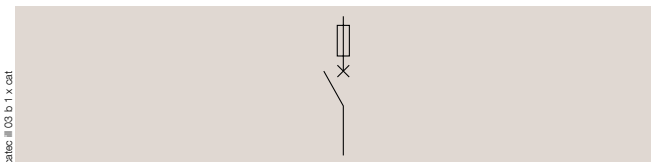
Entre los diferentes calibres de fusibles posibles, elegir el calibre más elevado para minimizar las pérdidas por disipación térmica.



### Selectividad entre automático y fusible

La asociación juiciosa de una protección fusible con otros dispositivos (automáticos, etc.) permite una perfecta selectividad y constituye una solución óptima a nivel de ahorro y seguridad.

#### Fusible arriba - automático abajo



- La curva de fusión de prearco del fusible debe situarse encima del punto A (fig. 1).
- La curva de fusión total del fusible debe cortar la curva del automático antes del valor  $I_{cc}$  (poder de corte último) del automático.
- Después del punto de crecimiento, el esfuerzo térmico del fusible debe ser inferior al del automático.
- Los esfuerzos térmicos del automático y del fusible deben ser siempre inferiores a los del cable.

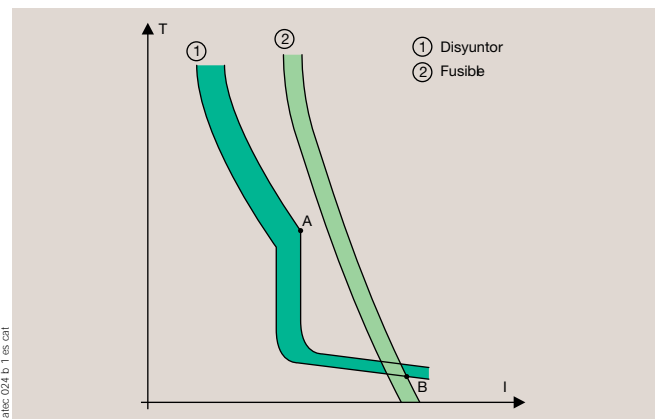
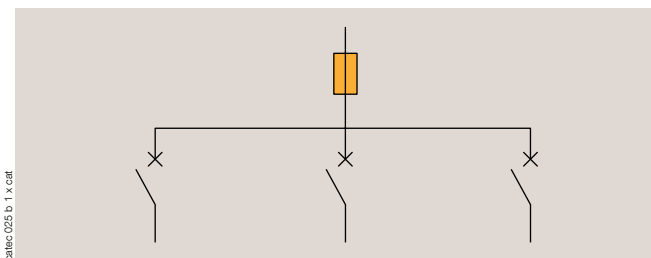


Fig. 1

#### Fusibles gG aguas arriba - varios automáticos aguas abajo

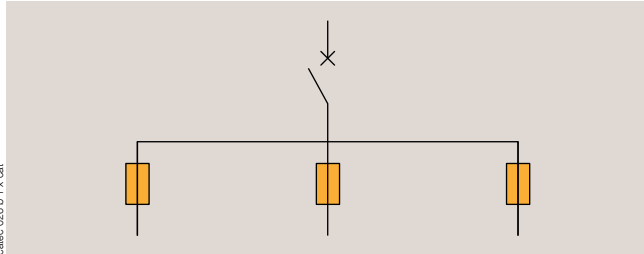


- El calibre de fusible debe ser superior a la suma de las corrientes de los automáticos simultáneamente en carga.
- La curva de fusión fusible debe ser superior del punto A (ver fig. 1) del automático que tenga el calibre más elevado.
- El punto de crecimiento B (ver fig. 1) debe ser inferior al poder de corte último más bajo de todos los automáticos.
- Después del punto B, el esfuerzo térmico total del fusible debe ser inferior al esfuerzo térmico de cualquiera de los automáticos situados abajo.

## Selectividad (continuación)

### Selectividad entre automático y fusible (continuación)

#### Automático arriba - varios fusibles abajo



- Los poderes de corte de todos los fusibles y del automático deben ser superiores a la corriente de cortocircuito máximo que pueden aparecer en el circuito.
- El ajuste de la parte térmica  $I_r$  del disyuntor debe ser tal que:  
 $1,05 I_r \geq I_1 + I_2 + \dots + I_n$   
 $I_1 + I_2 + \dots + I_n$ : suma de las corrientes en cada ramo protegido por fusible.

La corriente de ajuste  $I_r$  debe responder además a la condición siguiente:

$$I_r \geq K_d \times I_n$$

$I_n$ : calibre del fusible del circuito más cargado.

**Cuadro A: valores de  $K_d$  (según IEC 60269-2-1)**

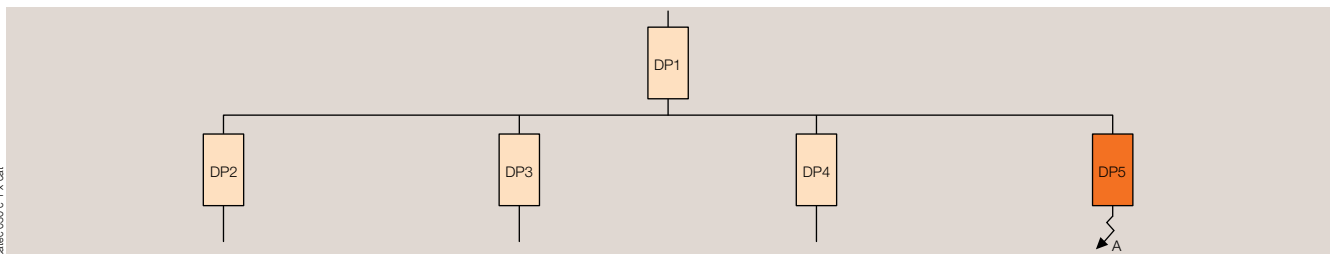
Calibre fusibles gG ( $I_n$ ) (A)	$K_d$
$I_n \leq 4$	2,1
$4 < I_n < 16$	1,9
$16 \leq I_n$	1,6

**Ejemplo:** el circuito más cargado está protegido por un fusible gG de 100 A. La corriente de ajuste mínima del disyuntor arriba que permite asegurar la selectividad con el fusible será:  $I_r \geq 1,6 \times 100 \text{ A} = 160 \text{ A}$ .

- El esfuerzo térmico del fusible de calibre más elevado debe ser inferior al esfuerzo térmico limitado por el automático. Este esfuerzo debe ser a la vez inferior al esfuerzo térmico máximo de los cables.
- Valor mínimo de ajuste de  $I_m$  (magnético):  $8 K_d \leq I_m \leq 12 K_d$ .  
 $K_d$  se da en el cuadro A.

## Generalidades

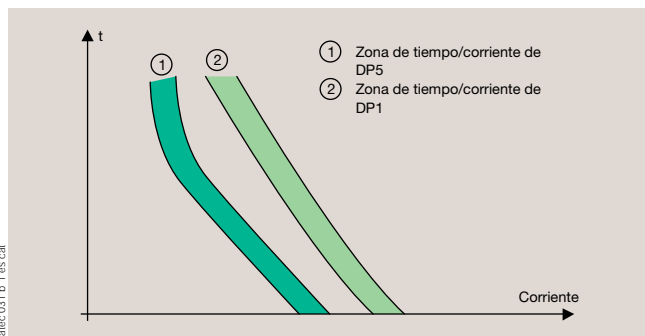
La selectividad de las protecciones está asegurada cuando, en caso de fallo en un punto de la instalación, hay apertura del dispositivo de protección (DP) situado directamente arriba del fallo, sin provocar la apertura de otros dispositivos en el conjunto de la instalación. La selectividad permite tener una continuidad de servicio en el resto de la red.



un fallo en el punto A debe provocar la apertura del dispositivo de protección DP5 sin que haya apertura de otros DP.

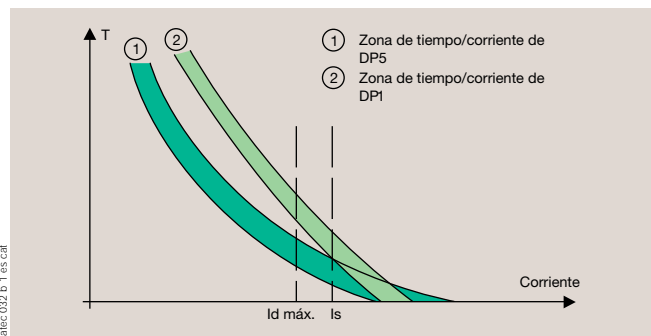
### Selectividad total

Está asegurada cuando no se cubren las zonas tiempo/corriente que caracterizan los órganos de protección.



### Selectividad parcial

Consiste en limitar la selectividad de los DP en una parte solamente de su zona tiempo-corriente. Mientras la corriente de defecto sea inferior al punto de crecimiento de las curvas, nos encontramos en un caso de selectividad total.



La selectividad es asegurada en el caso en que la corriente de fallo máximo ( $I_{cc} \text{ máx.}$ ) de la instalación esté limitada a  $I_d \text{ máx.}$  e  $I_d \text{ máx.} < I_s$ .



## Selectividad (continuación)

### Selectividad entre fusibles

#### Selectividad fusibles gG y aM

La selectividad total es asegurada por la selección de los fusibles en los cuadros A y B (según IEC 60269-1 y 60269-2-1).

No obstante, en algunos casos de utilización, se podrá limitar a una selectividad parcial.

**Tabla A**

Fusible aguas arriba	Fusible aguas abajo	
gG	gG	aM
Calibre (A)		
4	1	1
6	2	1
8	2	2
10	4	2
12	4	2
16	6	4
20		6
25	10	8
32	16	10
40	20	12
50	25	16
63	32	20
80	40	25
100	50	32
125	63	40
160	80	63
200	100	80
250	125	125
315	160	125
400	200	160
500	315	200
630	400	250
800	500	315
1000	630	400
1250	800	500

**Tabla B**

Fusible aguas arriba	Fusible aguas abajo	
aM	gG	aM
Calibre (A)		
4	4	2
6	6	2
8	8	4
10	10	6
12	4	2
16	16	10
20	20	12
25	25	12
32	32	20
40	32	25
50	40	25
63	50	40
80	63	50
100	80	63
125	100	80
160	125	100
200	160	125
250	160	160
315	200	200
400	250	250
500	315	315
630	400	400
800	500	500
1000	500	630
1250	630	800

#### Selectividad fusibles gG/fusibles UR

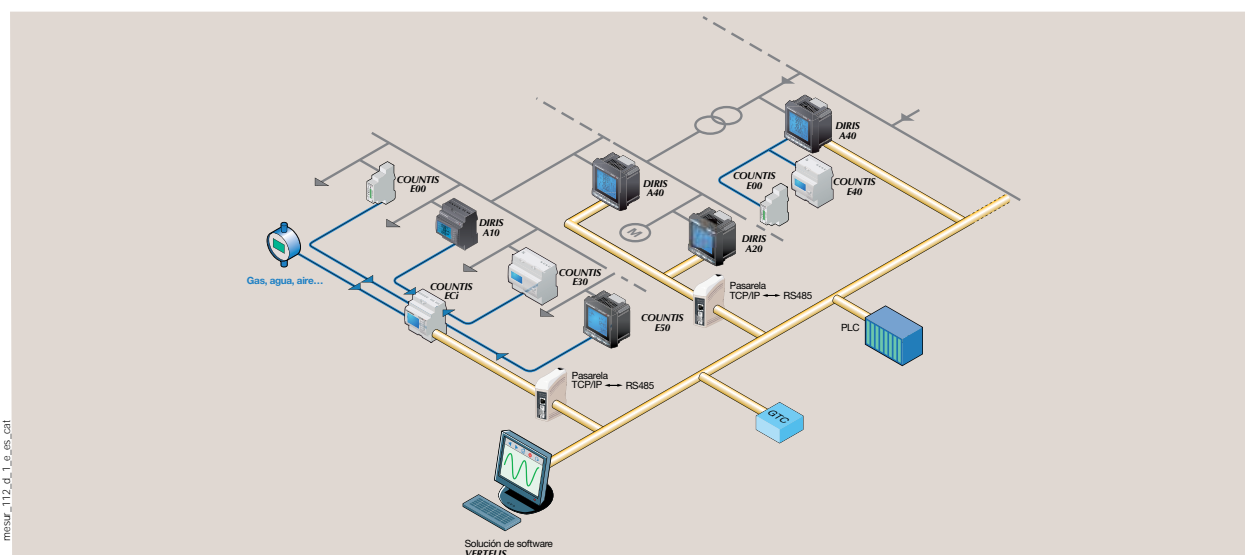
- **gG aguas arriba - UR aguas abajo**  
el tiempo de prearco del fusible UR debe ser inferior a la mitad del tiempo de prearco del fusible gG en la zona situada entre 0,1 y 1 s.
- **UR aguas arriba - gG aguas abajo**  
el calibre del fusible UR debe ser al menos igual a tres veces el calibre del fusible gG.

## Introducción

En contraposición a la última década, estamos en un periodo en el que gestionar la energía es una obligación tanto en el plano medioambiental como en el plano económico. Los costes energéticos han aumentado de manera considerable e inciden directamente en el precio de coste de los productos y en los gastos de funcionamiento. Esta nueva gestión obliga a un conocimiento más profundo de los procesos, de la organización del trabajo en la empresa y del control de los costes energéticos calculados a partir de una tarificación. Dicha gestión permitirá calcular el coste de la energía en función del periodo de uso sabiendo que el usuario deberá pagar una cuota cuyo coste irá en función de la potencia de su instalación. Para determinar su tarificación lo mejor posible, el usuario deberá valorar con precisión sus necesidades para aplicar la tarificación que más le convenga. En algunos casos, será preferible exceder de vez en cuando la potencia que tener una cuota sobredimensionada.

## Tarificación

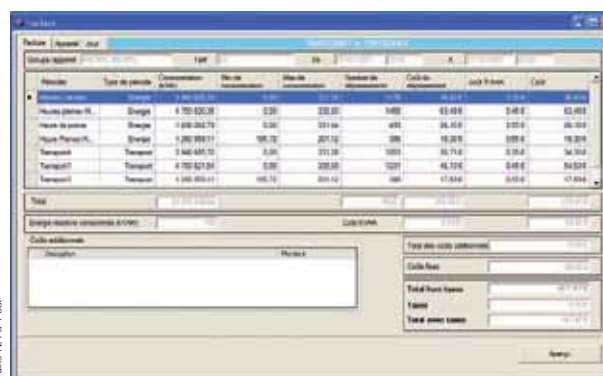
Para que el usuario tenga el máximo de información necesaria para optimizar la tarificación y el control del consumo, éste deberá instalar contadores (tipo COUNTIS) o centrales de medición (tipo DIRIS) en puntos estratégicos de la instalación eléctrica (transformador, motores, etc.). Estos equipos irán conectados a una red de comunicación (ver § comunicación) para centralizar y gestionar los consumos con un software de supervisión.



Una vez instalados estos equipos, el usuario podrá incluir acciones para:

- descargar los circuitos de calefacción o de iluminación para evitar excesos en las horas punta,
- anticipar el arranque de algunas máquinas durante las horas valle antes de que llegue el personal,
- optimizar y mejorar el uso de los automatismos, de las fuentes de energía o incluso del funcionamiento de los medios de producción.

En todos los casos, estos equipamientos se adaptarán perfectamente a aplicaciones comerciales (iluminación, aire acondicionado, etc.) o a aplicaciones industriales. De su calidad dependerá su precisión de medición de corrientes y de tensiones y de cálculo de energías.



## Medición de parámetros eléctricos

### Principio de medición

Independientemente de la red eléctrica alterna (monofásica, bifásica, trifásica con o sin neutro), es indispensable medir las corrientes y las tensiones. Las corrientes se medirán a partir de transformadores de corriente comprobando su buena conexión para evitar errores de medición. Las tensiones se medirán directamente o a través de transformadores de tensión para las redes de MT y BT en particular.

A continuación se facilitan las fórmulas utilizadas para obtener los resultados relativos a:

#### Corrientes

$$I1 = i1_{\text{TRMS}} \times kTC$$

(*kTC es la relación del transformador de corriente*)

i1, i2, i3 se calculan directamente en TRMS incluyendo los armónicos hasta el rango 51.

Y

$$Isyst = \frac{i1 + i2 + i3}{3}$$

#### Tensiones

$$V1 = v1_{\text{TRMS}} \times kTP$$

(*kTP es la relación del transformador de tensión*)

v1, v2, v3 se calculan directamente en TRMS incluyendo los armónicos hasta el rango 51.

Y

$$Vsyst = \frac{v1 + v2 + v3}{3}$$

#### Potencia activa

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T [v1 \times i1] dt$$

P1, P2 y P3 se calculan directamente a partir de los valores TRMS I y V.

Y

$$\sum P = P1 + P2 + P3$$

#### Potencia aparente

$$S1 = V1 \times I1$$

S1, P2 y P3 se calculan directamente a partir de los valores TRMS I y V.

Y

$$\sum S = S1 + S2 + S3$$

#### Potencia reactiva

$$Q1 = \sqrt{S1^2 - P1^2}$$

Q1, Q2 y Q3 se calculan directamente a partir de P y S.

Y

$$\sum Q = Q1 + Q2 + Q3$$

#### Factor de potencia

$$PF = \frac{P}{S}$$

PF1, PF2 y PF3 se calculan directamente a partir de T y S.

#### Frecuencia

La medición de la frecuencia siempre se realiza en la fase 1.

## Recuento de energía

Todos los sistemas eléctricos que utilizan corriente alterna tienen dos formas de energía: la energía activa (kWh) y la energía reactiva (kvarh). En los procesos industriales que utilizan energía eléctrica, sólo la energía activa se transforma dentro de la herramienta de producción en energía mecánica, térmica o luminosa. Ésta puede ser positiva o negativa si la instalación es capaz de producir kWh (una instalación fotovoltaica, por ejemplo).

La otra, la energía reactiva, se usa sobre todo para alimentar circuitos magnéticos de máquinas eléctricas (motores, autotransformadores, etc.). Por otra parte, algunos componentes de redes eléctricas de transportes y distribución (transformadores, líneas, etc.) también consumen energía reactiva en algunos casos. Para seguir estas energías, es indispensable tener en cuenta la precisión integrada en un contexto normativo. El sistema de referencia es el siguiente:

Contador de energía activa (kWh):

- IEC 62053-21 en clase 1 o 2,
- IEC 62053-22 en clase 0,2S o 0,5S.

Contador de energía reactiva (kvarh): IEC 62053-23 en clase 2.

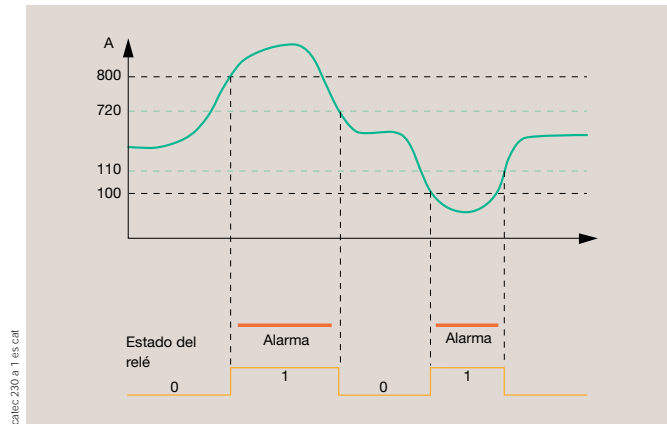
## Vigilancia

Esta función permite vigilar los principales parámetros eléctricos para:

- proteger las máquinas,
- detectar los cortes de tensión,
- detectar las sobrecargas anormales de transformadores, salidas,
- detectar las subcargas de motor (rotura de correa, funcionamiento en vacío, etc.).

Para cada alarma se debe programar:

- el umbral superior > valor superior de disparo,
- el umbral inferior > valor inferior de disparo,
- la histéresis > valor de retorno al estado normal,
- el relé > modo de trabajo en NA/NC,
- la temporización > temporización de conexión del relé.



### Ejemplo práctico:

Configuración de un relé para vigilancia de corrientes con conexión si  $I < 100$  A y  $I > 800$  A. Con una histéresis de 10% para el retorno al estado de reposo del relé, un modo de trabajo del relé en NA y sin temporización.

## Control mando

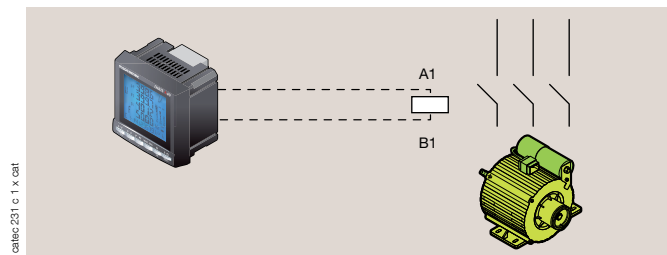
A partir de una conexión digital conectada a un PC o a otro sistema de supervisión (autómata, etc.). Esta función permite:

A partir de entradas:

- contabilizar los impulsos de un contador de electricidad, de agua o gas,
- contabilizar el número de maniobras o controlar la posición de un equipo de protección o de un inversor de fuente.

A partir de las salidas de relé:

- controlar a distancia el cambio de estado de un equipo de protección con disparo,
- controlar a distancia el arranque de un motor o de una rampa de iluminación,
- delectar partes de la distribución eléctrica.



### Ejemplo:

Cambio de estado de un relé para controlar el arranque de un motor.

## Calidad de la energía (ver página 7)

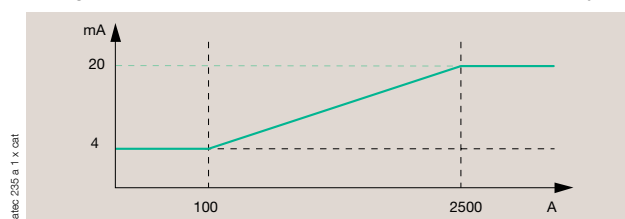


## Comunicación analógica

Esta función permite poner a disposición de un autómatas, o de cualquier otro sistema, la imagen de una medición en forma de señal 0-20 mA o 4-20 mA.

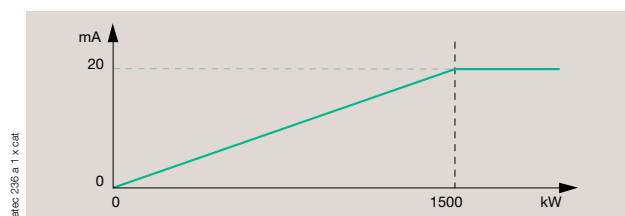
### Ejemplo 1

Configuración de una salida en la corriente con 100 A a 4 mA y 2500 A a 20 mA.



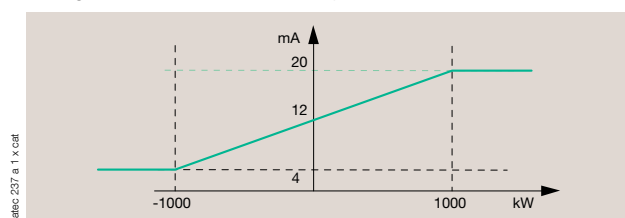
### Ejemplo 2

Configuración de una salida en la potencia activa total  $\Sigma P$  con 0 kW a 0 mA y 1500 kW a 20 mA.



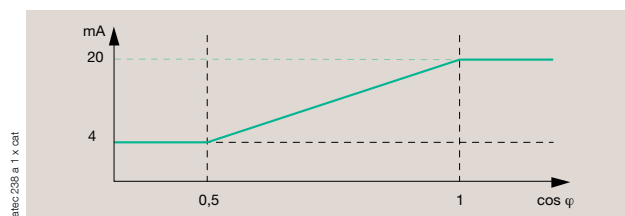
### Ejemplo 3

Configuración de una salida en la potencia activa total  $\Sigma P$  con -1000 kW a 4 mA y 1000 kW a 20 mA.



### Ejemplo 4

Configuración de una salida en el factor de potencia inductivo  $\Sigma FP_{ind}$  con 0,5 kW a 4 mA y 1 kW a 20 mA.



## Comunicación digital

### Introducción

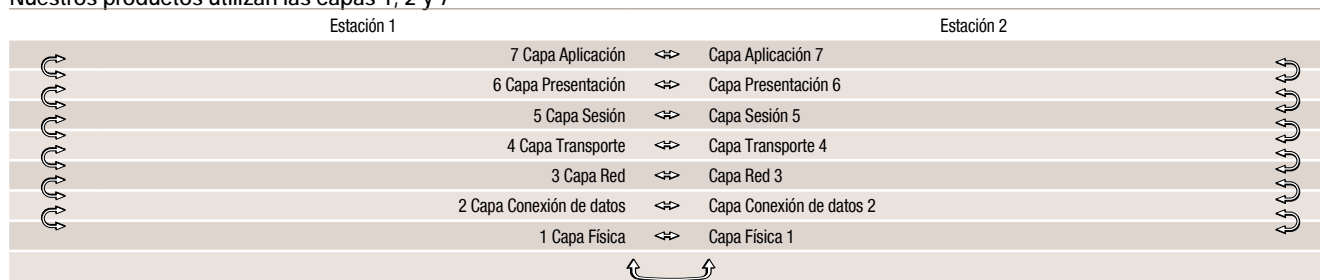
Una red de comunicación permite conectar entre sí un determinado número de equipos para intercambiar datos de medición, de recuento, de control o incluso programarlos con un ordenador o un autómata.

La comunicación entre varios equipos requiere una organización y un lenguaje común: el protocolo.

### Capas OSI

Cada tipo de conexión tiene su propio protocolo establecido por normas. En cambio, todos los protocolos respetan una segmentación en siete niveles denominados capas OSI. Cada capa tiene la función de recibir datos elementales de la capa inferior, procesarlos y proporcionar datos más elaborados a la capa superior.

#### Nuestros productos utilizan las capas 1, 2 y 7



#### Capa 1 - Física

Es la capa específica de la "tubería" de la red. Permite transformar una señal binaria en una señal compatible con el soporte elegido (cobre, fibra óptica, HF, etc.). Esta capa proporciona herramientas de transmisión de bits a la capa superior, la cual las utilizará sin preocuparse de la naturaleza del medio utilizado.

#### Capa 2 - Conexión de datos

Esta capa garantiza el control de la transmisión de datos. Una trama debe ser enviada o recibida franqueando los posibles parásitos de la línea. El control se realiza en el paquete de bits (trama), mediante una "checksum". Esta capa proporciona herramientas de transmisión de paquetes de bits (tramas) a la capa superior. Las transmisiones están "garantizadas" por mecanismos de control de validez.

#### Capa 7 - Aplicación

La función de la capa aplicación es proporcionar una interfaz entre el usuario y la red.

### Datos transmitidos

La señal transmitida de un equipo a otro es un elemento binario denominado bit. Cada tipo de conexión digital define un nivel analógico (nivel de tensión) para el 0 lógico y el 1 lógico. La información está codificada en un conjunto de bits, el conjunto forma una trama de comunicación.

### Soporte de comunicación

Esta trama de comunicación transitará de un punto a otro del bus en un soporte denominado medio de comunicación. En función del tipo de tecnología elegido, este medio puede ser un par de hilos de cobre, una conexión Ethernet, cable coaxial, fibra óptica, una conexión telefónica RTC o GSM o incluso ondas de radio. Este soporte depende del tipo de transmisión elegido y del entorno.

### Protocolos

El protocolo de comunicación define las reglas del lenguaje entre los distintos participantes en el diálogo para que todos utilicen las mismas reglas y puedan entenderse. En algunos casos también protege el diálogo definiendo los medios de control de las tramas como el CRC.

CAN, PROFIBUS DP, Interbus-S, FIP, EIB, eBUS, MODBUS/JBUS, Open MODBUS o TCP-IP son algunos de los protocolos utilizados. Todos tienen ventajas e inconvenientes en función del entorno y de las condiciones en las que deben ser utilizados.

Los productos de la gama SOCOMEC utilizan principalmente los protocolos JBUS/MODBUS y PROFIBUS DP en sus comunicaciones. No obstante, más adelante veremos que también se pueden usar otros protocolos como por ejemplo TCP-IP.

## Protocolo JBUS/MODBUS

### Presentación

Los protocolos JBUS (fabricante April) y MODBUS (fabricante Modicon) son protocolos de diálogo que crean una estructura jerarquizada (un maestro y varios esclavos).

JBUS/MODBUS puede conversar en ASCII 7 bits o en binario RTU 8 bits.

La ventaja del modo RTU es que los datos que se transmiten ocupan menos espacio y por tanto tardan menos tiempo. Así, en 8 bits se direccionan más datos que en 7 bits.

Los productos SOCOMEC en protocolo JBUS/MODBUS dialogan en modo RTU (Remote Terminal Unit). Este tipo de protocolo permite interrogar, desde el maestro, a uno o varios esclavos inteligentes. Una conexión multipunto conecta entre sí maestro y esclavos.

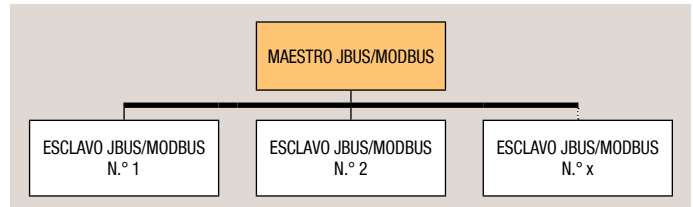
MODBUS/RTU es un protocolo protegido que se basa en el cálculo de un CRC (Cyclical Redundancy Check) o prueba de redundancia cíclica. El CRC calculado para 16 bits forma parte integrante del mensaje y es comprobado por el destinatario.

Hay dos tipos de diálogo posibles entre maestro y esclavos:

- el maestro habla a un esclavo y espera respuesta,
- el maestro habla a todos los esclavos sin esperar respuesta (principio de difusión general).

El maestro gestiona los intercambios y es el único que tiene iniciativa. Este maestro repite la pregunta en caso de intercambio erróneo y decreta al esclavo ausente si no recibe respuesta tras un retardo de envolvente determinado (time-out). En la línea sólo puede haber un equipo emitiendo. Ningún esclavo puede enviar un mensaje por sí solo sin haber sido invitado por el maestro. Todas las comunicaciones laterales (esclavo a esclavo) sólo pueden existir si el software del maestro se ha diseñado para recibir datos y reenviarlos de un esclavo a otro.

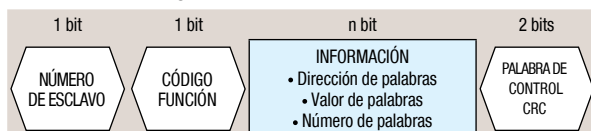
El maestro puede direccionar 247 esclavos identificados del esclavo n.º 1 al esclavo n.º 247. Si el maestro utiliza el número de esclavo 0, equivaldrá a una difusión a todos los esclavos (sólo escritura). Los protocolos JBUS y MODBUS permiten acceder a los equipamientos conectados al mismo cable.



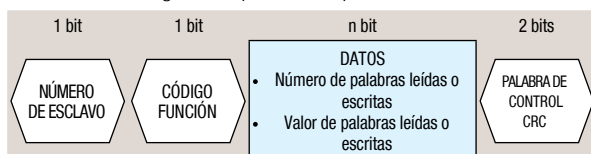
### Composiciones de las tramas de comunicación

Una trama de comunicación se compone de una sucesión de bits que forman un mensaje, cada bit se compone de 8 bits. Los datos pueden almacenarse en un 1 bit, 1 palabra (2 bits), o incluso una doble palabra (4 bits).

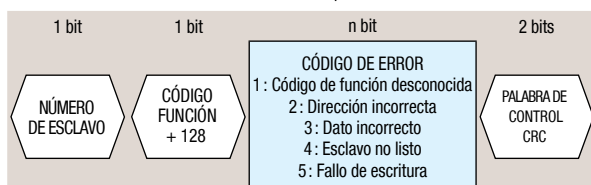
Para iniciar el diálogo, el maestro debe enviar **una trama de solicitud** con la siguiente estructura:



El esclavo interrogado responde a la petición con **una trama de respuesta** con la siguiente estructura:



En caso de error en la trama emitida por el maestro, el esclavo responde con **una trama de error** con la siguiente estructura:



## Protocolo JBUS/MODBUS (continuación)

### Ejemplos de tramas de comunicación

Todos los productos SOCOMEC se suministran con un manual que incluye sus tablas JBUS/MODBUS. Estas tablas permiten conocer la dirección en la que se almacenan los datos y su formato (tamaño de los datos y tipo con o sin signo).

#### Lista de parámetros para visualizar (función 3)

Tabla de valores asignados de las relaciones de transformación de corriente y tensión en 2 palabras

Dirección Dec.	Dirección Hexa.	Número de palabras	Designación	Unidad
50514	C552	2	Tensión compuesta U12	V/100
50516	C554	2	Tensión compuesta U23	V/100
50518	C556	2	Tensión compuesta U31	V/100
50520	C558	2	Tensión simple fase 1	V/100
50522	C55A	2	Tensión simple fase 2	V/100
50524	C55C	2	Tensión simple fase 3	V/100
50526	C55E	2	Frecuencia	Hz/100
50528	C560	2	Corriente de fase 1	mA
50530	C562	2	Corriente de fase 2	mA
50532	C564	2	Corriente de fase 3	mA
50534	C566	2	corriente de neutro	mA
50536	C568	2	S potencia activa +/-	kW/100
50538	C56A	2	S potencia reactiva +/-	kvar/100
50540	C56C	2	S potencia aparente +/-	kVA/100
50542	C56E	2	S factor de potencia	0,001
			-: capacitivo e +: inductivo	

Tabla de valores no asignados de las relaciones de transformación de corriente y de relación en 1 palabra\*

Dirección Dec.	Dirección Hexa.	Número de palabras	Designación	Unidad
51281	C851	1	Tensión compuesta U12	V/100
51282	C852	1	Tensión compuesta U23	V/100
51283	C853	1	Tensión compuesta U31	V/100
51284	C854	1	Tensión simple fase 1	V/100
51285	C855	1	Tensión simple fase 2	V/100
51286	C856	1	Tensión simple fase 3	V/100
51287	C857	1	Frecuencia	Hz/100
51288	C858	1	Corriente de fase 1	mA
51289	C859	1	Corriente de fase 2	mA
51290	C85A	1	Corriente de fase 3	mA
51291	C85B	1	corriente de neutro	mA
51292	C85C	1	S potencia activa +/-	kW/100
51293	C85D	1	S potencia reactiva +/-	kvar/100
51294	C85E	1	S potencia aparente +/-	kVA/100
51295	C85F	1	S factor de potencia	0,001
			-: capacitivo e +: inductivo	

\* Algunos equipos como DIRIS o ATyS poseen una tabla donde la información está guardada en 1 única palabra para poder ser compatible con un maestro JBUS/MODBUS que sólo admite este formato.

El siguiente ejemplo muestra la trama que envía el maestro JBUS/MODBUS para leer una tabla de una longitud de 158 palabras (0X9E en hexadecimal).

Esclavo	Función	Dirección peso alto	Dirección peso bajo	Número de palabras peso alto	Número de palabras peso bajo	CRC 16
05	03	03	00	00	9E	C5A2

Si sólo se quiere recuperar la potencia activa, sólo hay que enviar la trama siguiente en hexadecimal:

Esclavo	Función	Dirección peso alto	Dirección peso bajo	Número de palabras peso alto	Número de palabras peso bajo	CRC 16
02	03	03	16	00	02	25B8

En la tabla anterior, se puede ver que figuran los signos + y - para este dato. El bit de orden superior permite conocer el signo del dato recibido:  
el bit es 1: el valor es negativo,  
el bit es 0: el valor es positivo.

Respuesta de un DIRIS para una potencia positiva:

Esclavo	Función	Número de bits	Valor orden superior palabra 1	Valor orden inferior palabra 1	Valor orden superior palabra 2	Valor orden inferior palabra 2	CRC 16
02	03	04	00	00	8C	AC	AD8E

8CACH da 36012 kW/100 o sea 360,12 kW

Respuesta de un DIRIS para una potencia negativa:

Esclavo	Función	Número de bits	Valor orden superior palabra 1	Valor orden inferior palabra 1	Valor orden superior palabra 2	Valor orden inferior palabra 2	CRC 16
02	03	04	FF	FF	7B	D3	AA7A

FFFF7BD3h da -33.837 kW/100 o sea -338,37 kW

Para obtener este resultado, hay que hacer el complemento 1 (tomar la inversa del valor obtenido en binario) y añadir 1 al resultado, es decir:

- complemento a 1: FFFF7BD3 hexa da 842C hexa,

- añadido de 1: 842C hexa + 1 = 33837 decimal, como el valor es negativo, da -33837 kW/100, o sea -338,37 kW.



## Protocolo JBUS/MODBUS (continuación)

### Bus RS-485 para el protocolo JBUS/MODBUS

Una transmisión se compone de una emisión y de una recepción. Los dos sentidos de transmisión pueden estar:

- separados en dos vías distintas (conexión simplex en 4 hilos),
- juntos en una misma vía, la emisión y la recepción se hacen de forma alterna en los dos sentidos (half duplex en 2 hilos),
- juntos en una misma vía, la emisión y la recepción se hacen simultáneamente (full duplex en 2 hilos).

En todos los casos, el nivel de tensión se aplica de modo diferencial, es decir, no catalogado con respecto a la masa. Lo que crea la señal es la diferencia de potencial entre los 2 hilos de la vía.

El bus RS-485 es un bus de campo. Se ha diseñado para funcionar en entornos industriales difíciles en términos de perturbaciones electromagnéticas u otros.

Aunque es robusto, para poder funcionar correctamente, este bus debe cumplir las normas de puesta en marcha que lo definen:

- longitud máxima: 1.200 m para una velocidad que puede alcanzar 100 kbit/segundo. La longitud puede aumentar si se añade un repetidor de línea RS-485 (ver fig. 1),
- número máximo de esclavos JBUS/MODBUS conectados: 32. El número puede aumentar si se añade un repetidor de línea RS-485,
- sin cableado en estrella,
- poner las impedancias de 120  $\Omega$  en el primer y el último equipo,
- establecer los niveles de seguridad (resistencias de pull-up y de pull-down) que fijarán cada hilo del bus a un nivel de tensión, especialmente cuando el bus está en reposo en la interfaz de comunicación,
- utilizar un cable con unas características de impedancia y capacidad adaptadas al tipo de comunicación (blindada). El blindaje de este cable debe ser continuo a lo largo del bus y sólo debe tener un punto del bus conectado a tierra para no crear efecto antena.

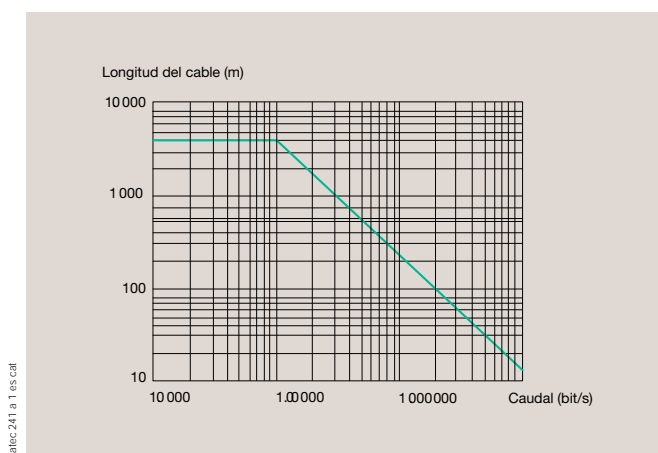
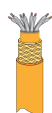


Fig. 1.

El cumplimiento de estas normas permitirá utilizar el bus RS-485 en entornos difíciles.

### Ejemplos de cables recomendados



HELUKABEL: JE-LiYCY Bd SI Industry-Elektronik Cable according to DIN VDE 0815.

BELDEN: 9841 Paired - Low Capacitance Computer Cable for EIA RS-485 Applications.

ALPHA: 6412 Multipair, Foil/Braid shield PE/PVC, low capacitance cable.

### Configuraciones

Para que el maestro y los esclavos puedan comunicarse, deben realizarse una serie de ajustes de las características de las tramas de comunicación. Los parámetros que hay que ajustar son los siguientes:

- el número de bits que componen cada bit de la trama (7 u 8 bits),
- el número de bits de stop (1 o 2),
- la paridad (par, impar o nada),
- la velocidad de comunicación, expresada en baudios, puede ir de 1.200 baudios a 10 Mbaudios. Por encima de 100 kbds, la longitud máxima del bus va en función de la velocidad de comunicación.

### Medios de comunicación para el protocolo JBUS/MODBUS

De un modo general, el maestro JBUS/MODBUS puede ser un autómatas asociado a un acoplador o un ordenador asociado a una interfaz de comunicación. SOCOMEC ofrece una gama completa de pasarelas de comunicación para establecer la interfaz con un bus RS-485. La elección de la pasarela utilizada depende esencialmente del entorno de uso así como de ciertas restricciones materiales y de configuración de la red.

Así, pueden encontrarse varios tipos de pasarelas:

RS-232 ↔ RS-485

USB ↔ RS-485

RS-232 ↔ ETHERNET ↔ RS-485

RS-232 ↔ conexión telefónica RTC ↔ RS-485

RS-232 ↔ conexión telefónica GSM ↔ RS-485

RS-232 ↔ conexión de radio ↔ RS-485

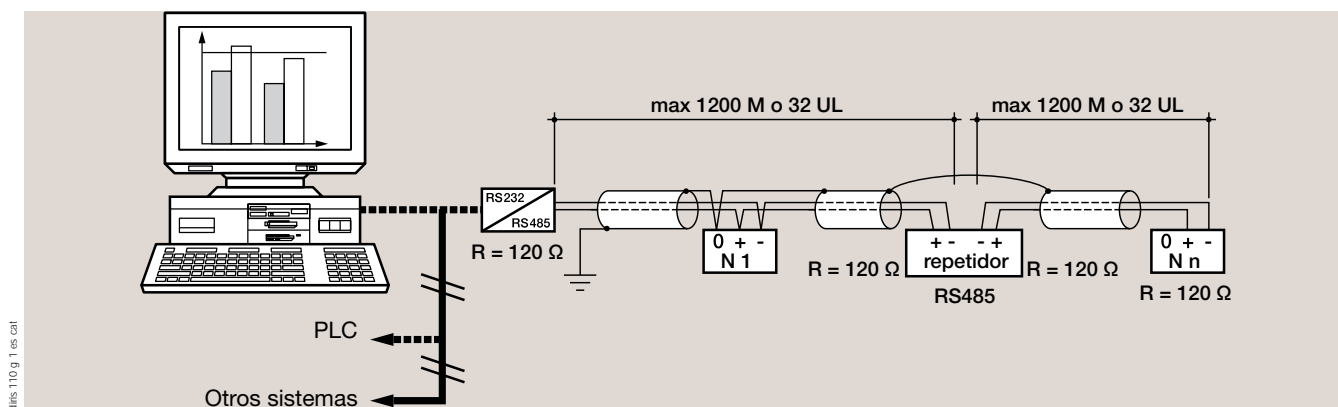
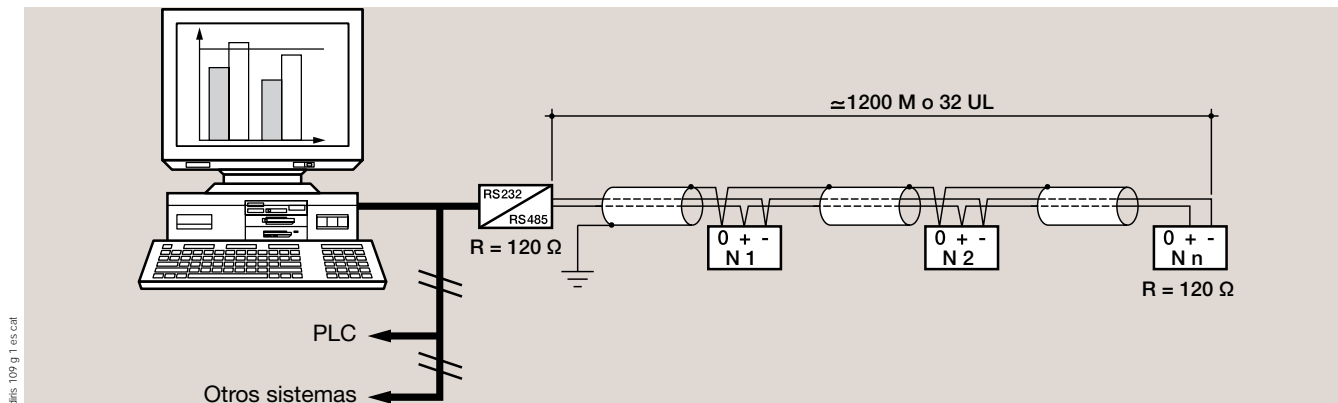
RS-232 ↔ conexión óptica ↔ RS-485

## El bus RS-485

Un bus RS485 está definido por la norma EIA-TIA-485-A y la guía de aplicación TSB-89-A

### Topología

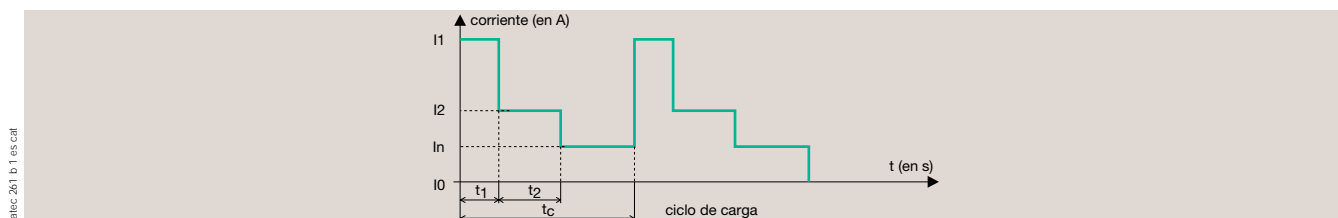
La topología que se recomienda es una topología en serie.



UL = unity of loads, ver la página correspondiente más adelante

La topología en serie es la que limita en mayor medida la reflectancia de señales.

**Ejemplo:** Conversión de una topología no adaptada a una topología bus adaptada.



Para el esquema (s) se permiten, no obstante, derivaciones máximas de 30 cm (enlaces verticales sobre el esquema (s)).

## El bus RS-485 (continuación)

### Tipo del cable

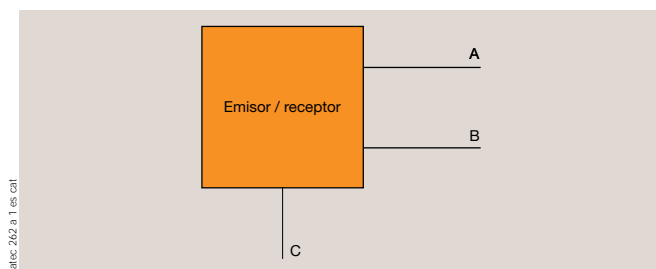
Se recomienda utilizar un par trenzado blindado (blindaje general) de sección mínima 0,20 mm<sup>2</sup> (AWG 24) de impedancia 120 ohmios del tipo L IYCY-CY.

### Toma de tierra

Conectar el blindaje a un solo extremo en tierra para garantizar la equipotencialidad del blindaje.  
No es necesaria ninguna otra puesta en tierra.

### Identificación borne SOCOMEC con referencia a la norma RS-485

De conformidad con la norma, un emisor-receptor RS-485 está conectado por 3 puntos sobre el bus.



Los fabricantes pueden haber dado otras denominaciones además de A, B y C en el nivel de los bornes.

Esta es la interpretación para los bornes SOCOMEC:

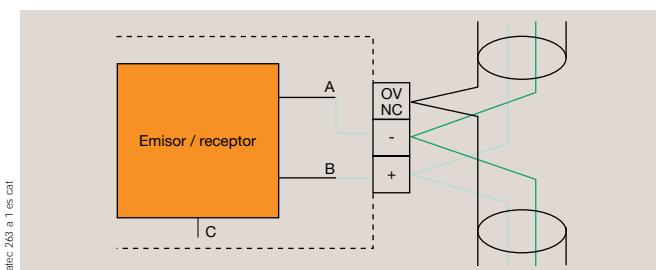
- B = +
- A = -
- C = "OV / NC"

Los emisores-receptores SOCOMEC no precisan el terminal C para la comunicación.

Se seguirán las recomendaciones siguientes:

- en una red de 3 hilos, se conectará el 3º terminal (C) al terminal (OV/ NC)
- en una red de 2 hilos, se utilizará el 3º terminal (C) para conseguir la continuidad del blindaje.

### Principio de conexión de los productos SOCOMEC



Esquema de conexión de los productos SOCOMEC en una red de 2 hilos.

El terminal "OV / NC" del borne SOCOMEC no está conectado al terminal C del emisor-receptor RS-485.

Este terminal aislado se puede utilizar, por tanto, para facilitar la continuidad del blindaje.

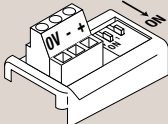
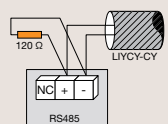
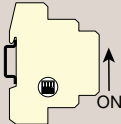
El bus RS-485 (continuación)

Resistencia de fin de línea

El resistencia de fin de línea del mismo valor que la impedancia de línea (resistencia de 120 ohmios) permite suprimir al máximo la reflectancia de la señal.

Deberá estar colocada a cada extremo del bus. Según el modelo, puede estar integrada directamente en la interfaz.

Activación en la práctica sobre los productos

Aparato	La resistencia del terminal	
DIRIS A20, A40, A60		Colocar: <ul style="list-style-type: none"><li>• los 2 conmutadores dip en ON para activar la resistencia</li><li>• los 2 conmutadores dip en OFF para desactivar la resistencia</li></ul>
DIRIS A10, COUNTIS E		Resistencia independiente equipada con el producto (pieza separada). Cableado entre terminal + y -.
COUNTIS ECI		Colocar: <ul style="list-style-type: none"><li>• los 4 conmutadores dip en ON para activar la resistencia</li><li>• los 4 conmutadores dip en OFF para desactivar la resistencia</li></ul>

Conviene observar que al principio de línea puede estar situada sobre un tercer aparato, como una interfaz o un autómatas, y no sobre el primer esclavo.

Polarización del bus

La norma RS-485 exige un nivel diferencial de 200 mV para la detección de la señal.

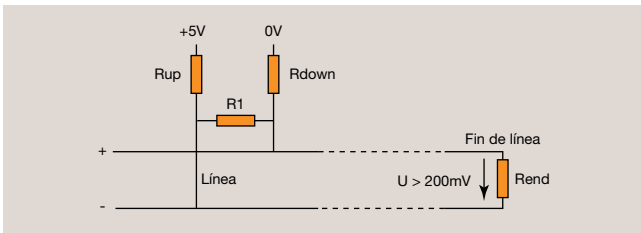
Si la línea RS-485 no está polarizada, este nivel no se alcanzará en reposo (sin comunicación en la línea) y, por consiguiente, no se garantizará el funcionamiento.

Para esta finalidad, se aplicará una polarización en 1 solo lugar del bus. Se aplica preferentemente en el lado maestro. Esta polarización de línea se puede activar en algunos modelos de interfaz.

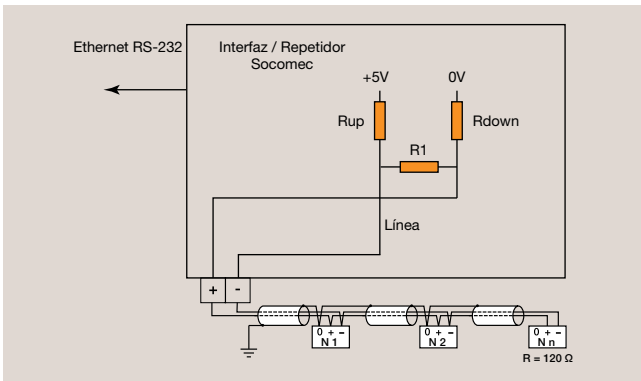
Si no, será necesario incorporar una alimentación externa. Deberá garantizar un nivel de 250-280 mV sobre el conjunto del bus cuando no exista comunicación en tránsito. Una tensión de 250-280 mV es una buena solución. Deberá garantizar que sobrepasa los 200 mV y que, no obstante, no supone un consumo excesivo.

Para comprobarlo, lo más práctico consiste en colocar la fuente de polarización al comienzo del bus (lado interfaz) y comprobar el nivel de tensión en el otro extremo del bus. Esta polarización está integrada en las interfaces y los repetidores SOCOMECS.

Atención: el signo de la tensión (U) debe ser positivo.



Esquema de principio de la polarización de un bus



Esquema de conexión de un bus con interfaces SOCOMECS que tengan polarización integrada.

## Polarización del bus (continuación)

### Dimensionamiento

En el caso de una alimentación externa 5V, es necesario añadir las resistencias  $R_{up}$ ,  $R_{down}$  y  $R_1$ .

El dimensionamiento de  $R_{up}$ ,  $R_1$ ,  $R_{down}$ , depende del nivel exacto de la tensión de alimentación y de las resistencias de línea.

Los valores estándar son de:

$$R_{up} = R_{down} = 560 \text{ ohmios } (+/- 5 \%, 1/4 \text{ W})$$

$$R_1 = 120 \text{ ohmios } (+/- 5 \%, 1/4 \text{ W})$$

$$R_{end} = 120 \text{ ohmios } (+/- 5 \%, 1/4 \text{ W})$$

El método de determinación es iterativo.

El criterio consiste en comprobar si con estos valores estándar, el nivel de tensión U en el fin de línea está dentro del intervalo esperado (250 – 280 mV). Si no, se puede jugar con los valores  $R_{up}$  y  $R_{down}$  entre 390 y 750 ohmios para alcanzar este intervalo.

Estas acciones se repetirán hasta obtener una tensión adecuada.

## Limitaciones

En una red RS-485 hay que tener en cuenta 2 limitaciones

### El número máximo de aparatos

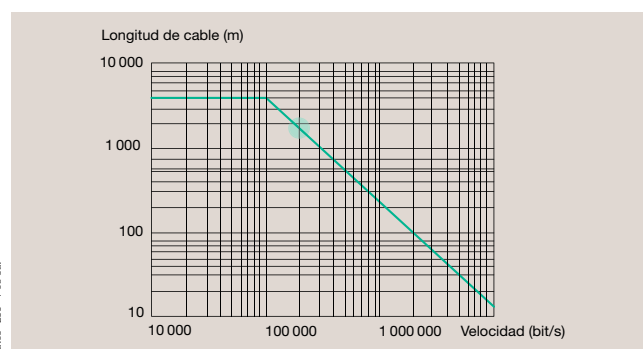
Un emisor RS485 debe poder establecer comunicación con un máximo de 32 unidades de carga (32 UL = 32 Unity of Loads).

Aparato	Valor en UL	Número de aparatos para alcanzar 32 UL
DIRIS A10	1	32
DIRIS A20	1	32
DIRIS A40	1	32
DIRIS A60	1	32
COUNTIS Ci	1	32
COUNTIS E53	1	32
COUNTIS E33	1/2	64
COUNTIS E43	1/2	64
COUNTIS E44	1/2	64

Por encima de una carga de 32 UL, se requiere el uso de un repetidor.

### La distancia máxima del bus

La distancia máxima para una velocidad máxima de hasta 100 kbps es de 1 200 m

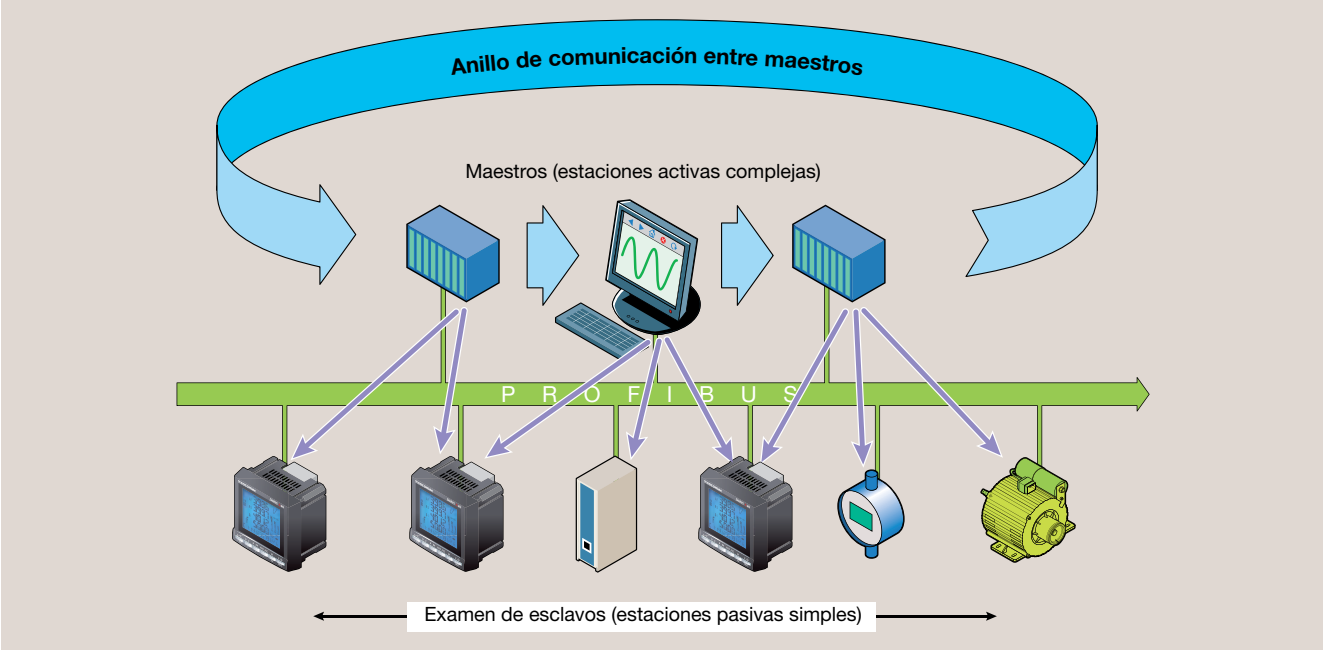


Si es superior se deberá utilizar un repetidor.

Protocolo PROFIBUS

Presentación

Basado en el principio de intercambio cíclico entre maestros y esclavos, el protocolo PROFIBUS permite la comunicación multi-maestros y maestros-esclavos en un mismo bus. El método utilizado en este caso es el de paso de testigo: el primer maestro tiene la mano, realiza los intercambios con los esclavos elegidos y pasa el relevo al maestro siguiente que hace lo mismo.



Archivo GSD

El protocolo se basa en tablas de intercambio de entradas y salidas. La descripción de estas tablas, denominadas también módulos, se hace con un archivo GSD suministrado por cualquier esclavo PROFIBUS. La nota del módulo Profibus, completada con este étée de ce fichero GSD, describe el funcionamiento del esclavo en relación con este protocolo.

Ejemplo de archivo GSD

Parámetros generales		
GSD_Revision	=	1
Vendor_Name	=	"SOCOMECS"
Model_Name	=	"DIRIS A40"
Revisión	=	"Versión 1.00"
Ident_Number	=	0x0948
Protocol_Ident	=	0; 0: PROFIBUS DP
Station_Type	=	0; 0: slave
FMS_supp	=	0
Hardware_Release	=	"Versión 1.0"
Software_Release	=	"Versión 1.0"
9.6_supp	=	1
19.2_supp	=	1
93.75_supp	=	1
187.5_supp	=	1
500_supp	=	1
1.5M_supp	=	1
3M_supp	=	0
6M_supp	=	0
12M_supp	=	0
Modular_Station	=	1
Max_Module	=	4
Max_Input_Len	=	95
Max_Output_Len	=	60
Max_Data_Len	=	155

Parámetros generales		
For each module	consistency	(bit 7: 1)
SALIDA	bit	(bit 6: 0)
For each module	consistency	(bit 7: 1)
input	word	(bit 6: 1)
Module	=	"Principal values" 0xC1, 0x1c, 0x61, 0x01
EndModule	=	"Other values" 0xC1, 0x1c, 0x60, 0x02
EndModule	=	"Dips/ Interruption/ Trend Powers & Frequency" 0xC1, 0x1c, 0x51, 0x03
EndModule	=	"Swell/ Trend Voltages/ In Maximum & Average" 0xC1, 0x1c, 0x51, 0x04
EndModule	=	"3I&IN harmonics" 0xC1, 0x1c, 0x5f, 0x05
EndModule	=	3U harmonics" 0xC1, 0x1c, 0x57, 0x06
EndModule	=	"3V harmonics" 0xC1, 0x1c, 0x57, 0x07
EndModule	=	"Instantaneous MinMax" 0xC1, 0x1c, 0x53, 0x08
EndModule	=	"Specific Data" 0xC1, 0x20, 0x20, 0x09
EndModule	=	"Specific short Data" 0xC1, 0x08, 0x08, 0x0B

## Protocolo PROFIBUS (continuación)

### Diferentes versiones

PROFIBUS DP (Manufacturier) Producto Socomec	PROFIBUS PA (proceso)	Control de ejes con PROFIBUS (accionamientos)	PROFIsafe (Universal)
Perfiles de aplicación como sistemas de identificación	Perfiles de aplicación según equipamientos PA	Perfiles de aplicación según PROFIdrive	Perfiles de aplicación según PROFIsafe
Pila DP (DP - V0 a V2)	Pila DP (DP - V1)	Pila DP (DP - V2)	Pila DP (DP - V0 a V2)
RS485	MBP 15	RS485	RS485 MBP 15

Como cualquier protocolo de comunicación (sobre todo para los bus de campo), PROFIBUS se basa en el modelo de capas OSI descritas anteriormente. Para trabajar con distintas aplicaciones se han elaborado cuatro versiones denominadas de aplicación, cada una con sus especificidades.

Los productos de la gama SOCOMEC tienen la certificación PROFIBUS DP V0.

De este modo, se pueden conectar estos productos a un bus PROFIBUS DP.

### Bus para el protocolo PROFIBUS

La capa 1 del modelo OSI garantiza la transmisión física de los datos. Por tanto, define las características eléctricas y mecánicas : tipo de codificación e interfaz normalizada (RS-485).

PROFIBUS especifica varias versiones de capas "físicas" según las técnicas de transmisión acordes con las normas internacionales IEC 61158 y IEC 61784.

Estas son las distintas versiones :

- transmisión RS-485,
- transmisión MBP,
- transmisión RS-485-IS,
- transmisión por fibra óptica.

SOCOMEC utiliza la conexión RS-485 cuyas características son las siguientes :

- transmisión digital diferencial,
- velocidad de 9,6 a 12000 kbits/s,
- soporte formado por un par trenzado blindado,
- topología lineal (sin estrella) con terminación de bus,
- 32 estaciones conectables con posibilidad de añadir repetidores.

Para proteger la transmisión, es muy recomendable utilizar un cable normalizado PROFIBUS.

Pueden encontrarse varias referencias en el siguiente enlace: <http://www.procentec.com/products/cable/index.php>.

## Sistema ferromagnético



Está constituido por dos hierros (uno fijo, el otro móvil y solidario con la aguja), situados en el interior de una bobina alimentada por la corriente a medir.

El sistema ferro-magnético lee el valor eficaz de la señal alterna; la influencia de la forma de la onda es despreciable. Se puede utilizar igualmente, con señal continua, pero en detrimento de su clase de precisión.

Su simplicidad lo convierte en un instrumento particularmente adaptado para medir las corrientes alternas del cuadro de BT.

## Elementos magneto-eléctricos



La medida de corriente recorre un cuadro bobinado móvil, situado en el campo magnético de un imán permanente. Bajo la acción de las fuerzas electro-magnéticas ejercidas sobre el cuadro, éste pivota según una ley lineal.

De consumo débil, es por excelencia el instrumento de medición de las señales continuas de valor débil.

## Sistema magnetoeléctrico con rectificador

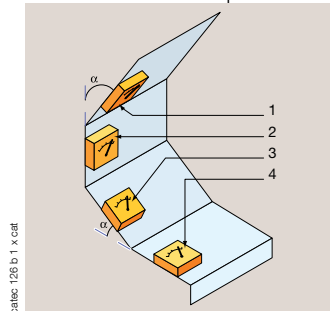


El galvanómetro de cuadro móvil siendo un aparato polarizado, de corriente continua, hace posible la medida de magnitudes alternativas por añadidura de un rectificador de diodos.

## Posición de utilización

Los indicadores ROTEX y DIN están calibrados, cuadrantes en posición vertical.

La utilización en otras posiciones es posible, sin una disminución sensible de su precisión. Bajo demanda, los indicadores son calibrados para funcionar en otra posición (a precisar en el pedido).

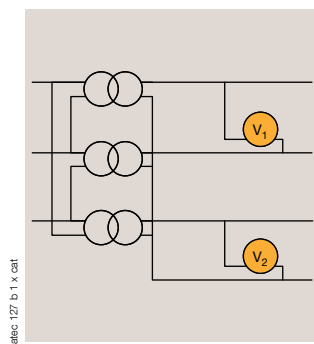


1:  $\alpha > 90^\circ$   
2:  $\alpha = 90^\circ$   
3:  $\alpha < 90^\circ$   
4:  $\alpha = 0^\circ$

## Utilización de transformadores de tensión

**Montaje de 3 TT:**

Redes de 63kV - TP 63kV/100V/ $\sqrt{3}$

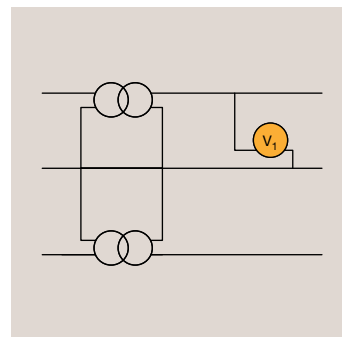


Voltmetro  
100 V = 63 kV medición de la tensión compuesta de BT, indicación de la tensión compuesta de AT

Voltmetro  
100 V/ $\sqrt{3}$  = 63 kV medición de la tensión simple de BT, indicación de la tensión compuesta de AT

**Montaje en "V" de 2TT: red 63 kV - TT: 63 kV/ 100 V**

(utilización: medición de las 3 tensiones con 2 TT)



Voltmetro  
100 V = 63 kV  
medida de la tensión compuesta BT, indicación de la tensión compuesta AT



## Convertidor de potencia

### Ejemplo

Contraste de un convertidor de potencia activa: TI 20 / 5 A, U = 380 V, redes trifásicas, cos  $\varphi$  = 1. Calibración de base:

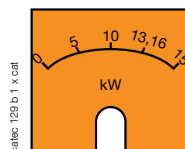
$P'$  (convertidor) =  $UI \cos \varphi \sqrt{3} = 380 \text{ V} \times 5 \text{ A} \times 1 \times 1,732 = 3290 \text{ W}$  luego con el TC de 20 A:  $P = 3290 \text{ W} \times 20 / 5 = 13,16 \text{ kW}$

salida convertidor: 0 mA = 0%; 20 mA = 100% de carga.

- Calibrado para un indicador numérico, relés de umbral, o GTC: Un visualizador numérico puede calibrarse para visualizar 13,16 kW a 20 mA, no es por tanto necesario modificar la calibración del convertidor.
- Contraste par el indicador con aguja (escala utilizada: 0 a 15 kW) calibrado a 20 mA en fondo de escala: el aparato asociado no es regulable, el contraste del convertidor se hará de la siguiente manera:

$$P' \text{ (convertidor)} = \frac{15 \text{ kW}}{13,16 \text{ kW}} \times 3.290 \text{ W} = 3.750 \text{ W para 20 mA}$$

$$I' \text{ (salida de convertidor)} = \frac{13,16 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 20 \text{ mA} = 17,55 \text{ mA}$$



3290 W => 13,16 kW => 17,55 mA  
3750 W => 15 kW => 20 mA

## Clase de precisión

- Un **aparato de medida analógica** se caracteriza por un índice de clase (o clase de precisión). Representa el error máximo expresado en centímetros de la indicación más grande que el aparato puede dar.

Ejemplo: un amperímetro con 50 divisiones, clase 1,5

El error será de  $\frac{1,5}{100} \times 50$ : 0,75 división

- para un amperaje de 20 A:  $20/50 \times 0,75 = 0,3 \text{ A}$

- para un amperaje de 400 A:  $400/50 \times 0,75 = 6 \text{ A}$

- Un **aparato numérico** (o digital) puede indicar valor de  $\pm 1$  unidad de la última cifra del número visualizado, además de la precisión real de los elementos constitutivos del aparato.

Ejemplo: un indicador de 3 dígitos (999 puntos), precisión 0,5%, enlazada sobre un TC 400 / 5 A, visualización 400A.

- (a) error intrínseco  $400 \times \frac{0,5}{100}$  o sea  $\pm 2 \text{ A}$

- (b) error de visualización 1 dígito sea

- valores extremos de lectura: (a) + (b) =  $\pm 3 \text{ A}$  (carga nominal).

- Un **transformador de corriente** (TC) se caracteriza por su clase de precisión.

Este error varía en función de la carga, de la siguiente manera:

Error ( $\pm$ % de $I_n$ )								
Nivel de carga		0,1 $I_n$	0,2 $I_n$	0,5 $I_n$	$I_n$	1,2 $I_n$	5 $I_n$	10 $I_n$
Clase	0,5	1,0	0,75		0,5			
	1	2,0	1,50		1,0			
	3			3	3	3		
	5			5	5	5		
	5P5				5		5	
	5P10				5			5

Ejemplo: los TC 5P5 se utilizan para medidas de corriente de circuito de motor y aseguran una precisión de  $\pm 5 \%$  a  $5 I_n$ .

## Consumo de los cables de cobre

El consumo de los cables se tiene que tener en cuenta para definir la potencia del TC o del convertidor a escoger, con el fin de asegurar el funcionamiento correcto de la cadena de medida (L: distancia simple entre el TC y el indicador).

$$\text{Pérdidas en VA} = \frac{I^2 \text{ (en A)} \times 2}{S \text{ (en mm}^2) \times 56} \times L \text{ (en m)}$$

Pérdidas en los cables en VA<sup>(1)</sup> - Para TC/5A

L (en m)	1	2	5	10	20	50	100
S (mm²)							
1,0	0,89	1,79	4,46	8,93	17,9	44,6	89,3
2,5	0,36	0,71	1,79	3,57	7,14	17,9	35,7
4,0	0,22	0,45	1,12	2,23	4,46	11,2	22,3
6,0	0,15	0,30	0,74	1,49	2,98	7,44	14,9
10	0,09	0,18	0,45	0,89	1,79	4,46	8,93

Pérdidas en los cables en VA<sup>(1)</sup> - Para TC/1 A

L (en m)	1	2	5	10	20	50	100
S (mm²)							
1,0	0,04	0,07	0,18	0,36	0,71	1,79	3,57
2,5	0,01	0,03	0,07	0,14	0,29	0,71	1,43
4,0	-	0,02	0,04	0,09	0,18	0,45	0,89
6,0	-	-	0,03	0,06	0,12	0,30	0,60
10	-	-	0,02	0,04	0,07	0,18	0,36

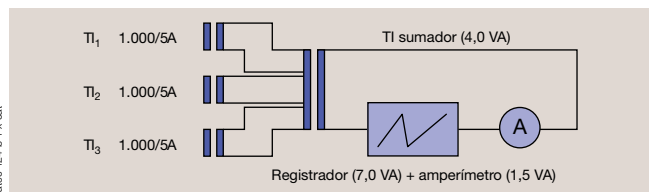
(1) Únicamente se ha tomado en cuenta el componente activo de las pérdidas.

## Transformador sumador

Los transformadores sumadores permiten sumar los valores eficaces de varias corrientes alternativas de una misma fase; éstas corrientes pueden tener los  $\cos \varphi$  diferentes.

Un TC sumador se define por:

- el número de TC a conectar (los TC tienen que tener la misma relación de transformación),
- la potencia nominal de utilización.



Ejemplo: 3 circuitos para controlar por una salida de un registrador y un indicador:

- (a) Bilan de potencia, que tiene que suministrar el TC sumador:  
(amperímetro + registrador + pérdida del circuito de medida)  
 $P' = 1,5 \text{ VA} + 7,0 \text{ VA} + 1,5 \text{ VA} = 10,0 \text{ VA}$ ,
- (b) Bilan de potencia que tienen que suministrar los TC:  
 $P = P' + \text{consumo propio del TC sumador}$   
 $P = 10,0 \text{ VA} + 4,0 \text{ VA} = 14,0 \text{ VA}$ ; sea  $P/3$  por TC.

## TC saturables

Los TC saturables aseguran la alimentación de los relés térmicos de poca potencia, y los protegen frente a las sobre intensidades producidas por las frecuentes puestas en marcha de los motores (los TC saturables sólo existen en secundarios 1 A).

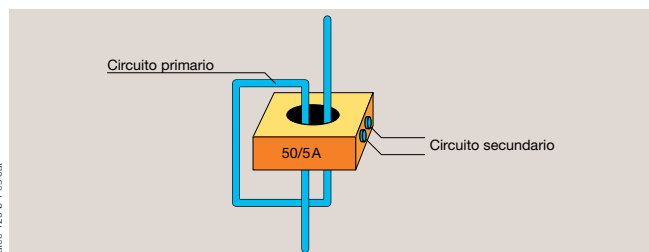
SOCOMEK distingue dos tipos de TC saturables:

- los TC en los que la saturación empieza en  $4 I_n$  para puestas en marcha normales (por ejemplo: bombas)
- los TC en los que la saturación empieza en  $1,5 I_n$  para puestas en marcha severas (por ejemplo: ventiladores sin registros).

## Adaptación de las relaciones de transformación

Para las corrientes nominales inferiores a 50 A, es posible utilizar los TC con cables pasantes, con una corriente primaria más elevada, substituyendo los TC primarios bobinados; esto haciendo pasar varias veces la línea primaria a través del TC.

Además de la economía, este método permite adaptar las diferentes relaciones de transformación (rendimiento y precisión constante de medida).



Ejemplo: corriente primaria del TC 50A.

Corriente primaria para medir	Número de pasos
50 A	1
25 A	2
10 A	5
5 A	10



# Protección digital de redes

## Generalidades

El DIRIS protection, además de las funciones de medición, recuento, vigilancia de las alarmas y comunicación, garantiza una función de protección frente a sobreintensidades. Para garantizar esta función, el DIRIS dispone de un módulo que permite regular una curva de disparo.

La corriente  $I_0$  se calcula por suma vectorial de las tres corrientes de fase  $I_1, I_2, I_3$  o se mide directamente en la cuarta entrada de corriente. La cuarta entrada puede conectarse al neutro con un transformador de corriente o conectarse a un TOROIDAL homopolar para la medición de las corrientes de fuga a tierra.

El umbral se hace eligiendo una curva de tiempo dependiente (SIT, VIT, EIT o UIT), o una curva de tiempo independiente DT.

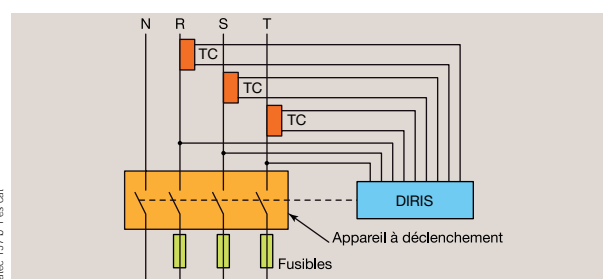
Todas las mediciones de corrientes se realizan en TRMS.

La protección frente a corrientes de fallo está garantizada por comparación entre las corrientes medidas y la curva de protección predefinida.

## Funciones de protección

Protección magnética en $I_1, I_2, I_3, I_0$ :	$I >>$	código ANSI: 50
Protección térmica en $I_1, I_2, I_3, I_0$ :	$I >$	código ANSI: 51
Protección magnética en el componente homopolar $I_0$ :	$I_0 >>$	código ANSI: 50 N
Protección térmica en el componente homopolar $I_0$ :	$I_0 >$	código ANSI: 51 N
Protección con máximo de corriente direccional:	$I_{dir}$	código ANSI: 67
Selectividad lógica		código ANSI: 68
Protección de retorno de potencia activa	$> rP$	código ANSI: 37

El DIRIS protection garantiza la protección de los circuitos eléctricos. Es obligatorio asociarlo a un elemento de corte que garantice la apertura en los tiempos convencionales *(ver página 30).*



Cuadro sinóptico del sistema de corte.

## Curvas de protección de tiempo dependiente

Código ANSI 50 fases o 50 N (neutro o tierra) - según la norma IEC 60255-3 y BS 142. Estas curvas se suelen utilizar para la programación del **umbral inferior** (sobrecarga).

Para programar el umbral inferior hay que elegir una curva, definir un umbral  $I_s$  (en porcentaje) y un tiempo  $T_s$  que corresponde al tiempo de corte para un fallo igual a  $10 I_s$ .

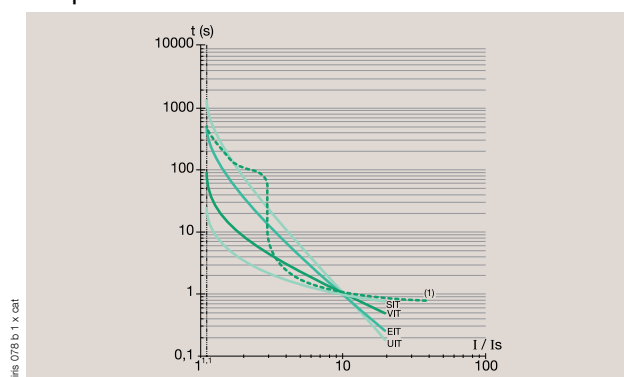
El umbral  $I_s$  es el valor de la corriente para la que no hay disparo. El disparo se produce cuando hay un exceso de corriente superior a  $1,1 I_s$  y transcurrida la temporización  $T_s$ .

Las curvas, umbrales y temporizaciones son idénticas para las corrientes de fase y la corriente homopolar  $I_0$  o de neutro  $I_n$ .

## Relés de protección

En caso de superar el umbral y transcurrida la temporización, se activa un relé RT en un fallo de fase. Este control de cierre de relé puede bloquearse en caso de que el elemento de corte sea un interruptor fusible para mantener sus poderes de corte. Este límite se fija en  $7 I_n$ . El relé RT se resetea con la tecla "R" del teclado.

## Representación de curvas



Curva configurable.

## Ecuación de curvas

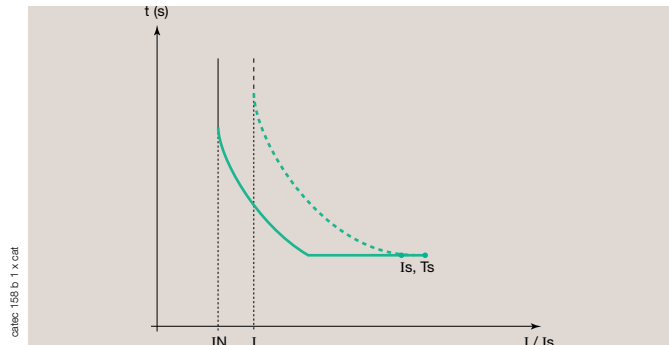
Curva de tiempo inverso (SIT):	$t = T_s \times \frac{47,13 \times 10^{-3}}{(I/I_s)^{0,02} - 1}$
Curva de tiempo muy inverso (VIT):	$t = T_s \times \frac{9}{(I/I_s) - 1}$
Curva de tiempo extremadamente inverso (EIT):	$t = T_s \times \frac{99}{(I/I_s)^2 - 1}$
Curva de tiempo ultrainverso (UIT):	$t = T_s \times \frac{315,23}{(I/I_s)^{2,5} - 1}$

La curva "UIT" puede ser reconfigurada punto a punto por el usuario con la conexión RS-485.

## Protección del neutro

La protección del neutro se obtiene por traslación de la curva de protección de fases:

- los tiempos  $t_s$  son idénticos,
- las corrientes se dividen por un coeficiente  $K_N$ .

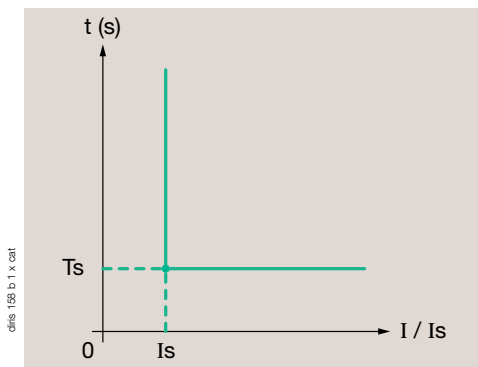


## Protección "fallo de tierra"

Esta protección se configura igual que para las corriente de fase.

La protección "fallo de tierra" es una protección frente a corrientes de fallo de tierra importantes. No es una protección para personas (contactos directos o indirectos), sino una prevención contra incendios o desecación de las tomas de tierra.

## Curva de protección de tiempo independiente



Código ANSI 50 fases o 50 N Tierra - según la norma IEC 60255-3 y BS 142. Esta curva se utiliza para la programación del umbral superior (cortocircuito). También puede usarse para la programación del umbral inferior si no se ha optado por la curva de tiempo dependiente. Para programar el o los umbrales independientes hay que elegir la curva de tiempo independiente (DT), definir un umbral y una temporización.

Tiempo independiente (DT) con:

$$0,1 I_n < I_s < 15 I_n$$

$$0,02 \text{ s} < T_s < 30 \text{ s}$$

$$0,02 \text{ s} < T_s < 300 \text{ s}$$

con  $I_n$  = corriente nominal.

## Protección de retorno de potencia

### Código ANSI 37

Es la detección de un umbral de potencia activa negativa en las tres fases asociada a una temporización.

Para ello hay que programar un umbral en valor absoluto comprendido entre el 5 % y el 110 % de  $S_n$  y una temporización comprendida entre 1 y 60 s.

Hay detección de un retorno de potencia cuando se cumplen las condiciones siguientes:

- $P < 0$  e  $\text{IPI} > 10\%$  de  $Q$ , o sea, un ángulo comprendido entre  $96^\circ$  y  $264^\circ$ ,
- $U > 70\%$  de  $U_n$  (tensión nominal) en las 3 fases,
- $I > I_n/20$  en las 3 fases (o sea 250 mA si  $I_n = 5$  A y 50 mA si  $I_n = 1$  A),
- $P > rP$  (umbral programado en valor absoluto).

## Elección del TC

La clase recomendada mínima del TC de protección es 5P 10 (precisión del 5 % a  $10 I_n$ ).

### Elección de la potencia de TC en VA

- La clase de TC (5P 10, 10P 10...) está garantizada para una carga máxima determinada en VA.
- El DIRIS representa una carga de 1,5 VA a la que hay que añadir las pérdidas debidas a los cables de conexión.

#### Ejemplo:

Corriente nominal: 275 A

Se opta por un TC de 300A/1A P.

La carga máxima de este TC es de 4 VA por ejemplo.

El TC va conectado con un cable de  $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$  de una longitud de 10 m.

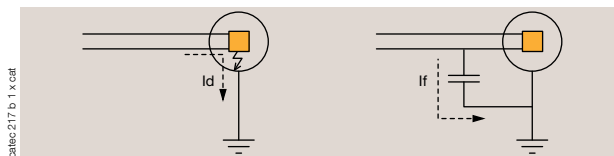
Pérdida en VA del cable (ver página 73): 3,57 VA.

Carga total: 1,5 VA (DIRIS) + 3,57 VA = 5,07 VA.

El TC no es adecuado: hay que disminuir la longitud del cable o aumentar su sección o pasar a un TC cuya carga admisible sea superior a 5,07 VA.

## Generalidades

Una corriente de fallo a tierra es una corriente que fluye a tierra durante un fallo de aislamiento ( $I_d$ ). Una corriente de fuga a tierra es una corriente que fluye de las partes activas de la instalación a tierra, en ausencia de cualquier fallo de aislamiento ( $I_f$ ).



Un Dispositivo de Intensidad Diferencial Residual (DDR) definido por la norma TR IEC 60755, está destinado a detectar las corrientes de fuga o de fallo que se producen generalmente aguas abajo de su punto de conexión.

Los principales tipos de dispositivos diferenciales son:

- los automáticos diferenciales,
- los interruptores diferenciales,
- los relés diferenciales que no están integrados en el aparato de corte.

SOCOME, fabricante especializado propone una gama completa de relés diferenciales que podrán responder a cada caso de manera adaptada.

El relé diferencial tiene dos finalidades:

- desconectar la instalación cuando está asociado a un aparato de corte con desconexión automática,
- señalar una corriente de fuga o de fallo cuando se utiliza como relé de señalización.

## Señalar

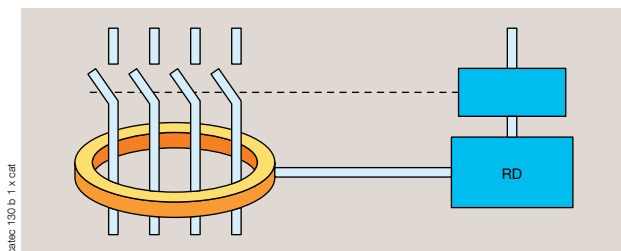
Señalar cuando se detecta una corriente de fuga o de fallo a tierra y que permanece a un nivel que provoca una acción de mantenimiento preventivo.

La señalización diferencial está constituida:

- por un toroidal que rodea los conductores activos del circuito a vigilar detectando la corriente residual cuando la suma de las corrientes en líneas deja de ser nula,
- por un dispositivo de análisis y medición de corriente diferencial que, por medio de sus LEDs de alarma, sus relés de salida o salida digital podrá avisar a los operadores.

Algunas aplicaciones pueden requerir las dos funciones, desconectar y señalar simultáneamente.

## Desconectar la instalación



Una protección diferencial está constituida en este caso:

- por un toroidal que rodea los conductores activos del circuito a proteger detectando la corriente residual cuando la suma de las corrientes en líneas deja de ser nula,
- por un dispositivo de análisis y medición de corriente diferencial que envía la señal de alarma,
- por un dispositivo de corte de la alimentación activado por el relé de alarma.

Cuando un peligro aparece (electrocución, incendio, explosión, anomalía de una máquina...), el corte automático de la alimentación asegura una o varias de las funciones siguientes:

- la protección contra contactos indirectos,
- la limitación de corrientes de fuga,
- la protección complementaria frente a los contactos directos,
- la protección del equipo o de la producción,
- etc.

Los relés diferenciales pueden estar asociados, bajo ciertas condiciones, a conmutadores, automáticos o interruptores e interruptores automáticos con fusibles de la gama SIDERMAT, FUSOMAT y INOSYS LBS SOCOME.

## Definiciones

### Corriente diferencial-residual asignada $I_{\Delta n}$

La corriente diferencial residual asignada, denominada  $I_{\Delta n}$ , es el valor máximo de corriente diferencial que debe provocar el funcionamiento del dispositivo. Su valor expresa comúnmente la sensibilidad o el ajuste del Dispositivo Diferencial Residual (ejemplo: DDR 30 mA). Desde un punto de vista de las normas de productos diferenciales, un Dispositivo Diferencial Residual puede desconectar a partir de la mitad de su corriente diferencial residual asignada.


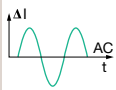

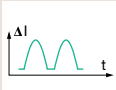


Los equipos SOCOMEC, gracias a la medición RMS, podrán soportar corrientes de hasta el 80 % (en clase A) de la corriente residual asignada. Esta precisión permite corrientes de fuga más importantes para un mismo nivel de protección y permite así una mejor selectividad.

Los valores de corriente  $I_{\Delta n}$  se clasifican según tres tipos de sensibilidad:

Sensibilidades	Ajustes $I_{\Delta n}$
Baja	30 A
Sensibilidad	10 A
	5 A
	3 A
Media	1 A
Sensibilidad	500 mA
	300 mA
	100 mA
Alta sensibilidad	$\leq 30$ mA

### Tipos de relés diferenciales

El informe técnico TR IEC 60755 define tres tipos de uso para los Dispositivos Diferenciales Residuales en función del tipo de red:

Tipo de relés diferenciales	Símbolo	Ejemplo de corriente de fallo
Tipo AC		 <p>El aparato asegura una desconexión con corrientes diferenciales residuales, alternativas sinusoidales.</p>
Tipo A		 <p>el aparato asegura una desconexión con corrientes diferenciales residuales, alternativas sinusoidales o corrientes diferenciales residuales continuas pulsantes, cuyo componente continuo sigue siendo inferior a 6 mA durante un intervalo de tiempo de un ángulo de 150° a la frecuencia asignada.</p>
Tipo B		 <p>El aparato asegura la desconexión con corrientes diferenciales idénticas a los aparatos de clase A aunque también para corrientes diferenciales que provengan de circuitos rectificadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- simple alternancia con carga capacitiva que produzca una corriente continua lisa,</li> <li>- trifásico simple o doble alternancia,</li> <li>- monofásico doble alternancia entre fases,</li> <li>- cualquiera que cargue una batería de acumuladores.</li> </ul>

### Tiempos de desconexión

El informe técnico TR IEC 60755 propone los siguientes valores preferenciales de tiempo de corte máximo expresado en segundos para los dispositivos diferenciales destinados a la protección frente a choques eléctricos en caso de fallo de tipo contactos indirectos:

Clase	$I_n$ (A)	Valores de tiempo de corte		
		$I_{\Delta n}$ s	$2 I_{\Delta n}$ s	$5 I_{\Delta n}$ s
TA	cualquier valor	2	0,2	0,04
TB	$\geq 40$ A sólo	5	0,3	0,15

La clase TB tiene en cuenta las asociaciones de un relé diferencial con un aparato de corte separado. Para la protección frente a contactos indirectos, la norma de instalación NFC 15100 admite un tiempo de corte lo más cercano a 1s para un circuito de distribución sin tener en cuenta la tensión de contacto si se considera necesaria una selectividad. En distribución terminal, los dispositivos diferenciales utilizados para la protección de personas deben ser de tipo instantáneo.

## Definiciones (continuación)

### Compatibilidad electromagnética (CEM)

Los Dispositivos Diferenciales Residuales desconectan en ocasiones por motivos diferentes a la presencia de un fallo de aislamiento. Las causas son variadas: tempestades, maniobra de los aparatos de alta tensión, corrientes de cortocircuito, arranques de motores, encendidos de tubos fluorescentes, cierres de cargas capacitivas, campos electromagnéticos, descargas electrostáticas, etc.

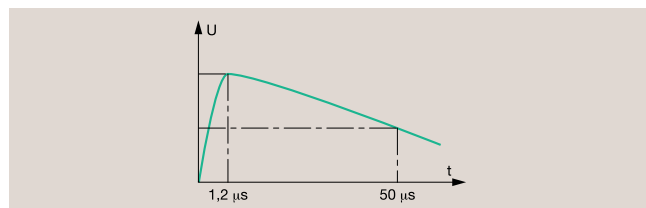
Los Dispositivos Diferenciales Residuales que presentan una protección suficiente contra estas perturbaciones están marcados con el símbolo que se indica a continuación.



de la gama RESYS SOCOMEC presentan una inmunidad reforzada frente a perturbaciones electromagnéticas, gracias especialmente a su principio de medición TRMS.

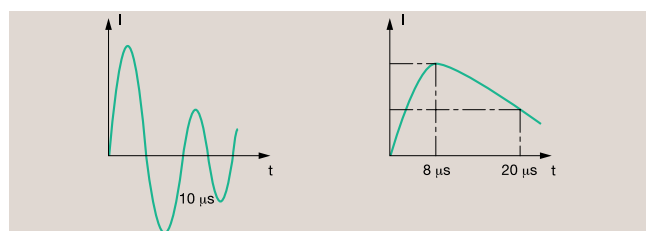
Las alimentaciones auxiliares de los relés diferenciales SOCOMEC, altamente protegidos, evitan las desconexiones intempestivas o las destrucciones de componentes en caso de sobretensiones cuyo origen se debe al rayo o una maniobra AT (figura a continuación).

Según la norma NF C 15100 § 531.2.1.4, los Dispositivos Diferenciales Residuales deben elegirse para limitar los riesgos de disparo accidental debido a las perturbaciones CEM. Para ello, los productos



catálogo 142 b 1 x cat

El principio de medida por muestreo digital de la señal diferencial y la elección de materiales de los toroidales aseguran un correcto comportamiento de los relés diferenciales en caso de paso de una onda de corriente transitoria que se produzca durante el cierre de circuitos altamente capacitivos (Fig. a) o durante un encendido en caso de descarga dieléctrica después de una sobretensión (Fig. b).



catálogo 143 b 1 x cat

Fig. a.

Fig. b.

## Aplicaciones

### Protección de una instalación

#### Selectividad total (selectividad vertical)

Está destinada a eliminar la corriente de fallo únicamente en la parte de la instalación en la que se encuentra el fallo. Para ello se deberán reunir dos condiciones:

1. El tiempo de funcionamiento del Dispositivo Diferencial Residual de abajo ( $t_{fB}$  fig. 2) deberá ser inferior al tiempo de no funcionamiento del dispositivo de arriba ( $t_{nfA}$ ). Una solución simple para respetar esta condición consiste en utilizar DDRs de clase S (retardo ajustable). El retardo del Dispositivo Diferencial Residual deberá ser superior al retardo del Dispositivo Diferencial Residual más cercano (fig. 1).
2. La sensibilidad del DDR aguas abajo  $I\Delta n_B$  debe ser inferior a la mitad de la sensibilidad del DDR aguas arriba  $I\Delta n_A$  (ver fig. 1 y 2).

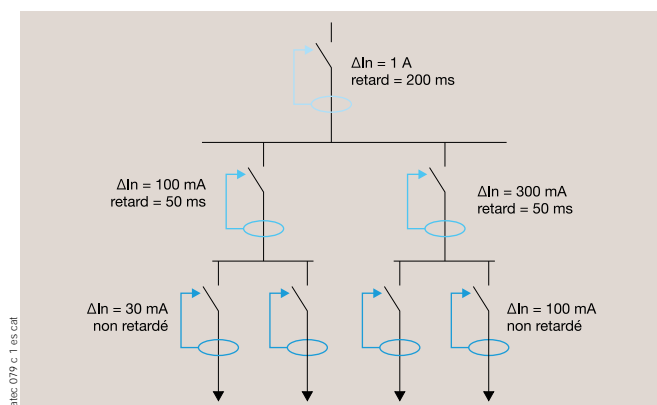


Fig. 1.

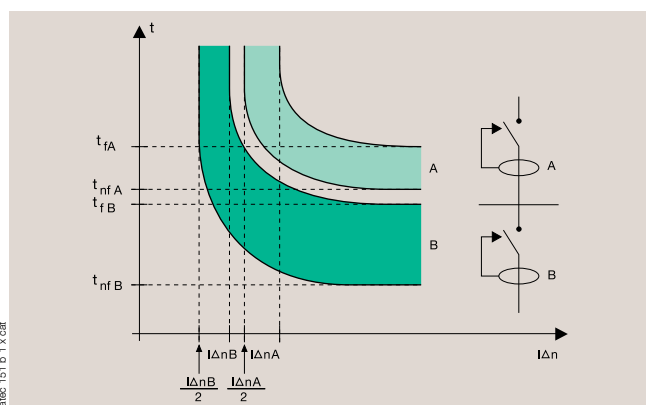


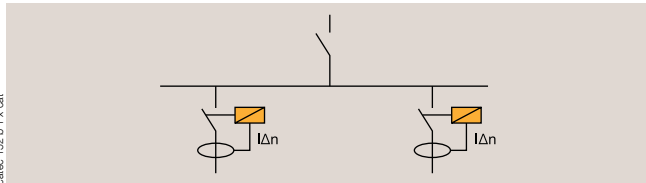
Fig. 2.

# Protección diferencial

## Aplicaciones (continuación)

### Protección de una instalación (continuación)

#### Selectividad horizontal



En distribución de tipo TT, no será obligatorio un dispositivo diferencial general ( $I\Delta n$ ) aguas arriba de las salidas diferenciales divisionarias, en el caso que la protección contra contactos directos de los bornes superiores de estos últimos, responde a las disposiciones relativas a la clase II o por aislamiento adicional durante la instalación.

### Protección de los motores

Un fallo de aislamiento que afecte a un bobinado de motor tendrá efectos que podrán clasificarse en dos niveles:

- destrucción del bobinado, el motor podrá repararse,
- destrucción del circuito magnético, el motor no tiene reparación.

La instalación de un dispositivo diferencial que limite la corriente de fallo a menos del 5 % de  $I_n$  garantiza la no perforación de los circuitos magnéticos y la protección del motor. Algunos grandes motores pueden presentar un desequilibrio de las corrientes o de las corrientes de fuga en fase de arranque, por lo que se admite prever una neutralización del relé diferencial durante esta fase y bajo ciertas condiciones.

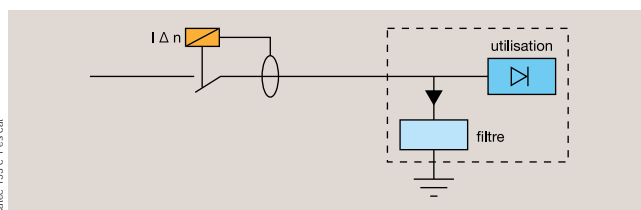
### Corriente de fuga de los equipos

Los materiales de tratamiento de la información, según las normas EN y IEC 60950 pueden constituir una fuente de corrientes de fuga, debido a dispositivos particulares de filtrado que se les asocian.

Se admiten corrientes de fuga capacitivas de 3,5 mA para circuitos de tomas de corriente y del 5 % (bajo ciertas condiciones) para circuitos de instalación fija.

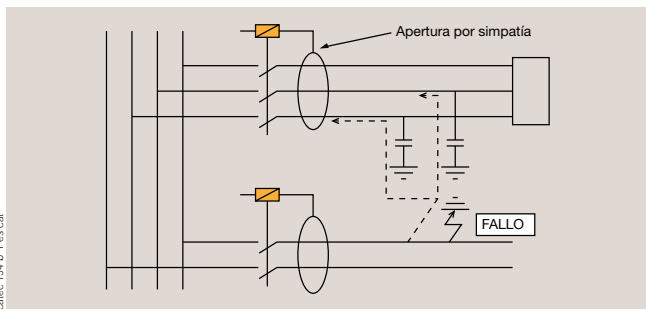
La norma EN 50178 sobre los Equipos Electrónicos (EE) utilizados en las instalaciones de potencia admite corrientes de fuga máximas de 3,5 mA AC y 10 mA DC para un EE.

En caso de exceder estos valores, será necesario prever disposiciones complementarias como por ejemplo, doblar el conductor de protección, cortar la alimentación en caso de ruptura del cable de tierra, instalar un transformador que asegure un aislamiento galvánico, etc.



Conexión de los CPA (caso general).

### Efecto de "simpatía"



Una solución para limitar este efecto será temporizar los aparatos diferenciales.

Un defecto de aislamiento importante que afecte a una salida puede volver a cerrar el circuito por las capacidades de fuga de otro circuito y provocar la desconexión de este último sin que se haya reducido el nivel de aislamiento.

Este fenómeno será particularmente frecuente en los circuitos que presentan capacidades de fuga potencialmente importantes o que el fallo aparezca en una canalización de gran longitud.



## Aplicaciones (continuación)

### Protección frente a incendios

El apartado 422.1.7 de las normas NF C 15100 y IEC 60364 recomienda el empleo de un Dispositivo Diferencial Residual a  $I_{\Delta n} \leq 300$  mA para proteger locales que presenten riesgo de incendio (locales BE2).

### Ubicaciones con riesgo de explosión

En esquema TT o TN, la norma NF C 15100 § 424.10 estipula una protección de las canalizaciones mediante un Dispositivo Diferencial Residual a 300 mA en locales con riesgo de explosión de tipo BE3.

### Suelos radiantes

Los elementos calefactantes para suelo radiante deben protegerse con un Dispositivo Diferencial Residual con  $I_{\Delta n} \leq 500$  mA, para evitar la destrucción de los revestimientos metálicos (NF C 15100 § 753.4.1.1).

### Vigilancia de corrientes diferenciales

#### Sistemas de localización de fallos residuales

La resistencia de aislamiento es un factor importante, por no decir determinante, en la disponibilidad y la seguridad de uso de una instalación eléctrica. Ésta representa una prioridad absoluta en las mediciones de seguridad recomendadas en materia eléctrica. Numerosos estudios han demostrado que cerca del 90% de los fallos de aislamiento son fallos a largo plazo, sólo el 10 % de los fallos ocurren bruscamente. No obstante, los dispositivos de seguridad utilizados generalmente, como los automáticos diferenciales, sólo tienen en cuenta este 10 %, mientras que no hay ninguna medida preventiva para los fallos que se van produciendo lentamente.

Las causas de degradación del nivel de aislamiento son factores normales: humedad, envejecimiento, suciedad, fenómenos climáticos.

La lista de incidencias potenciales de fallos de aislamiento es muy larga y de importancia diversa: pueden ser simplemente molestas, fastidiosas o incluso peligrosas:

- corte fortuito de la instalación, interrupción del proceso de producción importante,
- controles erróneos tras varios fallos de aislamiento. La aparición simultánea de dos fallos de aislamiento puede simular la señal de un dispositivo de control. Por ejemplo, los autómatas programables o los relés miniaturizados son muy sensibles y reaccionan incluso con corrientes muy bajas,
- riesgo de incendio debido a disipaciones de potencia como consecuencia de fallos de aislamiento altamente resistentes: una disipación de 60 W en el punto de fallo es un valor que ya se considera peligroso y que puede provocar riesgos de incendio,
- búsqueda larga y tediosa del fallo de aislamiento, en particular cuando éste último se compone de varios fallos menores,
- no se detectan corrientes diferenciales bajas por fallos de aislamiento de impedancia elevada. El resultado es una disminución progresiva de la resistencia de aislamiento.

En todos los casos, los fallos de aislamiento generan costes. Los estudios han demostrado que la frecuencia de los fallos es creciente entre la fuente de alimentación, la red de distribución principal y las distribuciones secundarias hasta los usos conectados.

Por este motivo, las normativas en vigor exigen un control regular de la resistencia de aislamiento. Pero estos controles reiterados siguen siendo puntuales y no excluyen para nada la posible aparición de fallos.

No obstante, los diseños modernos incluyen el concepto de mantenimiento planificado y preventivo. Ello requiere una vigilancia inteligente y permanente del nivel de aislamiento. Dicha vigilancia es el único medio preventivo de protección frente a fallos de aislamiento.

El sistema de búsqueda de corrientes diferenciales DLRD 460 se ha diseñado para tal fin. Como dispositivo de señalización – y no de corte – para sistemas TNS y TT (redes con puesta a tierra), completan los dispositivos clásicos de protección frente a corrientes diferenciales.

El sistema DLRD 460 vigila de manera selectiva las distintas salidas de una red. El umbral de detección de la corriente diferencial se puede configurar individualmente para cada salida. Además, el usuario puede configurar un umbral de aviso (prealarma). El sistema señala inmediatamente cualquier exceso del valor preajustado. Estos dispositivos permiten:

- el mantenimiento preventivo por detección rápida (simultánea en 12 salidas por caja) de los fallos de todo tipo (medición de corrientes de tipo CA, A y B),
- una señalización sin corte: sin interrupción de los procesos,
- la reducción de los costes por la rápida localización de los fallos,
- la información y el uso centralizado por comunicación Profibus DP, Modbus, TCP/IP (con una pasarela específica),
- una extensión en función de las evoluciones de la instalación (hasta 1.080 salidas).

# Protección diferencial

## Puesta en marcha

Toda instalación presenta una corriente de fuga a tierra debido esencialmente a las fugas capacitivas de los conductores y a los condensadores antiparásitos o filtrado CEM, por ejemplo de los materiales de clase I.

La suma de estas corrientes de fuga puede provocar el disparo de los Dispositivos Diferenciales Residuales de alta sensibilidad. El disparo es posible a partir de  $I\Delta n/2$  ( $I\Delta n \times 0,80$  para equipos SOCOMEC RESYS M y P) sin que se vea comprometida la seguridad de las personas.

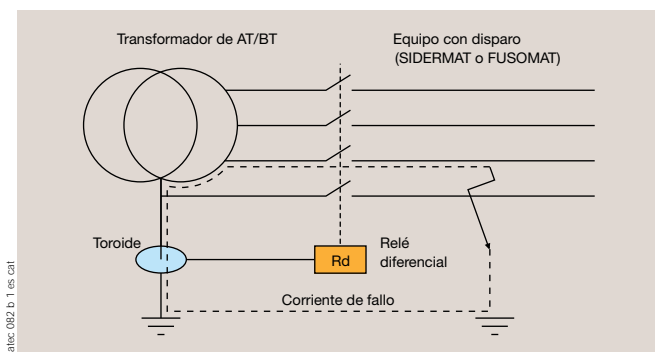
Las corrientes de fuga podrán limitarse por:

- la utilización de materiales de clase II,
- los transformadores de separación,
- la limitación de la cantidad de receptores protegidos por un mismo Dispositivo Diferencial Residual.

## Mejora de la funcionalidad de los Dispositivos Diferenciales Residuales

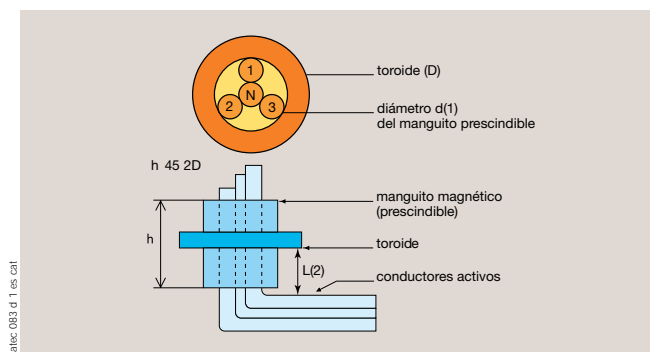
### Puesta en marcha en la cabecera de la instalación TT

En la cabecera de la instalación TT (y únicamente en este caso), será posible reemplazar el toroidal de detección colocado alrededor de los conductores activos por un toroidal único, colocado en el conductor que une el neutro del transformador AT/BT a tierra. Esta disposición permite aumentar la resistencia a las perturbaciones y presenta la ventaja de ser más económico.



### Aumento de la resistencia a las perturbaciones de un toroidal por:

- la disposición simétrica de los conductores de fase alrededor del conductor neutro,
- utilización de un toroidal de diámetro al menos igual a 2 veces el diámetro del círculo formado por los conductores:  $D \geq 2d$ ,
- incorporación eventual de un manguito magnético de una altura al menos igual a  $2D$ .



(1)  $d$  = el centrado de los cables en un toroidal garantiza la no saturación local del toroidal. Un toroidal saturado provoca disparos fortuitos.

(2)  $L$  = distancia entre el toroidal y el codo de los cables.

## Indicación de las condiciones de test de los dispositivos diferenciales

Se podrá prever un marcado complementario para indicar al utilizador que el test deberá accionarse regularmente (se recomienda cada periodo de 3 a 6 meses).

## Elección de un dispositivo diferencial según el tipo de protección que hay que garantizar

La norma NF C 15100 § 531.2.3 recomienda una elección basada en el tipo de protección que se quiere garantizar:

- protección frente a contactos directos (la sensibilidad se elige en función de las tensiones de contactos admisibles),
- protección complementaria frente a contactos directos ( $I\Delta n$  30 mA),
- protección frente a riesgos de incendio  $I\Delta n$  (300 mA).

## Elección del dispositivo diferencial en régimen IT

### Norma NF C 151 00 § 531.2.4.3

Para evitar disparos fortuitos de los DDR de protección frente a contactos indirectos, para los DDR de sensibilidad media, el valor de la corriente diferencial residual asignada al equipo ( $I\Delta n$ ) debe ser superior al doble del valor de la corriente de fuga ( $I_f$ ) que circula durante un primer fallo  $I\Delta n > 2 \times I_f$ .

## Puesta en marcha (continuación)

### Elección del dispositivo diferencial según los principios auxiliares de alimentación

Según la norma IEC 60364, el nivel de capacidad de los usuarios y el destino de la instalación orientarán la elección de los dispositivos de protección diferenciales según el tipo de funcionamiento unido al principio de alimentación.

Naturaleza del dispositivo diferencial	Posible elección en función del tipo de instalación	
	Personal no prevenido (BA1)	Probados y comprobados por personal al menos prevenido (BA4)
Con fuente auxiliar independiente de la red	NO	SI
Con funcionamiento independiente de la tensión de la red	SI	SI
Con funcionamiento dependiente de la tensión de la red o de cualquier fuente auxiliar con seguridad positiva	NO	SI
Con funcionamiento dependiente de la tensión de la red sin seguridad positiva	NO	SI excepto circuitos PC 16 A
Con funcionamiento dependiente de la tensión de una fuente auxiliar sin seguridad positiva	NO	Sí salvo circuitos PC 16 A y señalización de un fallo de fuente aux.

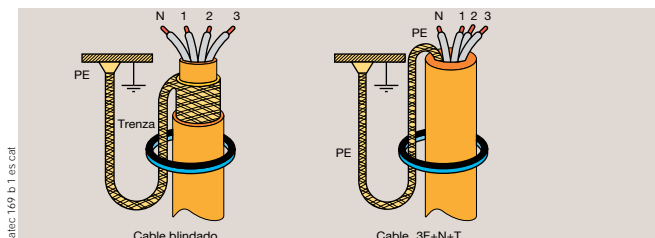
*Nota: un transformador conectado a la red no constituye una fuente auxiliar independiente de la red.*

### Características de un dispositivo diferencial con fuente auxiliar

- Vigilancia independiente de la tensión del circuito vigilado.
- Adaptado a redes con fluctuación importante y rápida.
- Vigilancia independiente de la corriente de carga (salto de corrientes no equilibrado, acoplamiento de cargas inductivas).
- Mejor inmunidad al disparo en caso de fallos transitorios (tiempo de integración del orden de 30 ns mientras que un equipo con corriente propia corre el riesgo de dispararse en pocos ms).

### Precauciones de puesta en marcha de toroidales en cables armados

Cable armado: aislar eléctricamente la caja de conexión y conectarla a tierra.



### Elección del tipo de diferenciales en función de las cargas

Los materiales están cada vez más provistos de dispositivos rectificadores (diodos, tiristores...). Las corrientes de defecto a tierra aguas abajo de estos dispositivos contienen un componente continuo susceptible de desensibilizar los DDR.

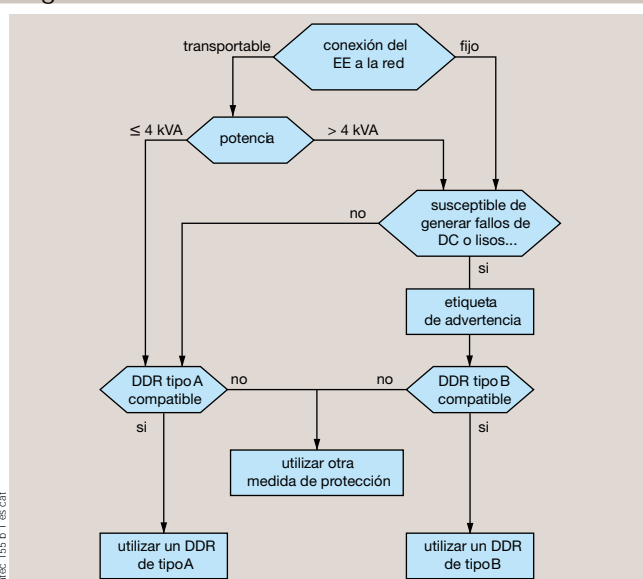
Los aparatos diferenciales deberán ser de la clase adaptada a estos dispositivos (ver capítulo de definición de clases).

La norma EN 50178 indica el organigrama siguiente que define las exigencias requeridas durante la utilización de un EE detrás de un dispositivo diferencial (EE: equipamiento electrónico).

Los EE transportables cuya potencia aparente asignada de entrada no exceda 4 kVA, deberán diseñarse para que sean compatibles con los DDR de tipo A (protección frente a los contactos directos e indirectos).

Los EE que pueden generar un componente continuo de corriente de fallo, pueden impedir el funcionamiento de las protecciones diferenciales, por lo que deben tener obligatoriamente una etiqueta de advertencia que lo avise.

Cuando los DDR no pueden ser compatibles con los EE que se desean proteger, deberán adaptarse otras medidas, por ejemplo: separar el EE de su entorno por aislamiento doble o reforzado o bien aislar el EE de la red por medio de un transformador...



## Puesta en marcha (continuación)

### Elección del tipo de diferenciales en función de las cargas (continuación)

La norma EN 61800-5-1 propone una elección de clase de DDR en función de la electrónica interna de los receptores.

	Clase requerida	Montaje	Corriente de red normal	Corriente a tierra de fallo
1	$\geq A$	<b>Monofásica</b> 		
2	B	<b>Monofásica con Mirage</b> 		
3	B	<b>Monofásica en estrella trifásica</b> 		
4	$\geq A$	<b>Puente rectificador de doble alternancia</b> 		
5	$\geq A$	<b>Puente rectificador mixto de doble alternancia</b> 		
6	B	<b>Puente rectificador mixto de doble alternancia entre fases</b> 		
7	B	<b>Puente rectificador trifásico</b> 		
8	$\geq AC$	<b>Regulador con control de fase</b> 		
9	$\geq AC$	<b>Regulador con control por tren de onda</b> 		

## Puesta en marcha (continuación)

### Cargas "industriales"

Los aparatos más utilizados son de clase AC; la situación real de las instalaciones industriales justifica la utilización de aparatos de clase A como mínimo.

### Selección de la clase de los diferenciales en función de las cargas

Al ser este tipo de carga es demasiado fluctuante, se deberán adaptar relés de clase B, independientes de la tensión y de la corriente para prevenir riesgos de desconexión intempestiva.

### Agrupamiento de utilizaciones en función del tipo de carga

Las instalaciones deberán reagrupar los tipos de aparatos que provoquen fallos idénticos.

Si algunas cargas son susceptibles de generar componentes continuos, no deberán conectarse aguas arriba de los dispositivos previstos para proteger cargas que generen únicamente componentes alternos o rectificadas pulsantes, por defecto.

### Señalización o pre-alarma de una fuga o de un fallo

En las instalaciones en que la continuidad de servicio es un imperativo y que la seguridad de los bienes y de las personas está especialmente expuesta, los fallos de aislamiento constituyen un riesgo mayor que deberá tomarse particularmente en cuenta.

Esta función de señalización podrá asegurarse según de dos maneras:

1. el corte automático de la alimentación por necesidades de protección (protección frente a contactos directos, indirectos o limitación de la corriente de fuga) está garantizada por dispositivos diferenciales, la función de señalización se puede garantizar por relés de prealarma incorporados en algunos relés diferenciales. Estos productos con prealarma cumplen la recomendación del § 531.2.1.3 que piden limitar la suma de corrientes de fuga previstas a un tercio de la corriente de funcionamiento asignada.
2. el corte automático de la alimentación debido a los imperativos de protección (protección contra los contactos directos, indirectos o limitación de la corriente de fuga) lo llevan a cabo otros dispositivos como por ejemplo, dispositivos de protección contra las sobrecorrientes. El contacto de alarma de los relés puede utilizarse únicamente para señalar una corriente diferencial.

La señalización de los fallos de aislamiento de manera preventiva optimiza el uso de una instalación eléctrica y permite:

- de anticipar la reparación de una máquina antes de que el proceso se detenga a causa de una falla,
- de localizar fallos de aislamiento en régimen neutro TNS,
- de prevenir riesgos de incendio o explosión,
- de anticipar el funcionamiento de un aparato de protección contra las sobrecorrientes y evitar el reemplazo del fusible o el desgaste del automático,
- de controlar las corrientes de fuga reduciendo así las corrientes homopolares en los circuitos de protección y la generación de campos electromagnéticos especialmente perturbadores,
- etc.

## Generalidades

El limitador de sobretensión (L.S.) cumple los artículos 5 y 34 del decreto del 14.11.88 en vigor en Francia. Su función es derivar a tierra las sobretensiones y corrientes de fallo.

### Protección de sobretensión

El LS garantiza la derivación a tierra de las sobretensiones que llegan por la red de AT.

Los cebados accidentales entre los circuitos de AT y BT corren el riesgo de elevar el potencial de la instalación de BT a un valor peligroso con respecto a tierra.

En caso de detectar este tipo de fallo, el LS cortocircuita definitivamente el neutro y la tierra para poder proteger la red de BT. Tras el funcionamiento como limitador de sobretensión, hay que cambiar el LS, especialmente en esquema IT, para permitir al controlador de aislamiento reanudar correctamente la vigilancia.

## Inductancia de limitación de corriente

Aunque los limitadores pueden soportar corrientes de fallo de 40 kA/0,2 s., siempre es preferible, en instalaciones de gran potencia, limitar la intensidad a 10 ó 15 kA para tener en cuenta la eventualidad de un segundo fallo en el embarrado en cuyo caso la corriente de cortocircuito de fase neutro podría superar los 20 kA. Esta limitación se realiza con ayuda de inductancias específicas.

## Nivel de protección efectivo garantizado por un limitador de sobretensión

Tensión nominal de la instalación (V)	Carga de tensión admisible $U_0 + 1.200$ (V)	Limitador conectado entre neutro y tierra		Limitador conectado entre fase y tierra	
		Tensión nominal del limitador (V)	Nivel de protección efectiva (V)	Tensión nominal del limitador (V)	Nivel de protección efectiva (V)
127/220	1330	250	880	250	970
230/400	1430	440	1330	(*)	(*)
400/690	1600	440	1500	(*)	(*)
580/1000	1780	440	1680	(*)	(*)

(\*) Los limitadores de tensión normalizados no permiten la protección en tensión.

## Tensiones nominales de cebado de frecuencia industrial

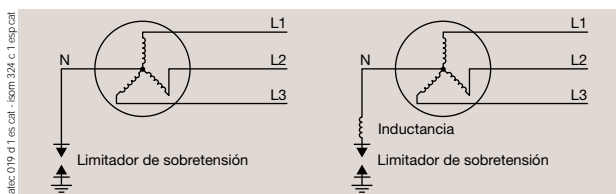
Tensión nominal del limitador (V)	Tensión nominal de no cebado (V)	Tensión nominal de cebado a 100 % (V)
250	400	750
440	700	1100

Los valores de tensión nominal de cebado de los limitadores de sobretensión cumplen la norma NF C 63-150.

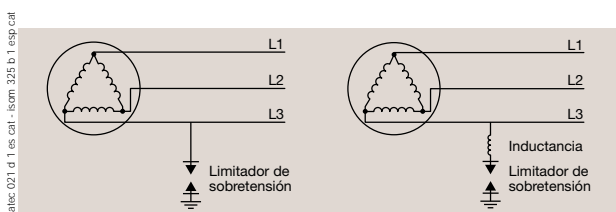
## Conexión del LS y de la inductancia

El borne de tierra debe conectarse:

- al conjunto interconectado de masas y de los elementos conductores de la instalación,
- o a una toma de tierra distante de valor adecuado.

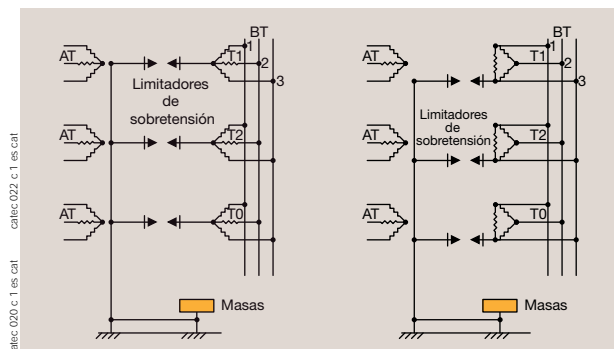


Un único transformador - neutro accesible.



Un único transformador - neutro no accesible.

Si hay varios transformadores en paralelo, se debe prever un LS para cada transformador. Para las instalaciones con neutro no accesible se debe procurar conectar todos los LS a la misma fase.



"n" transformadores en paralelo - neutro accesible.

"n" transformadores en paralelo - neutro no accesible.

## Protección contra las sobretensiones transitorias

La buena calidad de la alimentación de baja tensión de un centro industrial o de servicios es vital porque ésta es común para el conjunto de equipamientos.

Por tanto, un enfoque global de los fenómenos perturbadores es extremadamente importante para la fiabilidad general de la instalación. Entre todos los fenómenos que pueden perturbar el funcionamiento de los equipos conectados a las redes, debe tenerse en cuenta la agresión "sobretensiones" porque la misma es el origen de efectos secundarios particularmente perturbadores e incluso destructores. Además de las sobretensiones por rayo, las sobretensiones industriales también son una realidad.

Así pues, es recomendable una protección sistemática frente a sobretensiones en todo tipo de instalaciones eléctricas como lo demuestran numerosas destrucciones o averías recurrentes inexplicables de los materiales utilizados.

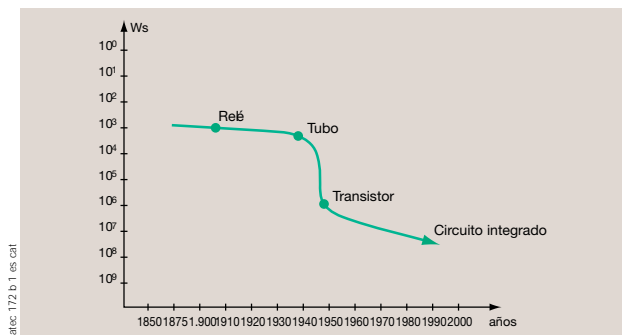
## Restricciones de utilización y susceptibilidades de los equipamientos

La necesidad de garantizar una protección sistemática se explica con los siguientes factores :

- susceptibilidad creciente de los equipamientos,
- proliferación de los equipos sensibles,
- tolerancia mínima a las interrupciones de servicio,
- costes por falta de disponibilidad prohibitivos,
- sensibilización creciente por parte de las compañías de seguros sobre los fenómenos de sobretensión.

## Efectos sobre los componentes electrónicos

La curva representada más abajo muestra la disminución creciente de la robustez de los materiales debida a la evolución de las tecnologías: en consecuencia, los problemas de fiabilidad debidos a perturbaciones transitorias no hacen más que aumentar.



Potencia admisible en función de las tecnologías.

- Destrucción (parcial o total):
  - de la metalización de los componentes,
  - de los triacs/tiristores,
  - de los circuitos impresos sensibles (MOSFET).
- Perturbaciones de funcionamiento: bloqueos de programas, errores de transmisión, paradas de la instalación.
- Envejecimiento acelerado o destrucción diferida: reducción importante de la vida útil de los componentes.

## Sobretensiones transitorias

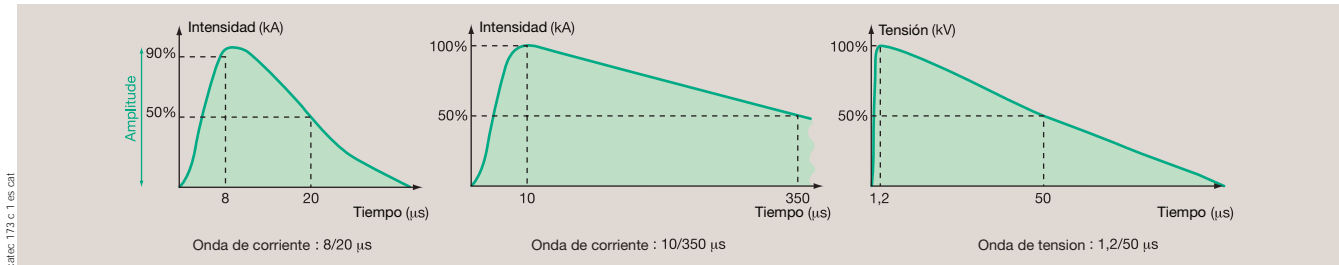
Los descargadores de sobretensión SURGYS® son dispositivos pensados para garantizar una protección de los materiales e instalaciones eléctricas limitando las sobretensiones de tipo "transitorio".

Una sobretensión transitoria es una elevación de la tensión, generalmente de gran amplitud (varios kV) y de corta duración (de unos microsegundos a unos milisegundos), con respecto a la tensión nominal de una red o circuito eléctrico.

# Descargadores de sobretensión

## Protección contra las sobretensiones transitorias(continuación)

### Ondas normalizadas



Definición de ondas transitorias de tensión o de corriente.

Las sobretensiones transitorias en redes de baja tensión y circuitos de poca corriente (redes de comunicación, circuitos de corriente, líneas telefónicas), se deben a distintos sucesos y se pueden clasificar principalmente en dos tipos :

- sobretensiones industriales (o asimiladas y relacionadas con la actividad humana),
- sobretensiones tipo rayo.

### Sobretensiones industriales transitorias

Cada vez más numerosas en las redes actuales, estas sobretensiones industriales transitorias se descomponen en :

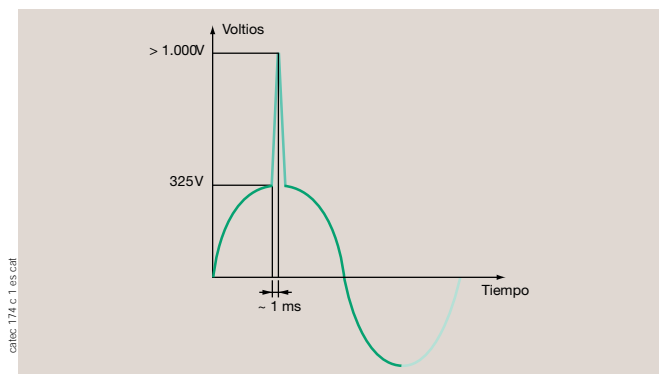
- sobretensiones de maniobra y de conmutación,
- sobretensiones de interacción entre redes.

### Orígenes de las sobretensiones de maniobra

Algunas sobretensiones son debidas a acciones intencionadas en la red de potencia como la maniobra de una carga o de una capacidad o están relacionadas con funcionamientos automáticos de tipo :

- apertura/cierre de circuito por los elementos de maniobra,
- fases de funcionamiento (arranque, desconexiones bruscas, encendido de equipos de iluminación, etc.),
- sobretensiones de conmutación en electrónica (electrónica de potencia).

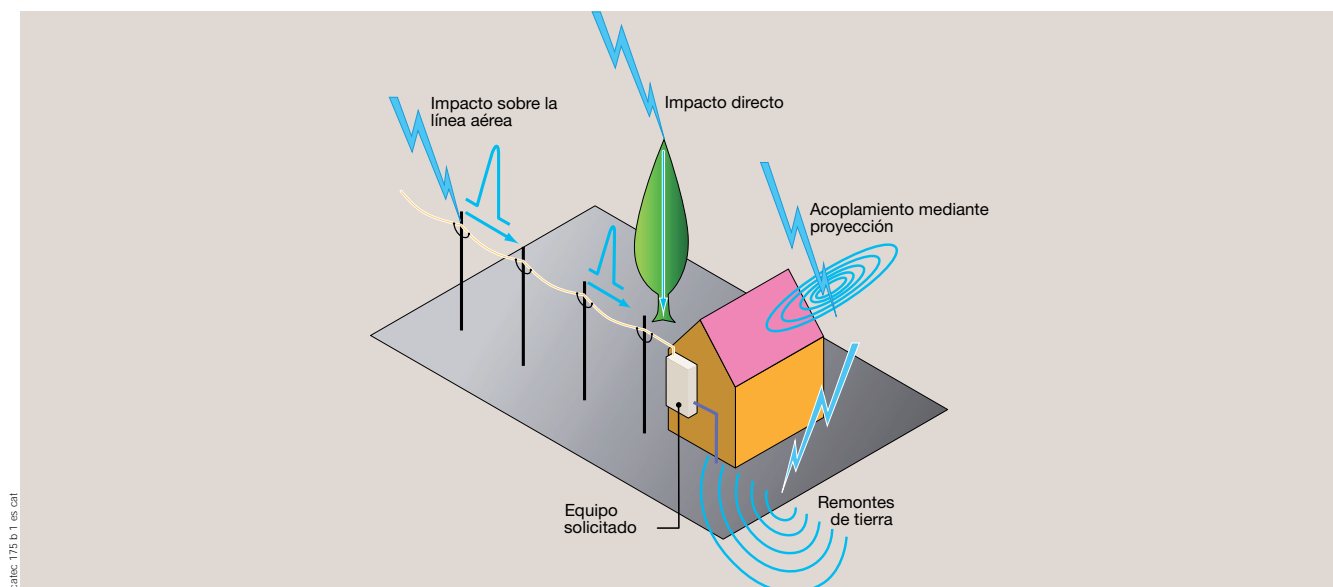
Otras sobretensiones son debidas a sucesos no intencionados como fallos en la instalación y a su eliminación a través de la apertura inesperada de los elementos de protección (dispositivos diferenciales, fusibles y otros equipos de protección frente a sobreintensidades).



Sobretensión como consecuencia de la fusión de un fusible.



## Sobretensiones por rayo



Las sobretensiones de origen atmosférico proceden de fuentes no controladas y su severidad en el punto de uso va en función de numerosos parámetros determinados por el punto de impacto del rayo y la estructura de las redes.

El impacto del rayo en una estructura crea destrucciones espectaculares aunque muy localizadas. La protección frente al impacto directo de un rayo está garantizada por dispositivos "pararrayos" y no se habla de ella en este documento.

Un impacto de rayo genera sobretensiones que se propagan por todo tipo de canalizaciones eléctricas (redes de energía, conexiones telefónicas, bus de comunicación, etc.), de canalizaciones metálicas o de elementos conductores de longitudes significativas.

Las consecuencias del rayo, es decir, las sobretensiones inducidas en las instalaciones y los materiales, pueden ser perceptibles en un radio de 10 km. Estas sobretensiones se pueden clasificar según su punto de impacto: impactos de rayo directos, próximos o lejanos. Para los impactos de rayo directos, las sobretensiones son debidas a la transferencia de la corriente del rayo a la estructura en cuestión y a sus tomas de tierra. Para los impactos de rayo cercanos, las sobretensiones son inducidas en los circuitos y en parte relacionados con la elevación del potencial de tierra debido a la transferencia de la corriente del rayo.

Para los impactos de rayo lejanos, las sobretensiones están limitadas a las inducidas en los circuitos. Las apariciones de sobretensiones por rayo y sus características son de tipo estático y aún hay muchos datos inciertos.

Todas las regiones no están expuestas del mismo modo y en cada país suele haber un mapa que indica la densidad de fulminación ( $N_g$  = número anual de impactos de rayo en el suelo por  $\text{km}^2$ ,  $NK$  = nivel cerámico,  $N_g = NK/10$ ).

Por ejemplo, en Francia, el número de impactos de rayo que caen al suelo anualmente está comprendido entre 1 y 2 millones. La mitad de estos rayos que caen al suelo tienen una amplitud inferior a 30 kA, y menos del 5% superan los 100 kA.

## Protección frente a los efectos directos del rayo

La protección pasa por el intento de controlar el punto de impacto atrayendo el rayo hacia uno o varios puntos precisos (los pararrayos), alejados de los lugares que se quieren proteger y que derivan las corrientes impulsionales a tierra.

Existen varias tecnologías de pararrayos: de punta tipo Franklin, de malla reticulada, de cables tensados o incluso con dispositivos de cebado. La presencia de pararrayos en una instalación aumenta el riesgo y la amplitud de las corrientes impulsionales en la red de tierra. Así pues, la instalación de descargadores de sobretensión es necesaria para evitar aumentar los daños en la instalación y los equipos.

## Protección frente a los efectos indirectos por descargadores de sobretensión

Los descargadores de sobretensión SURGYS® protegen contra sobretensiones transitorias y también garantizan la protección frente a los efectos indirectos del rayo.

## Conclusión

Independientemente de las consideraciones estadísticas sobre el rayo y las recomendaciones correspondientes de las normas de instalación en desarrollo, la protección frente a las sobretensiones por descargadores de sobretensión se impone hoy en día de forma sistemática para todo tipo de actividades, industriales o de servicios. En estas últimas, los equipos eléctricos y electrónicos son estratégicos y de valores significativos y no ponderables como pueden serlo algunos equipos domésticos.

## Principales reglamentaciones y normas (lista no exhaustiva)

### Prólogo

Las presentes especificaciones técnicas no substituyen en ningún caso a los reglamentos y normativas vigentes que deben consultarse en todos los casos prácticos.

### Reglamentaciones o recomendaciones que obligan a instalar una protección frente a los efectos de la caída de rayos

#### Obligación estricta

- Instalaciones clasificadas para la protección del entorno (ICPE) sometidas a autorización (decreto del 15 de enero de 2008 en vigor en Francia y su circular de aplicación del 24 de abril de 2008 relativas a la protección frente a los rayos de algunas instalaciones clasificadas)\*
- Nuevos depósitos de fertilizantes sólidos a base de nitratos (decreto del 10 de enero de 1994 en vigor en Francia)
- Centros de clasificación de residuos domésticos sólidos, residuos industriales y comerciales asimilados (circular DPPR 95-007 del 5 de enero de 1995 en vigor en Francia)
- Instalaciones especializadas de incineración e instalaciones de co-incineración de determinados residuos industriales especiales (decreto del 10 de octubre de 1996 en vigor en Francia)
- Instalaciones de refrigeración que emplean el amoníaco como fluido frigorígeno (decreto del 16 de julio de 1997 en vigor en Francia)
- Instalaciones nucleares fijas (decreto del 31 de diciembre de 1999 en vigor en Francia)
- Silos e instalaciones de almacenamiento de cereales, granos, productos alimentarios u otros productos orgánicos que desprenden polvo inflamable (decreto del 15 de junio de 2000 en vigor en Francia)
- Lugares de culto: campanarios, torres y minaretes (decreto del 16 de septiembre de 1959 en vigor en Francia)
- Edificios de gran altura (decretos del 24 de noviembre de 1967 y del 18 de octubre de 1977 en vigor en Francia)
- Establecimientos pirotécnicos (decreto del 28 de septiembre de 1979 en vigor en Francia)
- Hoteles-restaurantes en lugares elevados (decreto del 23 de octubre de 1987 en vigor en Francia)

*\* En este decreto se indican claramente las obligaciones y acciones que deben llevarse a cabo:*

- elaboración de un análisis de riesgos de caída de rayos para identificar los equipos e instalaciones que necesitan protección,
- realización del correspondiente estudio técnico,
- protección de la instalación de conformidad con el estudio,
- proceder a las comprobaciones de las protecciones contra la caída de rayos instaladas,
- cualificación por parte de un organismo competente en la materia.

#### Lugares para los que se recomiendan dispositivos de protección

- Salas de espectáculos de tipo multiplex
- Estructuras metálicas abiertas al público en zonas turísticas
- Reuniones de personas de cualquier tipo, ya sean al aire libre o no y que tengan lugar durante varios días
- Residencias de la tercera edad (circulares del 29 de enero de 1965 y 1 de julio de 1965 en vigor en Francia)
- Establecimientos militares diversos (norma MIL/STD/1.957A por ejemplo)
- Almacenes de materiales combustibles, tóxicos o explosivos cubiertos (circular del 4 de febrero de 1987 y decreto tipo n. ° 183 ter en vigor en Francia)
- Talleres de extracción de aceite (instrucción del 22 de junio de 1988 en vigor en Francia)
- Industrias petroleras (guía GESIP 94/02)
- Industrias químicas (documento UIC de junio de 1991)

## Principales reglamentaciones y normas (lista no exhaustiva) (continuación)

### Normas relativas a los descargadores de sobretensión

#### Normas de instalación

Hasta el 2002 no era obligatorio el uso de descargadores de sobretensión para la protección de equipos conectados a la red de baja tensión, sólo existían algunas recomendaciones.

#### Norma NF C 15100 (diciembre de 2002)

- Sección 4-443 "Sobretensiones de origen atmosférico o debidas a maniobras". Esta sección define los niveles de obligación y de uso de descargadores de sobretensión.
- Sección 7-771.443: "Protecciones contra sobretensiones de origen atmosférico (descargadores de sobretensión)". Sección similar a la sección 4-443, pero aplicable a los edificios de viviendas.
- Sección 5-534: "Dispositivos de protección frente a perturbaciones de tensión": contiene las reglas generales de elección y de puesta en marcha de descargadores de sobretensión para baja tensión.

#### Guía de uso UTE C 15443

Esta guía ofrece información más completa sobre la elección y la puesta en marcha de descargadores de sobretensión e introduce un método de evaluación de riesgos que permite determinar un nivel de recomendación para los descargadores de sobretensión. Esta guía también contiene una sección sobre descargadores de sobretensión para redes de comunicación.

#### Guía de instalaciones fotovoltaicas UTE C 15712

Esta guía detalla, más allá de la NF C 15100, las condiciones de protección y de instalación de generadores fotovoltaicos. Entre otros, se estipulan consejos prácticos para la elección y la aplicación de productos descargadores de sobretensión.

### Obligación y recomendación de uso de descargadores de sobretensión

Las secciones 4-443 y 7-771.443 de la NF C 15100 definen las situaciones que determinan el uso obligatorio de descargadores de sobretensión:

- 1 - La instalación dispone de pararrayos: pararrayos obligatorio en el origen de la instalación. Éste de ser de tipo 1 con una corriente  $I_{imp}$  de 12,5 kA como mínimo.
- 2 - La instalación se alimenta con una red de baja tensión aérea y el nivel cerámico local  $N_k$  es inferior a 25 (o  $N_g$  inferior a 2,5): pararrayos obligatorio en el origen de la instalación. Éste de ser de tipo 2 con una corriente  $I_n$  de 5 kA como mínimo.
- 3 - La instalación se alimenta con una red de baja tensión aérea y el nivel cerámico local  $N_k$  es inferior a 25 (o  $N_g$  inferior a 2,5): descargador de sobretensión no obligatorio.\*
- 4 - La instalación se alimenta con una red de baja tensión subterránea: descargador de sobretensión no obligatorio.\*

(\*) No obstante, la norma indica que: "...puede ser necesaria una protección frente a sobretensiones en situaciones donde se espere un mayor nivel de fiabilidad o un mayor riesgo."

#### Secciones 443 y 534 de la NF C 15100

Se basan en los siguientes conceptos:

- los descargadores de sobretensión deben instalarse siguiendo el procedimiento habitual. Deben estar coordinados entre sí y con los equipos de protección de la instalación,
- los descargadores de sobretensión deben cumplir la norma NF EN 61643-11 para garantizar más particularmente un fin de vida útil sin riesgo para las instalaciones y las personas.

En caso de instalaciones industriales complejas o de instalaciones particularmente expuestas a los riesgos de fulminación, pueden ser necesarias medidas complementarias.

Instalaciones clasificadas sometidas a la autorización (ICPE) recogidas en el decreto del 15 de enero de 2008 en vigor en Francia, así como en su circular de aplicación del 24 de abril de 2008, deben ser objeto de un estudio previo de riesgo de caída de rayos.

#### Extractos de la guía UTE C 15443

Esa guía UTE C 15443 estipula las reglas para la elección y la instalación de descargadores de sobretensión.

#### Prólogo

"Los equipos eléctricos con componentes electrónicos se utilizan mucho hoy en día tanto en instalaciones industriales de servicios y domésticas. Además, un gran número de estos equipos permanecen en estado de vigilia permanente y garantizan funciones de control o de seguridad. La menor resistencia de estos equipos a las sobretensiones ha aumentado la importancia concedida a la protección de las instalaciones eléctricas de baja tensión y en particular al uso de descargadores de sobretensión para protegerlas contra sobretensiones conducidas por el rayo y transmitidas por la red eléctrica."

# Descargadores de sobretensión

## Tecnología

### Los pararrayos: terminología

El término "descargador de sobretensión", define el conjunto de dispositivos de protección de equipamientos contra sobretensiones transitorias originadas tanto por un rayo como procedentes de redes (sobretensiones de maniobra).

Los descargadores de sobretensión se adaptan a los distintos tipos de redes filiales que penetran en las instalaciones:

- redes de energía,
- líneas y redes de telecomunicaciones,
- redes informáticas,
- radiocomunicaciones.

### Algunas definiciones

#### Corriente consecutiva

Corriente suministrada por la red de energía eléctrica y transmitida por el descargador de sobretensión tras el paso de la corriente de descarga. Sólo afecta a descargadores de sobretensión con corriente consecutiva (por ejemplo, descargadores de sobretensión con explosores de aire o de gas).

#### Corriente de fuga

Corriente eléctrica que, en condiciones normales de funcionamiento, se transfiere a tierra o a elementos conductores.

#### Sobretensión temporal ( $U_T$ )

Valor máximo eficaz aceptable por el descargador de sobretensión y correspondiente a una sobretensión frecuencia industrial debida a fallos en la red de BT.

#### Nivel de protección ( $U_p$ )

Tensión de cresta en los bornes del descargador de sobretensión en las condiciones normales de su funcionamiento. Esta prestación de protección del descargador de sobretensión debe ser inferior a la tensión de resistencia a los choques del material que se va a proteger.

#### Tensión máxima en circuito abierto ( $U_{oc}$ )

Tensión máxima de la onda combinada aceptable (máx. = 20 kV/sólo descargador de sobretensión de tipo 3).

#### Resistencia a cortocircuitos (generalmente $I_{cc}$ )

Corriente máxima de cortocircuito que puede soportar el descargador de sobretensión.

#### Corriente nominal de descarga ( $I_n$ )

Valor de cresta de una corriente de forma de onda 8/20 transferida al descargador de sobretensión. Esta corriente puede pasar varias veces sin dañarlo. Esta característica es un criterio de elección para los descargadores de sobretensión de tipo 2.

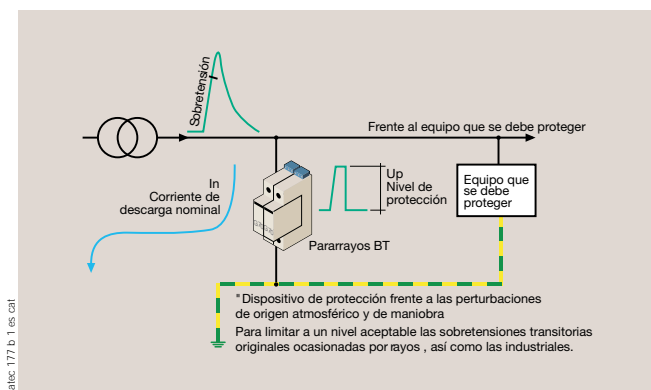
#### Corriente de choque ( $I_{imp}$ )

Generalmente de forma 10/350, para el que se prueban los descargadores de sobretensión de tipo 1.

#### Corriente máxima de descarga ( $I_{max}$ )

Valor de cresta de corriente de onda 8/20 que puede admitir el descargador de sobretensión de tipo 2 sin modificación de sus características y sin garantizar necesariamente el nivel de protección  $U_p$  y por tanto la protección del material que se va a proteger. Este valor es una consecuencia de la elección de  $I_n$  y se indica en la ficha técnica del fabricante.

### Principio de funcionamiento y función de los descargadores de sobretensión

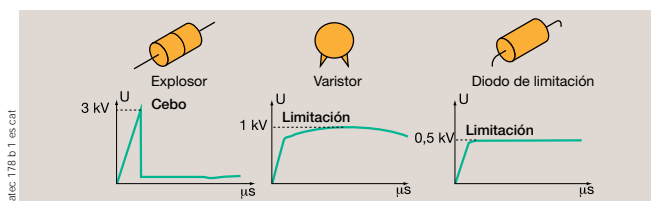


### Tecnología de los descargadores de sobretensión

Existen varias tecnologías de descargadores de sobretensión para satisfacer de manera eficaz los requisitos impuestos por las distintas redes.

Los descargadores de sobretensión pueden incluir distintos componentes internos:

- explosores,
- varistancias,
- diodos de limitación.



Funcionamiento de los componentes "descargador de sobretensión".

Estos componentes sirven para limitar rápidamente las tensiones que aparecen en sus bornes: esta función se obtiene por modificación brusca de su impedancia a un umbral de tensión determinado.

Dos comportamientos posibles:

- Cebado: el componente pasa del estado de muy alta impedancia al casi cortocircuito, es el caso de los explosores,
- Limitación: tras un umbral de tensión determinado, el componente, que pasa a baja impedancia, limita la tensión en sus bornes (varistancias y diodos de limitación).

## Tecnología (continuación)

### Principales tecnologías

Estas gamas incluyen diversas variantes y son susceptibles de asociarse entre sí para proporcionar prestaciones optimizadas.

A continuación se describen las principales tecnologías (o asociaciones de tecnologías) utilizadas.

Explosor de aire	Explosor encapsulado	Explosor de gas	Varistor
Dispositivo constituido, generalmente, por dos electrodos situados frente a frente y entre los cuales se produce un cebado (seguimiento de una corriente consecutiva) en cuanto una tensión alcanza un determinado valor. En redes de energía, para interrumpir rápidamente la corriente consecutiva, se utiliza el principio de soplado de arco cuya consecuencia final es una expulsión al exterior de gases calientes: este comportamiento requiere una puesta en marcha particular.	Explosor de aire donde el apagado de la corriente consecutiva se produce sin expulsión de gas: ello se produce generalmente en detrimento de la capacidad de corte de la corriente consecutiva.	Explosor con envoltente hermético, relleno de una mezcla de gas noble a una presión controlada. Este componente se utiliza de forma generalizada y está bien adaptado a la protección de redes de telecomunicaciones. Este componente se caracteriza especialmente por su bajísima corriente de fuga.	Componente no lineal (resistencia variable en función de la tensión) a base de óxido de zinc (ZnO) que permite limitar la tensión en sus bornes: este funcionamiento de limitación permite evitar la corriente consecutiva, lo cual hace que este componente se adapte especialmente bien a la protección de redes de energía (AT y BT).
Varistor con desconector térmico	Explosor / Varistor	Diodo de limitación	Explosor / Diodo de limitación
Varistor equipado con un dispositivo auxiliar pensado para desconectar el componente de la red en caso de calentamiento excesivo: este comportamiento es indispensable para garantizar un fin de vida útil controlado de las varistancias conectadas a la red eléctrica.	Asociación de componentes en serie pensada para beneficiarse de las ventajas de las dos tecnologías: sin corriente de fuga y baja Up (explosor) y sin corriente consecutiva (varistor).	Diodo Zener (regulador de tensión) dotado de una estructura particular para optimizar su comportamiento en limitación de sobretensiones transitorias. Este componente se caracteriza por un tiempo de respuesta particularmente rápido.	Asociación en paralelo de explosor(es) de gas y de diodo(s) de limitación; de este modo es posible beneficiarse de la capacidad de derivación del explosor y del tiempo de respuesta rápida del diodo. Una asociación de este tipo requiere un elemento de conmutación en serie para que la coordinación de funcionamiento de los componentes de protección esté garantizada.

### Tecnologías de la gama SURGYS®

Tipo	Varistor	Explosor de gas	Diodo de limitación
G140-F	•		
G40-FE	•	•	
G70	•		
D40	•		
E10	•		
RS-2		•	•
mA-2		•	•
TEL-2		•	•
COAX		•	

# Descargadores de sobretensión

## Constitución interna

### Dispositivos de desconexión

De conformidad con las normas "Descargador de sobretensión de BT", los descargadores de sobretensión SURGYS® incorporan seguridades térmicas internas que desconectarán la función de protección de la red en caso de funcionamiento anormal (calentamiento excesivo debido a una superación de las características del producto). En este caso, el usuario será avisado del fallo por el cambio a rojo del indicador de la cara frontal del módulo defectuoso y será necesario sustituir el mismo. Además, para soportar fallos como las corrientes de cortocircuito o sobretensiones temporales, los descargadores de sobretensión deben ir conectados obligatoriamente a la red de baja tensión mediante dispositivos de desconexión exteriores y específicos para descargadores de sobretensión.

Esta desconexión exterior debe realizarse con fusibles Socomec adaptados e indicados en las páginas de productos correspondientes del presente catálogo.

El montaje de los fusibles con interruptores con fusible Socomec mejora la seguridad y facilita, durante el uso, algunas intervenciones como por ejemplo mediciones de aislamiento.

### Teleseñalización

La mayoría de descargadores de sobretensión SURGYS® incluyen un contacto de "teleseñalización". Esta función, que permite controlar a distancia el estado del descargador de sobretensión, es particularmente interesante en los casos en los que los productos se encuentran difícilmente accesibles o sin vigilancia.

El sistema se compone de un contacto auxiliar de tipo inversor accionado en caso de modificación de estado del módulo de protección.

De este modo, el usuario puede comprobar en cualquier momento:

- el buen funcionamiento de los descargadores de sobretensión,

- la presencia de módulos conectables,

- el fin de vida útil (desconexión) de los descargadores de sobretensión.

Esta función de "teleseñalización" permite elegir un sistema de señalización (indicador de funcionamiento o de fallo), adaptado a su instalación por distintos medios como piloto, avisador, automatismos, transmisiones.

## Principales características de los descargadores de sobretensión

### Definición de las características

Los principales parámetros definidos por las normas de "descargadores de sobretensión" permitirán al usuario del producto determinar las prestaciones y el uso del descargador de sobretensión:

- tensión máxima de régimen permanente ( $U_c$ ): tensión máxima que admite el descargador de sobretensión,
- corriente nominal de descarga ( $I_n$ ): corriente impulsional de forma 8/20  $\mu$ s que puede ser transferida 15 veces sin alteración por parte del descargador de sobretensión durante la prueba de funcionamiento,
- corriente máxima de descarga ( $I_{max}$ ): corriente impulsional de forma 8/20  $\mu$ s que puede ser transferida una vez sin alteración por parte del descargador de sobretensión de tipo 2,
- corriente de choque ( $I_{imp}$ ): corriente impulsional de forma 10/350  $\mu$ s que puede ser transferida una vez sin alteración por parte del descargador de sobretensión de tipo 1,
- nivel de protección ( $U_p$ ): tensión que caracteriza la eficacia del descargador de sobretensión. Este valor es superior a la tensión residual ( $U_{res}$ ) que aparece en los bornes del descargador de sobretensión durante el paso de la corriente nominal de descarga ( $I_n$ ),
- Intensidad de cortocircuito admisible ( $I_{cc}$ ): valor máximo de corriente 50 Hz que puede transitar por el descargador de sobretensión con un fallo del mismo.

Estos distintos parámetros permitirán dimensionar el descargador de sobretensión con respecto a la red en la que se conectará ( $U_c$  e  $I_{cc}$ ), con respecto al riesgo ( $I_n$  e  $I_{max}$ ) y por último, con respecto a la eficacia deseada y/o al tipo de equipo que se va a proteger ( $U_p$ ).

### Verificación de $U_c$

Según la norma NF C 15100 sección 534, la tensión máxima de funcionamiento  $U_c$  del descargador de sobretensión conectado en modo común debe seleccionarse como se indica a continuación:

- en régimen TT o TN:  $U_c > 1,1 \times U_n$ ,
- en régimen IT:  $U_c > \sqrt{3} \times U_n$ .

Los descargadores de sobretensión SURGYS® son compatibles con todos los regímenes de neutro, su tensión  $U_c$  en modo común es 440 V AC.

### Verificación de $U_p$ , $I_n$ , $I_{max}$ e $I_{imp}$

El nivel de protección  $U_p$  debe elegirse lo más bajo posible respetando la tensión  $U_c$  impuesta.

Las corrientes de descarga  $I_n$ ,  $I_{max}$  e  $I_{imp}$  se eligen en función del riesgo: ver la guía de elección del catálogo de descargadores de sobretensión SURGYS®.

## Elección e implantación de descargadores de sobretensión en cabecera

### Tipo de descargadores de sobretensión de baja tensión

Los descargadores de sobretensión se definen por la norma NF EN 61643-11 en 2 tipos de productos correspondientes a clases de prueba. Estas restricciones específicas dependen esencialmente de la localización del descargador de sobretensión en la instalación y de las condiciones exteriores.

#### Descargadores de sobretensión de tipo 1

Estos dispositivos están pensados para ser utilizados en instalaciones en las que el riesgo "Rayo" es muy importante, especialmente en caso de presencia de pararrayos en la zona. La norma NF EN 61643-11 impone que estos descargadores de sobretensión se sometan a las pruebas de clase 1, caracterizadas por inyecciones de ondas de corriente de tipo 10/350  $\mu$ s ( $I_{imp}$ ), representativas de la corriente de rayo generada durante un impacto directo. Estos descargadores de sobretensión deberán ser particularmente potentes para derivar esta onda tan energética.

#### Descargadores de sobretensión de tipo 2

Destinados a ser instalados en cabecera de instalación, generalmente al nivel del cuadro general BT, en lugares donde el riesgo de impacto directo se considera inexistente, los descargadores de sobretensión "Primarios" de tipo 2 protegen toda la instalación. Estos descargadores de sobretensión se someten a pruebas con onda de corriente 8/20  $\mu$ s ( $I_{max}$  e  $I_n$ ). Si los materiales que se van a proteger están alejados del origen de la instalación, deberán instalarse descargadores de sobretensión de tipo 2 a proximidad de estos materiales

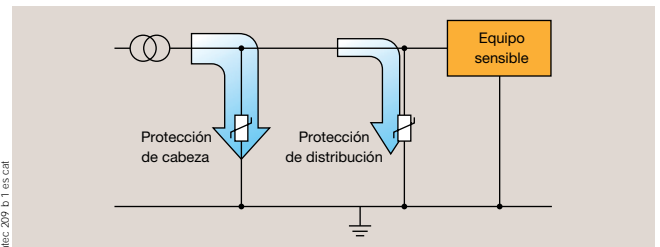
(ver apartado "Coordinación entre descargadores de sobretensión en cabecera y de distribución", página 98).

### Descargadores de sobretensión en cabecera de la instalación de BT

Los descargadores de sobretensión de la gama SURGYS® se dividen en descargadores de sobretensión en cabecera y en descargadores de sobretensión de distribución.

Los descargadores de sobretensión en cabecera protegen toda la instalación de BT derivando la mayoría de las corrientes y generando las sobretensiones directamente en tierra.

Los descargadores de sobretensión de distribución garantizan la protección de los equipos derivando la energía restante a tierra.



### Elección del descargador de sobretensión en cabecera

En todos los casos, los descargadores de sobretensión en cabecera deben instalarse inmediatamente aguas abajo del equipo general de control (AGCP).

Las corrientes de descarga que estos descargadores de sobretensión deben poder derivar en caso de sobretensiones pueden ser muy importantes y su elección se hace generalmente comprobando que estas corrientes de descarga ( $I_n$ ,  $I_{max}$ ,  $I_{imp}$ ) se adaptan a las evaluaciones de riesgos teóricos realizadas, por ejemplo, por algunas oficinas técnicas especializadas.

La siguiente tabla de selección ofrece indicaciones prácticas que permiten seleccionar directamente el descargador de sobretensión en cabecera teniendo en cuenta las prestaciones de los SURGYS®.

Ejemplos de instalación típica		Descargador de sobretensión en cabecera SURGYS®
<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de pararrayos</li> <li>Lugares expuestos (altitud, etc.)</li> <li>Plano de agua</li> <li>Líneas MAT</li> <li>Edificio con estructuras metálicas amplias o cerca de chimeneas o con elementos de efecto punta</li> </ul>	Tipo 1	SURGYS G140F
<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de pararrayos y cuadro general BT de longitud &lt; 2 m y equipado con material sensible</li> </ul>	Tipo 1	SURGYS G40-FE
<ul style="list-style-type: none"> <li>Acometida enterrada</li> <li>Lugar no expuesto</li> <li>Sobretensiones de maniobra</li> </ul>	Tipo 2	SURGYS G70

### Implantación de descargadores de sobretensión en cabecera de instalación

Los descargadores de sobretensión en cabecera se sitúan:

- en un cuadro general BT (fig. 1),
- en el cuadro eléctrico general del edificio en caso de línea aérea expuesta a rayos.

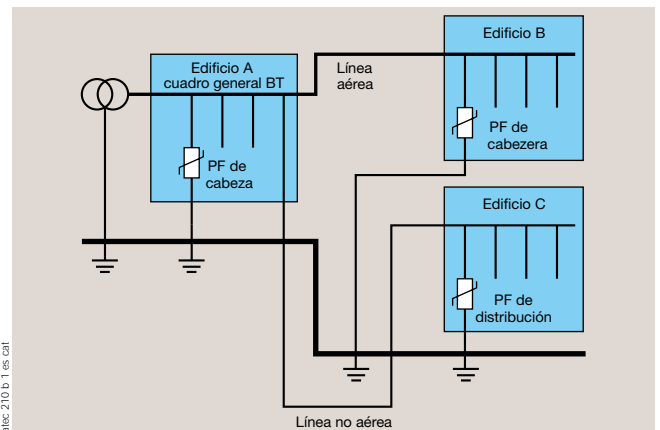


Fig. 1: elección del descargador de sobretensión en cabecera o en distribución.



# Descargadores de sobretensión

## Elección e implantación de descargadores de sobretensión en cabecera (continuación)

### Presencia de pararrayos y descargadores de sobretensión en cabecera

La presencia de pararrayos (estructura destinada para captar rayos y derivar su corriente hasta tierra por una vía específica), en o a proximidad de una instalación contribuirá a aumentar la amplitud de las corrientes impulsionales: en caso de impacto directo en el pararrayos, el potencial de tierra sufrirá una parte de la corriente de rayo se derivará a la red de BT transitando por el descargador de sobretensión.

Así, el uso simultáneo de descargadores de sobretensión de tipo 1 con pararrayos es obligatorio en el contexto de la norma NF C 15100. La conexión a la red de tierra se debe realizar con un conductor de sección mínima de 10 mm<sup>2</sup>.

### Coordinación con el AGCP

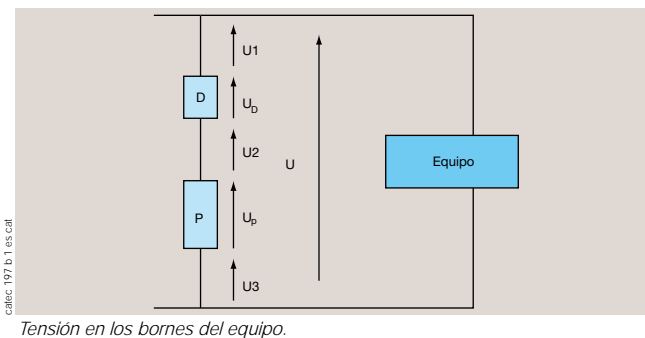
El equipo general de control y de protección (AGCP) de la instalación (automático de conexión) siempre se sitúa aguas arriba del descargador de sobretensión. Debe coordinarse con el descargador de sobretensión para limitar los disparos intempestivos durante su funcionamiento. En esquema TT, las medidas de mejora pasan esencialmente por la elección del dispositivo diferencial general de tipo S (selectivo) que permite derivar más de 3 kA en onda 8/20 µs sin dispararse.

Cuando se prevea el final de la vida útil del descargador de sobretensión, debe darse prioridad a la continuidad del servicio de la instalación, es decir, intentar asegurar la selectividad entre el AGCP y el desconector asociado al descargador de sobretensión.

*Nota: debe preverse la posible protección del punto "neutro". La detección de fusión del fusible del neutro no tiene obligación de implicar el corte de las fases correspondientes porque en el caso particular de un descargador de sobretensión, la "carga" está equilibrada y no corre riesgo de generar una sobretensión funcional en caso de desaparición del neutro.*

### Calidad de las conexiones de los descargadores de sobretensión

La calidad de conexión del descargador de sobretensión a la red es primordial para garantizar la eficacia de la función de protección. Durante la derivación de la corriente de descarga, toda la rama paralela a la que está conectado el descargador de sobretensión está solicitada: la tensión residual (U) en los bornes del material que se va a proteger será igual a la suma de la tensión residual del descargador de sobretensión ( $U_D$ ) + la caída de tensión ( $U_1 + U_2 + U_3$ ) en los conductores de conexión + la caída de tensión ( $U_D$ ) en el dispositivo de desconexión asociado.

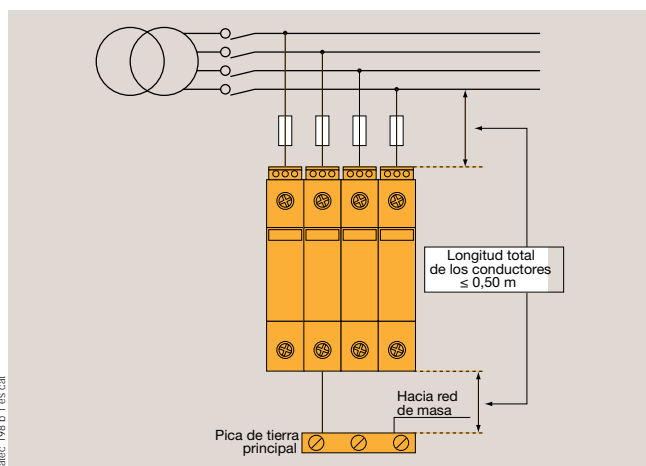


### Secciones de conexión

Los conductores de tierra de los descargadores de sobretensión deben tener una sección mínima de 4 mm<sup>2</sup> 534.1.3.4 según la norma NF C 15100. En la práctica, se usa la misma sección para los conductores de conexión a la red.

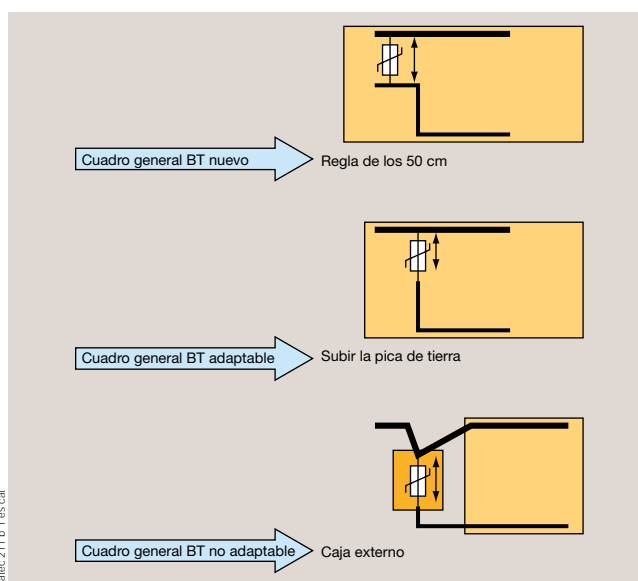
### Regla de los 50 cm

Para disminuir la tensión (U), convendrá reducir al mínimo las longitudes de los conductores de conexión, el valor recomendado de ( $L_1 + L_2 + L_3$ ) es de 0,50 m como máximo.



Distancia SURGYS®/respecto al cuadro general BT.

### Puesta en marcha de descargadores de sobretensión en cabecera



Puesta en marcha según las condiciones de instalación.



## Protección de equipos y descargadores de sobretensión de distribución

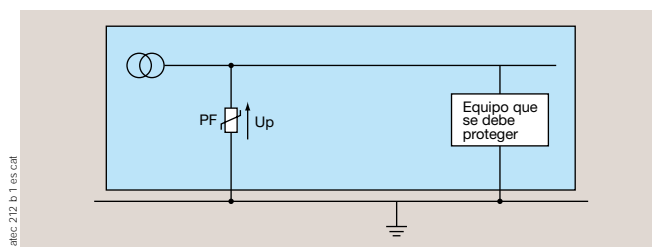
### Protección de equipos y elección del descargador de sobretensión

Para garantizar una protección eficaz de los equipos frente a sobretensiones debe instalarse un descargador de sobretensión SURGYS® de distribución lo más cerca posible de los equipos que se quiere proteger.

Los descargadores de sobretensión de distribución instalados lo más cerca posible de los equipos que se van a proteger deben tener un nivel de protección coordinado con la resistencia a los choques del material que se va a proteger:

$U_p$  del descargador de sobretensión < tensión asignada de resistencia a los choques del equipo que se va a proteger\*.

\* Siempre que la puesta en marcha sea correcta (ver página anterior).



### Resistencia dieléctrica de los equipos

Los distintos tipos de materiales se dividen en cuatro categorías. Éstas corresponden a los cuatro niveles de resistencia a los choques de sobretensión aceptable por los equipos.

	Ejemplos de materiales con resistencia a los choques			
	muy elevada	elevada	normal	reducida
Redes trifásicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>contadores tarifarios</li> <li>equipos de telemedición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>equipos de distribución: automáticos interruptores</li> <li>materiales industriales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>equipos electrodomésticos</li> <li>herramientas portátiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>materiales con circuitos electrónicos</li> </ul>
Tensión nominal de la instalación (V)	Tensión asignada de resistencia a los choques (kV)			
230/440	6	4	2,5	1,5
400/690/1000	8	6	4	2,5

### Modo común y modo diferencial

#### Modo común

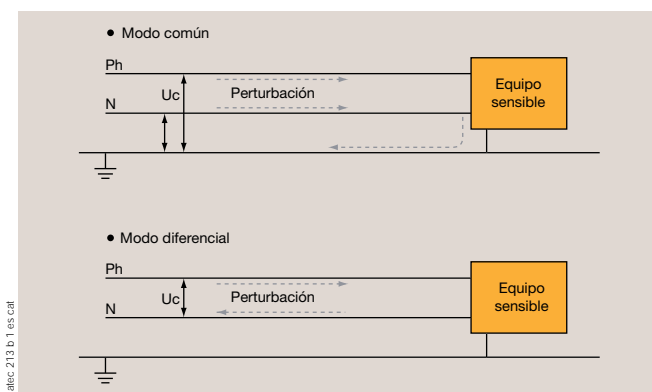
Las sobretensiones aparecen entre cada conductor activo y la masa. Las corrientes van en la misma dirección en las dos líneas y vuelven a tierra por la conexión de puesta a tierra (F/T, N/T).

Las sobretensiones en modo común son peligrosas debido al riesgo de perforación dieléctrica.

#### Modo diferencial

Las sobretensiones aparecen entre conductores activos (F/N, F/F). La corriente, en fase, atraviesa el receptor y cierra el circuito por el neutro.

Estas sobretensiones son particularmente peligrosas para los equipos electrónicos.



### Protección en modo común

Por regla general, los descargadores de sobretensión se conectan entre conductores activos (fases y neutro) y la pica general de tierra del cuadro eléctrico o el conductor general de protección adecuada (PE).

Los descargadores de sobretensión de distribución SURGYS® D40 y E10 garantizan la protección de los equipos en modo común.

Este modo de protección suele ser adecuado para los siguientes esquemas de conexión a tierra:

- red TNC,
- red IT de masas conectadas.

# Descargadores de sobretensión

## Protección de equipos y descargadores de sobretensión de distribución (continuación)

### Protección en modo diferencial

Para proteger contra sobretensiones de modo diferencial, es decir, que pueden aparecer entre fases y neutro, hay dos posibles soluciones:

- utilizar descargadores de sobretensión unipolares suplementarios a los utilizados para el modo común y conectarlos entre cada fase y el neutro,
- utilizar descargadores de sobretensión con una protección en modo diferencial integrado como los SURGYS® de tipo D40 MC/MD o E10 MC/MD.

Este modo de protección suele recomendarse en los siguientes casos :

#### Red TT

Pueden aparecer sobretensiones en modo diferencial debido a la posible disimetría entre las tomas de tierra del neutro y las mediciones de BT; en particular en caso de que la resistencia de la toma de tierra del usuario sea elevada ( $> 100$  ohmios) con respecto a la toma de tierra del punto neutro.

#### Red TNS

Pueden aparecer sobretensiones en modo diferencial debido a la longitud de cableado entre el transformador y en cabecera de la instalación de BT.

### Coordinación entre descargadores de sobretensión en cabecera y de distribución

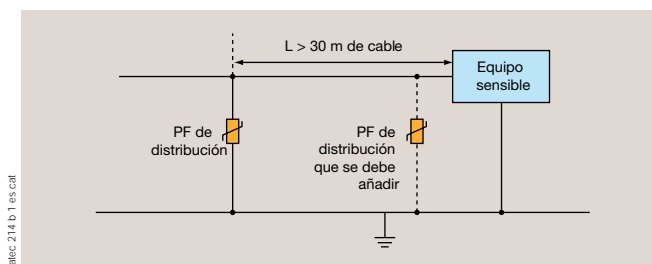
Para que cada descargador de sobretensión garantice su función respectiva de derivación, el descargador de sobretensión en cabecera evacua la mayor parte de la energía mientras que el descargador de sobretensión de distribución garantizará la limitación de la tensión lo más parecida posible a uso que se va a proteger.

Esta coordinación sólo es posible si el reparto de energía entre los dos descargadores de sobretensión se controla con una impedancia. Dicha impedancia puede garantizarse ya sea con 10 m de canalización o bien con una inductancia de acoplamiento L1 para distancias inferiores.

### Distancia entre el descargador de sobretensión y el equipo

La longitud del conductor entre el descargador de sobretensión y el material que se va a proteger influye en la eficacia de la protección. Así, una longitud demasiado importante generará oscilaciones (reflexiones de la onda de sobretensión incidente), cuya consecuencia será, en el peor de los casos, duplicar el nivel de protección  $U_p$  en los bornes del material que se va a proteger.

Por tanto, la recomendación es mantener una longitud inferior a 30 m entre descargador de sobretensión y material o recurrir a la coordinación de descargadores de sobretensión (ver apartado "Coordinación entre descargadores de sobretensión").



Caso de un equipo alejado.

## Reglas y elección de descargadores de sobretensión

Igual que los accesos de baja tensión, las entradas "corrientes bajas" (telecomunicaciones, líneas de módem, transmisiones de datos, redes informáticas, circuitos de corriente, etc.) de los equipos son extremadamente sensibles a las sobretensiones transitorias. La elevadísima susceptibilidad de los materiales conectados a una línea de "baja corriente" se debe a la conjunción de dos fenómenos:

- resistencia a la "perforación" de los circuitos claramente menor que la de los circuitos de baja tensión,
- sobretensión suplementaria que aparece entre circuitos de baja corriente y circuitos de baja tensión, particularmente por acoplamiento.

Para garantizar la fiabilidad de funcionamiento en los sistemas, además de proteger el acceso a la energía, es vital proteger este tipo de conexiones.

### Normas de descargadores de sobretensión de bajas corrientes

#### Norma "Producto"

Norma NF EN 61643-21 : este documento define las pruebas aplicables a los descargadores de sobretensión de bajas corrientes.

Los parámetros probados son similares a los de los descargadores de sobretensión de BT a excepción de las pruebas típicas de las redes de BT 50 Hz (corrientes de cortocircuito, sobretensiones temporales, etc.). En cambio, son necesarias pruebas suplementarias en calidad de transmisión (atenuación, etc.).

#### Norma "Elección e instalación"

Norma IEC 61643-22 : información sobre la tecnología de los descargadores de sobretensión para corrientes bajas en los métodos de selección y las recomendaciones de instalación.

### Descargadores de sobretensión SURGYS® para corrientes bajas

SOCOMECE ofrece una gama de descargadores de sobretensión para conexiones de corriente baja en formato modular para una implantación simplificada en armarios normalizados. La función "descargador de sobretensión" es desenchufable para optimizar el mantenimiento y la revisión. Los esquemas utilizados en los descargadores de sobretensión SURGYS® para línea de corriente baja se basan en la asociación de explosores de gas tripolares y de diodos de limitación rápida, o cual permite obtener las siguientes características:

- corriente de descarga nominal (sin destrucción) en onda 8/20  $\mu$ s > 5 kA,
- tiempo de respuesta de la protección < 1 ns,
- tensión residual adaptada a la resistencia del equipo,
- continuidad de servicio,
- seguridad de funcionamiento con cortocircuitado en caso de fallo permanente.

El uso sistemático de explosores de gas tripolares garantiza una protección optimizada gracias a la simultaneidad de cebado de los tres electrodos.

Todas estas características son necesarias para conseguir una fiabilidad óptima del equipo protegido independientemente de la perturbación que le afecte.

### Estimación del riesgo

No es obligatorio implantar descargadores de sobretensión en conexiones de corrientes bajas, aunque el riesgo es creciente. Por tanto, es necesario valorar el riesgo analizando unos sencillos parámetros :

	Uso de descargadores de sobretensión SURGYS®	
	recomendado*	opcional
<b>Conexiones de telecomunicaciones</b>		
Distribución	aérea	subterránea
Histórico "incidentes"	> 1	0
Equipo	alimentado con 50 Hz	no alimentado
Importancia del equipamiento	vital	secundario
<b>Transmisión de los datos</b>		
Distribución	exterior	interno
Histórico "incidentes"	> 1	0
Longitud de línea	> 30 m	< 30 m
Entorno electromagnético	denso	débil
Importancia del equipamiento	vital	secundario

\* Recomendado si la instalación cumple al menos uno de estos criterios.

# Descargadores de sobretensión

## Puesta en marcha y mantenimiento

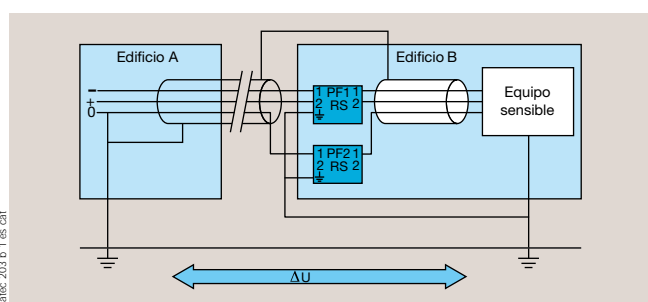
### Instalación

#### Localización

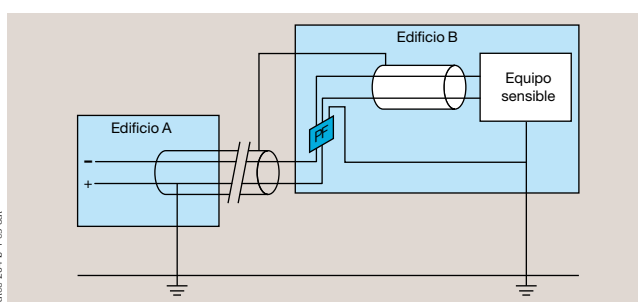
Para optimizar la eficacia de la protección, los descargadores de sobretensión deben estar situados correctamente; así pues, su localización debe ser:

- en caso de línea externa: en la entrada de la instalación, es decir a la altura del repartidor o de la caja de conexión de entrada para derivar las corrientes impulsionales lo más rápidamente posible,
- en caso de conexiones interiores: a proximidad inmediata de los equipos que se van a proteger (ejemplo: en la caja de conexión del equipo).

En todos los casos, el equipo protegido debe estar cerca del descargador de sobretensión (longitud de conductor "descargador de sobretensión/ equipo" inferior a 30 m). Si se respeta esta regla, se deberá instalar una protección "secundaria" a proximidad del equipo (coordinación de descargadores de sobretensión).



Conexión RS de 3 hilos (con hilo 0 V).



Conexión RS de 2 hilos.

#### Conexión de las masas a la red

La longitud de conexión del descargador de sobretensión a la red de las masas de la instalación debe ser lo más corta posible (inferior a 50 cm) para limitar las caídas de tensión adicionales que penalizarían la eficacia de la protección. La sección de este conductor debe ser de 2,5 mm<sup>2</sup> como mínimo.

#### Cableado

Los cables protegidos contra sobretensiones (aguas abajo del descargador de sobretensión) y no protegidos (aguas arriba del descargador de sobretensión) deben estar separados físicamente (ejemplo: sin circulación en paralelo en la misma canaleta), para limitar los acoplamientos.

### Mantenimiento

Los descargadores de sobretensión para redes de corrientes bajas SURGYS® no requieren ningún mantenimiento o sustitución sistemática; están pensados para aguantar ondas de choque importantes de forma repetitiva y sin destrucción.

### Fin de vida útil

No obstante, la destrucción puede producirse si se exceden las características del descargador de sobretensión. La desconexión de seguridad se produce en los siguientes casos:

- contacto prolongado con una línea de energía,
- choque de "rayo" excepcionalmente violento.

En este caso, el descargador de sobretensión se cortocircuita definitivamente protegiendo así el equipo (por puesta a tierra) e indicando su destrucción funcional (interrupción de línea): el usuario deberá proceder a la sustitución del módulo desenchufable del descargador de sobretensión SURGYS®.

En la práctica, el fin de vida útil de un descargador de sobretensión TEL en una línea telefónica se traduce para el usuario en que el teléfono parece estar siempre comunicando.

El operador de telefonía verá la puesta a tierra de la línea e informará al abonado.

## Efectos térmicos

## Potencia disipada por los equipos

Las potencias nominales se indican para la corriente  $I_{th}$  (calibre nominal en la siguiente tabla).

Para la corriente de uso del equipo, tendremos:

$$P = P_N \times \left[ \frac{I_e}{I_{th}} \right]^2$$

$P$ : potencia disipada en W.

$P_N$ : potencia nominal disipada en W (ver tabla a continuación).

$I_e$ : corriente de uso del equipo.

$I_{th}$ : calibre del aparato.

## Características térmicas

## Determinación de la elevación de temperatura

$$\Delta T (^{\circ}K) = \frac{P (W)}{K \times S (m^2)}$$

$P$ : potencia disipada dentro del envoltorio (equipos, conexiones, cables, etc.).

$\Delta T$ : elevación de temperatura en  $^{\circ}K$ .

$S$ : superficie libre del envoltorio (no se cuentan las superficies con muros o otros obstáculos).

$K$ : coeficiente de intercambio de calor.

$K = 4 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}C$  para cajas de poliéster.

$K = 5,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}C$  para cajas metálicas.

Cuando el armario o la caja incluyen orificios de ventilación, aplique la norma IEC 60890 para el cálculo o consúltenos.

## Determinación del intercambiador aire/aire:

ver página 103.

## Determinación del ventilador

En caso de ventilación forzada, el caudal de aire  $D$  necesario es:

$$D (m^3/h) = 3,1 \times \left[ \frac{P}{\Delta T} - (K \times S) \right]$$

Los ventiladores se ofrecen como accesorio en la gama CADRYS.

## Determinación de la resistencia de calentamiento

Es necesaria cuando hay que evitar la condensación en el interior del armario. La potencia  $P_c$  de la resistencia se calcula como se indica a continuación:

$$P_c (W) = (\Delta T \times K \times S) - P$$

Determinación del climatizador: ver página 103.

## Potencia disipada en W/polo por los equipos

	Calibre (A)	16	20	25	32	40	63	63	80	100	100	125	160	200	200	250	250	315	400	500
SIRCO M	Talla del equipo	M1					M2			M3										
	Potencia disipada (w/polo)	0,15	0,25	0,4	0,6	0,9	2,4	1,5	2,4	4	4,3	7,1								
SIRCO MV	Talla del equipo																			
	Potencia disipada (w/polo)											5	7	9						
SIRCO	Talla del equipo																			
	Potencia disipada (w/polo)												1,8	3	4,8	4	5,8	-	9,5	14,4
SIRCO AC	Talla del equipo																			
	Potencia disipada (w/polo)															4	6			
SIDER	Talla del equipo																			
	Potencia disipada (w/polo)												12	-	24	-	36	48	58	
SIDERMAT	Talla del equipo																			
	Potencia disipada (w/polo)																	-	8,2	-
SIRCO MC PV <sup>(1)</sup>	Talla del equipo																			
	Potencia disipada (w/polo)																			
SIRCO MV PV <sup>(1)</sup>	Talla del equipo																			
	Potencia disipada (w/polo)												0,97	1,56	-	2,43	4,5	6,3		
SIRCO PV <sup>(1)</sup>	Talla del equipo																			
	Potencia disipada (w/polo)												0,8	-	2				4,7	8

(1) 1 circuito PV de 1000 VDC.

(2) Aparato 500VDC/polo.

(3) Aparato 250 VDC/polo.

## Efectos térmicos (continuación)

### Características térmicas (continuación)

Potencia disipada en W/polo por los equipos (continuación)

	Calibre (A)	315	400	500	630	800	800	1000	1250	1000	1250	1600	1800	2000	2500	3200	4000	5000
SIRCO	Talla del equipo	B5				B6				B7				B8				B9
	Potencia disipada (w/polo)	7,6	10,8	16	30,9	30,9	39,7	44,7	-	-	85	122	161	140	205	340	420	480
SIRCO AC	Talla del equipo	B5				B6				B7				B8				B9
	Potencia disipada (w/polo)	9,6	12,8	20	24,8	-	40	52,2	80		58	95		340			500	
SIDER	Talla del equipo	ND 66 mm				6				7								
	Potencia disipada (w/polo)	41	58	20,7	-	32					42,5	102						
SIDERMAT	Talla del equipo	1				2				3								
	Potencia disipada (w/polo)	-	-	-	45		66,4				80	113	?					
SIRCO PV <sup>(1)</sup>	Talla del equipo	B4 <sup>(3)</sup>				B5 <sup>(3)</sup>				B6 <sup>(3)</sup>				B7 <sup>(3)</sup>				
	Potencia disipada (w/polo)	10	20	30	40	70					32			80				

(1) 1 circuito PV de 1000 VDC.

(2) Aparato 500VDC/polo.

(3) Aparato 250 VDC/polo.

	Calibre (A)	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	1800	2000	2500	3200	4000
FUSERBLOC	Potencia disipada (w/polo)	4,6 (CD)	-	7,1	10,4	-	15	18	22	33	39	55,3	57	-	118	131	-	234	-	-	-	-	-	-
FUSOMAT	Potencia disipada (w/polo)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,3	-	50	-	83,5	-	-	222	-	-	-	-	-	-
ATyS	Potencia disipada (w/polo)	-	-	-	-	-	-	1,9	3,2	4,1	5,9	7,8	15,1	17	32,4	41,7	46,9	93,3	122	153	178	255	330	-
ATyS M	Potencia disipada (w/polo)	-	0,6	-	1,2	2,2	4	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Ejemplo:** un armario está formado por un interruptor general (FUSERBLOC 4 x 630 A) y varias salidas. La corriente en es de 550 A.

• Potencia disipada a 630 A (tabla de arriba):  $97,7 \times 3 = 293 \text{ W}$

• Potencia disipada a 550 A:

$$293 \times \left[ \frac{500}{630} \right]^2 = 223 \text{ W}$$

La potencia total en el armario (equipos, cables, etc.) alcanza 400 W. Dimensiones del armario: H = 2000 mm, P = 600 mm, L = 800 mm.

El armario está situado entre otros dos armarios y contra la pared. La superficie libre será:  $S \text{ (m}^2\text{)} = 2 \times 0,8 \text{ (antes)} + 0,6 \times 0,8 \text{ (arriba)} = 2,08 \text{ m}^2$

• Elevación de temperatura en el armario:

$$\Delta T = \frac{400 \text{ W}}{5,5 \times 2,08 \text{ m}^2} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Para una temperatura ambiente de 35 °C, se obtiene:  $T = 35 \text{ }^{\circ}\text{C} + 35 \text{ }^{\circ}\text{C} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Para limitarse a una temperatura máxima T de 55 °C ( $\Delta T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), se necesita una ventilación de caudal:

$$D = 3,1 \times \left[ \frac{400}{20} - 5,5 \times 2,08 \right] = 26,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Cajas de poliéster

Las cajas se utilizan en establecimientos abiertos al público. El decreto ministerial del 25/06/80 en vigor en Francia impone envolventes autoextinguibles (resistencia a 750 °C mínimo en el filamento incandescente según la NF C 20445).

Tipo de caja	COMBIESTER		Minipol	Maxipol
	tapa transparente	tapa opaca		
Resistencia en el filamento incandescente	960 °C	850 °C	960 °C	960 °C

## Efectos térmicos (continuación)

### Protección frente a efectos térmicos (según NF C 15100)

Las temperaturas de los materiales eléctricos están limitadas a los valores de la siguiente tabla:

Partes accesibles	Materias	T (°) máx
Elementos de control manual	Metálicos	55
	No metálicos	65
Previstos para ser tocados pero no pensados para tenerlos en la mano	Metálicos	70
	No metálicos	80
No pensadas para ser tocadas en servicio normal	Metálicos	80
	No metálicos	90

## Cálculo térmico de los envolventes

### Hipótesis

- Definir la temperatura interna máxima en el armario impuesta por el componente más sensible
- Definir la temperatura interna máxima del entorno (exterior del armario)
- Definir las dimensiones del envoltorio
  - donde  $T_i$  (°C) = Temperatura interna
  - $T_a$  (°C) = Temperatura ambiente
  - H - L - P (m) = Alto - Ancho - Fondo

### Potencia necesaria para mantener la temperatura en el envoltorio

$$P_n (W) = P_d - K \times S \times (T_i \text{ máx} - T_a \text{ máx})$$

$K = 5,5 \text{ W/m}^2/\text{°C}$  para un envoltorio de chapa pintada  
 $K = 4 \text{ W/m}^2/\text{°C}$  para un envoltorio de poliéster  
 $K = 3,7 \text{ W/m}^2/\text{°C}$  para un envoltorio de acero inoxidable  
 $K = 12 \text{ W/m}^2/\text{°C}$  para un envoltorio de aluminio  
 $P_n (W)$ : Potencia necesaria

### Potencia aportada por los componentes

#### Equipos SOCAMEC

Ver detalle de las potencias disipadas a la corriente nominal (página 101).

$$P_d = P_{nom} \times \left[ \frac{I_e}{I_{th}} \right]^2$$

$P_{nom} (W)$ : Potencia nominal  
 $P_d (W)$ : Potencia disipada a la corriente de uso  
 $I_e (A)$ : Corriente de empleo  
 $I_{th} (A)$ : Corriente nominal

### Elección del modo de regulación

#### a) Ventilación

Se debe elegir el ventilador con un caudal directamente superior al valor calculado.

$$\text{Caudal (m}^3/\text{h)} = \frac{3,1 \times P_n}{T_i \text{ máx} - T_a \text{ máx}}$$

Nota: esta solución únicamente es factible si  $T_i \text{ máx} - T_a \text{ máx} > 5 \text{ °C}$ .

#### b) Intercambiador aire/aire

Se debe elegir el intercambiador con una potencia específica directamente superior al valor calculado.

$$\text{Pot. específica (W/°K)} = \frac{P_n}{T_i \text{ máx} - T_a \text{ máx}}$$

Nota: esta solución únicamente es factible si  $T_i \text{ máx} - T_a \text{ máx} > 5 \text{ °C}$ .

#### c) Climatizador

Se debe elegir el climatizador con una potencia frigorífica directamente superior a la potencia necesaria ( $P_n$ ).

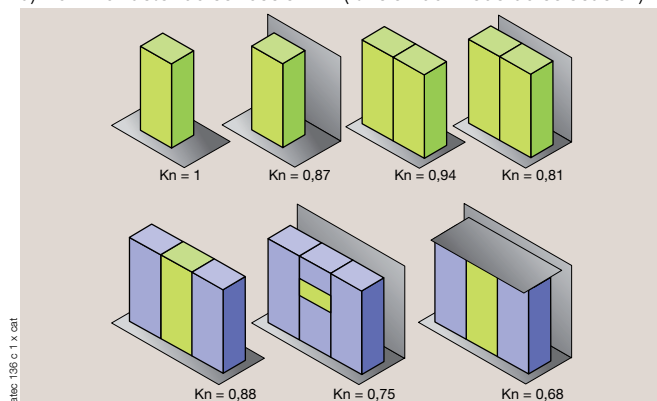
#### d) Resistencia de calentamiento

Se debe elegir la resistencia de calentamiento con una potencia directamente superior al valor calculado.

$$P_c (W) = [(T_i \text{ máx} - T_a \text{ máx}) \times K \times S] - P_n$$

### Superficie de intercambio corregida

- Definir el factor de corrección  $K_n$  (función del modo de colocación)



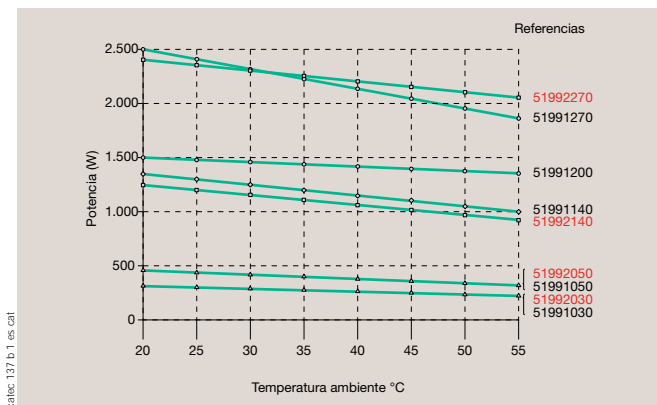
- Superficie corregida

$$S = K_n (1,8 \times H \times (L + P) + 1,4 \times L \times P)$$

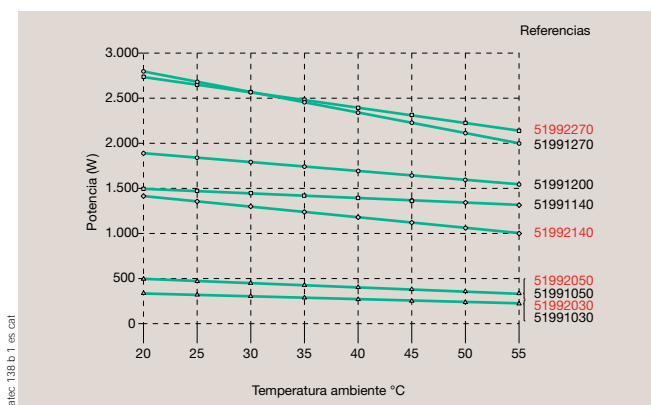
## Elección de la climatización

Las curvas siguientes determinan la elección del climatizador a partir de la temperatura deseada en el armario, de la temperatura ambiente y de la potencia necesaria (*ver cálculo en página 101*).

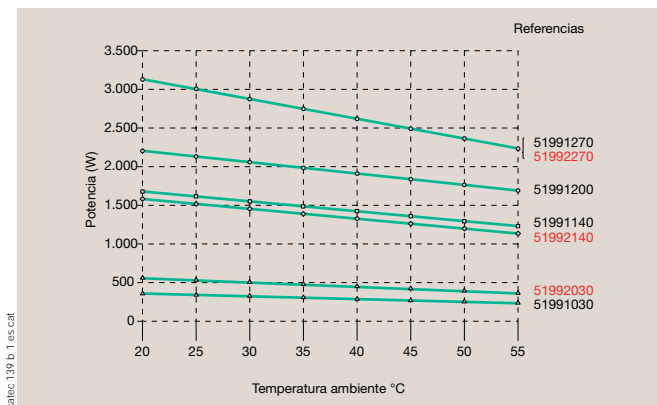
### Temperatura deseada en el armario = 25 °C



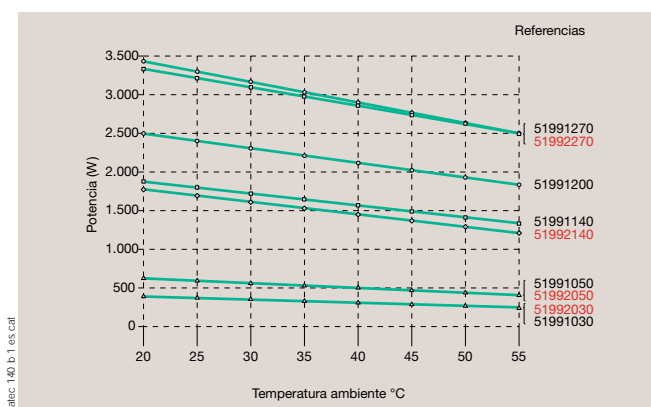
### Temperatura deseada en el armario = 30 °C



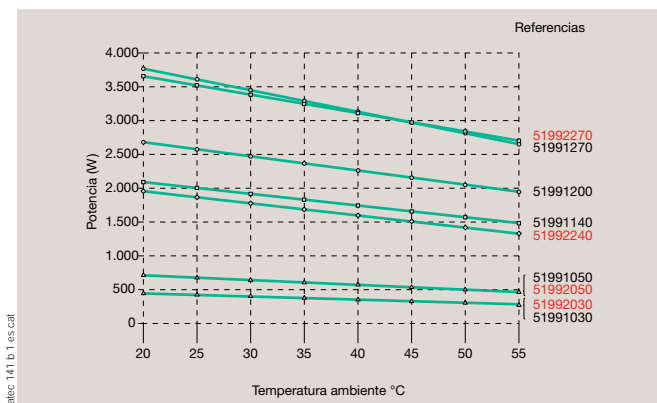
### Temperatura deseada en el armario = 35 °C



### Temperatura deseada en el armario = 40 °C



### Temperatura deseada en el armario = 45 °C



- Montaje en techado
- Montaje en fachada

#### Ejemplo

Temperatura interna máx. ( $T_i$  máx) 25 °C  
 Temperatura ambiente máx. ( $T_a$  máx) 45 °C  
 Potencia necesaria ( $P_n$ ) 2.000 W



## Selección del material de las pletinas

Cuadro A: constantes físicas del cobre y del aluminio

	Cobre	Aluminio
Normas	EN 1652/NFA 51-100	HN 63 J 60, CNET 3072.1, calidad 6101T5
Tipo	ETP-H12 (EN 1652) Cu A1 (NFA 51-100)	aleación Al Mg Con estañado 15 µm
Densidad	8.890 kg/m <sup>3</sup>	2.700 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de dilatación lineal	17 x 10 <sup>-6</sup> por °C (17 x 10 <sup>-3</sup> mm/m)	23 x 10 <sup>-6</sup> por °C (23 x 10 <sup>-3</sup> mm/m)
Resistencia mínima a la rotura	250 N/mm <sup>2</sup>	150 N/mm <sup>2</sup>
Resistividad a 20 °C	≤ 18 mW mm <sup>2</sup> /m	≤ 30 mW mm <sup>2</sup> /m
Módulo de elasticidad	120000 N/mm <sup>2</sup>	67000 N/mm <sup>2</sup>

Determinación de I<sub>cc</sub> cresta en función de I<sub>cc</sub> eficaz

Cuadro B: Según EN 61439-1

Valores eficaces de la corriente de cortocircuito	n
I ≤ 5 kA	1,5
5 kA < I ≤ 10 kA	1,7
10 kA < I ≤ 20 kA	2
20 kA < I ≤ 50 kA	2,1
50 kA < I	2,2

$$I_{cc \text{ cresta}} = n \times I_{cc \text{ ef}}$$

## Efecto térmico del cortocircuito

La corriente de cortocircuito provoca el calentamiento de las pletinas. La temperatura final de la pletina deberá ser inferior a 160 °C para que no deteriore el soporte de pletina. El esfuerzo térmico deberá ser el siguiente:

$$(I_{cc})^2 \times t \leq K_E^2 S^2$$

*I<sub>cc</sub>*: corriente de cortocircuito eficaz en A.

*t*: duración del cortocircuito (generalmente igual al tiempo de corte del dispositivo de protección).

*S*: sección de la pletina en mm<sup>2</sup>.

*K<sub>E</sub>*: coeficiente atribuido por la cuadro C en función de la temperatura Tf de la pletina en funcionamiento normal (antes del cortocircuito).

Cuadro C

Tf	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
KE	89,2	84,7	80,1	75,4	70	65,5	60,2	54,6	48,5	41,7

## Pares electroquímicos

Para evitar calentamientos excesivos debido a los pares electroquímicos (corrosión) habrá que evitar que se conecten los conductores con potenciales electroquímicas superiores a 300 mV (ver cuadro D).

Cuadro D

	Plata	Cobre	Aluminio	Estaño	Acero	Latón	Níquel
Plata	sí	sí	no	no	no	sí	sí
Cobre	sí	sí	no	sí	no	sí	sí
Aluminio	no	no	sí	sí	sí	no	no
Estaño	no	sí	sí	sí	sí	sí	no
Acero	no	no	sí	sí	sí	no	no
Latón	sí	sí	no	sí	no	sí	sí
Níquel	sí	sí	no	no	no	sí	sí

**Ejemplo:** No se podrá conectar directamente una pletina de aluminio y una de cobre. En este caso, se necesitará intercalar, por ejemplo, una pletina de aluminio estañado:

- Aluminio/Estaño → Sí

- Estaño/Cobre → Sí

# Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI's)

Debido a la creciente automatización de los equipos, en la actualidad es necesario proteger los procesos informáticos de datos y los procesos industriales de posibles pérdidas de alimentación con la instalación de SAI's, también denominados SAI's.

La mayoría de equipos electrónicos son sensibles a las perturbaciones de tensión, tanto si se trata de un ordenador o de cualquier equipo de control numérico con microprocesador.

Este tipo de equipos necesitan un SAI para garantizar una alimentación estable y fiable y evitar así pérdidas de datos, deterioro del material o sencillamente una pérdida de control del procesos industriales costosos y a menudo peligrosos.

## Principio de funcionamiento

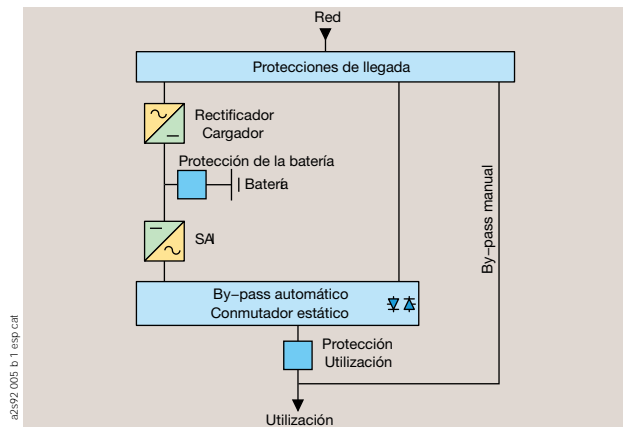
### Funciones

Un SAI tiene dos funciones principales para garantizar la protección de un equipo:

- la regulación de la salida alterna para obtener una tensión sinusoidal perfecta a la frecuencia necesaria,
- la compensación de las ausencias de red por la energía almacenada en una batería.

La entrada de un SAI va conectada a la red alterna. Un rectificador convierte la tensión alterna en tensión continua. Esta tensión continua alimenta el SAI y carga la batería.

En caso de un corte de alimentación, la batería toma el relevo y garantiza la alimentación del SAI. Éste último vuelve a convertir la tensión continua en tensión alterna perfecta. Finalmente, esta salida alterna alimenta los usos conectados.



Cuadro sinóptico de un SAI.

### Tecnología

En la parte SAI (convertidor continua/alterna), la corriente continua es convertida por un sistema de interruptores electrónicos para producir una onda alterna sinusoidal.

Gracias a que los avances de la tecnología de la conmutación en electrónica de potencia han permitido sustituir los tiristores por transistores bipolares y a continuación por IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors), ha sido posible aumentar la frecuencia de conmutación.

Los impulsos más cortos permiten una reconstitución más precisa de la sinusoide de salida, lo que permite una mejor respuesta al problema de alimentación de cargas no lineales.

### Bypass

El bypass es un interruptor estático que transfiere automáticamente los usos directamente a la red y desconecta el SAI en caso de sobrecarga (p. ej. arranque de los motores) o en caso de fallo del SAI.

La recuperación de los usos en el SAI se hace automáticamente cuando todos los parámetros están de nuevo dentro de los límites de las tolerancias definidas. El interruptor estático, compuesto por tiristores, permite una conmutación sin cortes.

Los SAI's tienen un MTBF (tiempo medio entre dos fallos) importante porque un fallo supondría a la vez un fallo del SAI y un fallo del bypass.

## Principio de funcionamiento (continuación)

### Baterías

Las baterías más utilizadas son las de plomo estancas. Este tipo de batería se puede instalar en el mismo local que el SAI. No es necesario llenar el electrolito y la batería se puede montar en racks o en armarios.

Una alternativa es la batería de plomo abierta. No obstante, ésta debe situarse en obras accesibles para permitir un llenado regular del electrolito (una vez al año). Además, la instalación requiere un local de baterías que cumpla la normativa (ventilación, etc.).

Las baterías de níquel-cadmio son más caras pero son conocidas por su larga duración y por su fiabilidad. Se suelen utilizar en aplicaciones o en entornos especialmente exigentes y se pueden montar y pueden ser instaladas en racks o en armarios.

El tamaño de la batería depende de la autonomía deseada. Suele estar entre 10 y 30 minutos. Algunas baterías permiten una autonomía bastante mayor, pueden alcanzar varias horas. En este caso, el rectificador debe dimensionarse en consecuencia.

La elección de la autonomía de la batería depende en principio del tiempo que necesita el grupo auxiliar para arrancar (teniendo en cuenta varios posibles arranques fallidos).

En caso de ausencia de grupo auxiliar, la autonomía se define con respecto al tiempo anticipado máximo de un corte de alimentación o al tiempo necesario para detener el propio equipo.

Las especificaciones de un SAI dependen de su potencia (p. ej. 20 kVA o 800 kVA), de la autonomía de la batería requerida (p. ej. 15 minutos) y de su diseño de entrada o de salida mono o trifásica. Los criterios de calidad de un SAI son los siguientes:

- su capacidad para alimentar cargas no lineales (constatación de factores de crestas de corriente importantes en la mayoría de equipos electrónicos modernos),
- sus características en materia de "contaminación" eléctrica:
  - armónicos de red que requieren un rectificador de baja reinyección,
  - emisiones electromagnéticas,
- su capacidad para filtrar de la red las perturbaciones causadas por cargas no lineales,
- su rendimiento elevado: éste depende de la tecnología de conmutación (las pérdidas de potencia son costosas). El mejor rendimiento se obtiene con el uso de la tecnología IGBT con regulación digital.

### Limitación de armónicos

La mayoría de SAI utilizan un rectificador de puente de Graetz para convertir la red alterna en continua. Éste se compone de dos tiristores por fase, lo que representa un total de seis tiristores para una entrada trifásica seguidos de un filtro.

Un rectificador de 6 pulsos clásico (cada impulso corresponde a un tiristor) genera una tasa de armónicos del orden del 30 %, en corriente en la red que lo alimenta.

Algunas configuraciones de redes de distribución de baja tensión, en particular en presencia de un grupo electrógeno, imponen limitaciones particulares en lo relativo a las reinyecciones armónicas aguas arriba del rectificador.

Para responder a estas necesidades, algunos SAI poseen una versión con rectificador "limpio" con un escaso índice de reinyección armónica. Eficaz, sólo genera un 5 % de armónicos en corriente. Esta eficacia es independiente de las posibles variaciones de las características de la red, en frecuencia e impedancia, así como del índice de uso del SAI.

La tecnología utilizada por el rectificador "limpio" lo hace compatible con los sistemas de filtrado o de compensación del factor de potencia (batería de condensadores de reajuste de fase) existentes en la red.

Por este motivo, la solución del rectificador "limpio" es especialmente adecuada para redes con grupos electrógenos.

Otra solución consiste en utilizar un rectificador de 12 pulsos de doble puente. Está compuesto por dos puentes de tiristores en paralelo (12 tiristores en total) y un transformador de entrada con un desfase de 30° entre los dos puentes lo cual reduce la distorsión de corriente a menos del 10 %.

Los rectificadores de 12, 18 o incluso de 24 pulsos (3 % de distorsión) se pueden montar fácilmente con dos o más SAI en paralelo, sólo hay que utilizar un transformador de desfase aguas arriba de cada unidad de SAI de 6 pulsos.

El filtro pasivo a menudo se ofrece como alternativa con un coste menor. Funciona siguiendo el principio de resonancia con una inductancia y un condensador pensados teóricamente para poder suprimir los armónicos. Además, lamentablemente, las pruebas muestran que la impedancia cambiante e inesperada de la red reduce de manera significativa la eficacia del filtro.

Peor aún, la menor variación de frecuencia de la red, como suele ocurrir con un grupo auxiliar, tiene la consecuencia de amplificar los armónicos en lugar de eliminarlos.

No obstante, precisamente cuando se utiliza un grupo auxiliar es importante limitar los armónicos.

# Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI's)

## Principio de funcionamiento (continuación)

### Cargas no lineales

La capacidad de un SAI para alimentar cargas no lineales depende de la tecnología utilizada en la parte SAI.

La mayoría de ordenadores modernos y de equipos electrónicos utilizan alimentaciones conmutadas con diodos que tiran de la corriente sólo durante una pequeña fracción del periodo. De ello pueden resultar factores de cresta de la corriente superiores a 3.

La tecnología IGBT, asociada a la regulación digital elegida por SOCOMEC UPS, es la que permite la mejor adaptación de un SAI a la alimentación de cargas no lineales.

Es importante asociar el factor cresta que se va alimentar con la tensión de distorsión. La tensión de distorsión máxima admisible correspondiente (algunos SAI pueden proporcionar crestas de corriente pero a costa de una tensión distorsionada, lo que no es admisible para numerosas cargas).

*Ejemplo: factor de cresta de 3,0 con menos del 3 % de distorsión en carga.*

### Reducción de las perturbaciones electromagnéticas

Las normas relativas a las perturbaciones electromagnéticas cada vez son más estrictas en la mayoría de equipos eléctricos, incluidos los SAI's. Las perturbaciones pueden ser conducidas aguas arriba o abajo mediante cables eléctricos. Para atenuarlas hay filtros especiales.

Las perturbaciones electromagnéticas también pueden ser emitidas afectando así a otros equipos electrónicos.

La estructura mecánica de los SAI's SOCOMEC UPS se basa en el principio de la jaula de Faraday y se filtran todos los accesos. El conjunto cumple las normas civiles o militares en materia de CEM (compatibilidad electromagnética).

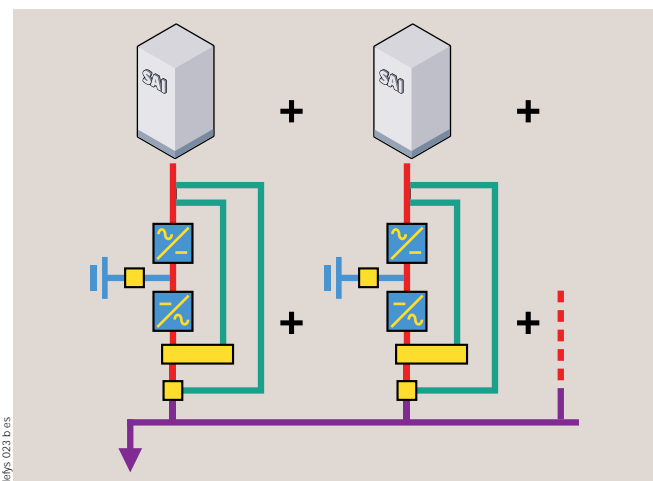
### SAI's en paralelo

La puesta en paralelo de dos o varios SAI's permite aumentar la potencia suministrada o garantizar la redundancia. Existen varias posibilidades para la disposición de SAI's en paralelo.

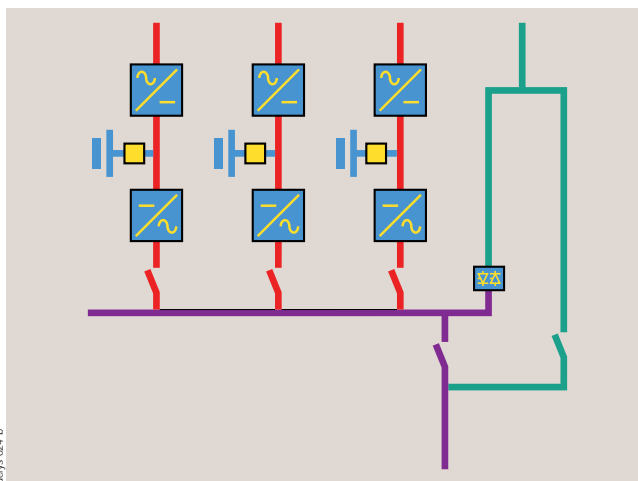
Es un concepto modular según el cual cada SAI tiene su propio bypass. Ofrece una gran flexibilidad porque permite añadir módulos posteriormente para aumentar la potencia sin redimensionar el bypass centralizado.

El acoplamiento a un armario bypass centralizado utiliza un conmutador estático para la potencia inicial del sistema con una capacidad de cortocircuito elevada.

Esta arquitectura está adaptada para la ampliación de potencia y permite garantizar la redundancia del sistema.



SAI's en paralelo modular.



SAI's en paralelo con bypass centralizado.

## Principio de funcionamiento (continuación)

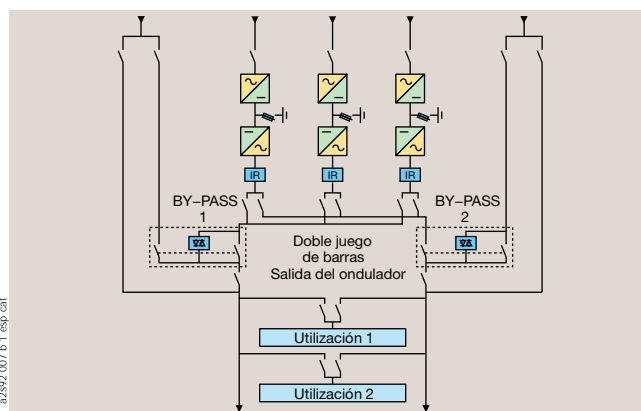
### Doble embarrado en la salida

La mayoría de los grandes sistemas incorporan dos SAI's o más en paralelo con dos o varias cargas.

Otra opción que puede resultar muy útil es el doble embarrado de salida con uno o incluso dos bypass.

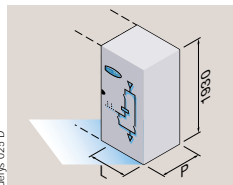
Este sistema permite una mayor flexibilidad para:

- conectar cualquier SAI a cualquier carga,
- conectar un nuevo equipo a un SAI garantizando una independencia total con respecto a la carga inicial que sigue siendo alimentada por el otro SAI (así se evitan posibles cortocircuitos en el nuevo equipo que afectarían al equipo existente),
- disponer de circuitos dobles de distribución y reducir así de manera significativa el MTTR (tiempo medio para reparar) en caso de cortocircuito.



Redundancia por doble embarrado.

### Bypass múltiple



SAI's en paralelo modular.

Para una mayor flexibilidad de utilización, la solución exclusiva SOCOMEC UPS realiza la separación funcional de los grupos de uso, la descarga selectiva para favorecer los usos más críticos, el mantenimiento selectivo, la ampliación progresiva y fraccionada, la elección del calibre de cada bypass.

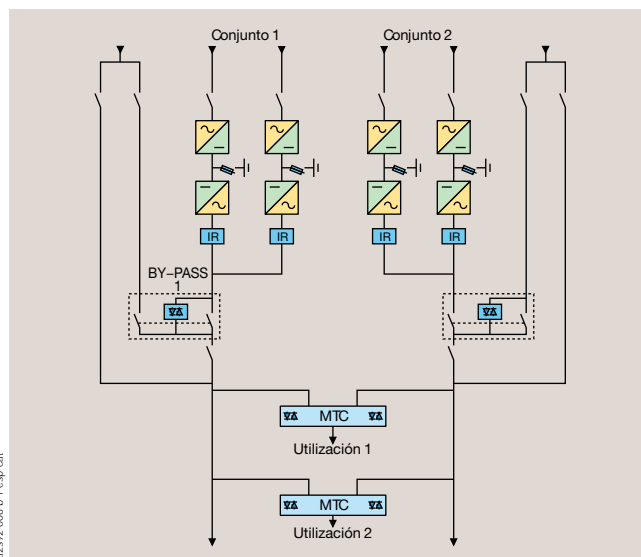
### Módulo de transferencia de carga (MTC)

En algunos equipos electrónicos sensibles como los conectados al sistema de seguridad de un proceso industrial es necesario prever fuentes SAI totalmente redundantes. Ello significa dos SAI's separados y dotados cada uno de un bypass propio y de dos sistema de distribución separados.

Para ello, SOCOMEC UPS ha desarrollado un módulo de transferencia de carga inteligente (MTC), capaz de detectar un fallo de alimentación y de transferir automáticamente la carga de una fuente a otra sin cortes utilizando un conmutador estático. Se garantiza una redundancia total, incluso en caso de fallo grave de la segunda fuente (cortocircuito, incendio, etc.).

Se puede alimentar un número importante de usos electrónicos sensibles cada uno con su módulo de transferencia de carga con el mismo doble sistema de distribución redundante.

Los módulos de transferencia de carga se usan con mucho éxito en el sector servicios (bancos, aseguradoras, etc.) y en la industria (tratamiento de residuos nucleares, salas de control de refinerías, transmisiones de telecomunicación por satélite, etc.).



Redundancia total con módulos de transferencia de carga.

### Diseños particulares

Los SAI's se utilizan en ciertos entornos industriales, algunos muy exigentes.

A continuación encontrará algunos ejemplos reales de aplicación de SOCOMEC UPS:

- refuerzo especial antisísmico en centrales nucleares,
- armarios resistentes a explosiones para SAI's integrados en barcos de la Marina nacional francesa,
- máquinas estancas al polvo y a líquidos para plantas industriales expuestas,
- unidades en shelter para el transporte aeroportado,
- SAI's protegidos contra la humedad en plataformas petroleras off-shore.

# Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI's)

## Comunicación

### Telegestión

#### Una opción completa para comunicar

En la actualidad, los SAI's se integran en la cadena de equipos industriales o considerados como auténticos periféricos informáticos. Para ello, los SAI's deben comunicar su estado y datos eléctricos. Se utilizan distintos interfaces y software.

### Caja de telegestión

#### Teleseñalización y telecontrol cerca del usuario

Instalada en el local técnico o cerca del sistema informático, una caja con pantalla-teclado permite acceder a las funciones del cuadro de control del SAI.

### Contactos de teleseñalización

#### Transferencia a distancia de los estados y la gestión de las informaciones externas

Los SAI's ponen a disposición de los usuarios contactos "todo o nada" configurables a partir del conjunto de datos disponibles en el equipo. Hay entradas de datos externos disponibles para gestionar el funcionamiento con un grupo electrógeno (desincronización), la desconexión de carga de batería, desconexión de emergencia y otras posibilidades configurables.

### Conexión de serie

#### Comunicación de todos los parámetros y órdenes

La conexión serie establece la comunicación con los sistemas GTC (Gestión Técnica Centralizada). Todos los datos de la base de datos de los SAI's, estados, mediciones, alarmas y controles se transmiten por una conexión de serie RS-232, RS-422, RS-485 protocolo JBUS/MODBUS.

### Comunicación con los servidores

#### Apagado automático de los sistemas de utilización

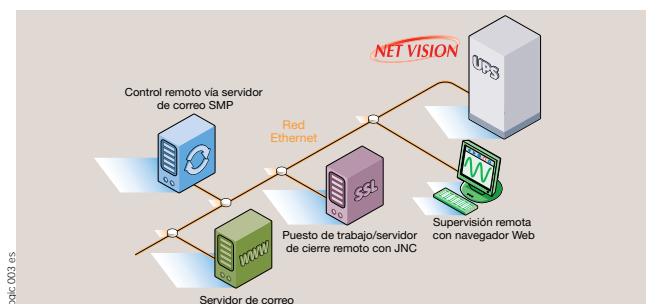
Los SAI's asociados al software UPS VISION, dialogan con los equipos informáticos. En caso de ausencia de red eléctrica, los usuarios serán avisados del funcionamiento con batería. Antes de que se agote la autonomía, el UPS VISION desconectará limpiamente los sistemas de explotación. El agente SNMP de UPS VISION permite vigilar el SAI igual que cualquier otro periférico de una red informática.

### Conexión a las redes

#### Conexión directa a Ethernet

NET VISION permite conectar directamente el SAI a una red ETHERNET como periférico inteligente vigilado por un protocolo estándar de administración SNMP. Facilita acceso a datos en forma de páginas HTML con un cuadro sinóptico animado por una aplicación JAVA.

A partir de un navegador INTERNET (WEB Browser), el administrador de red en INTRANET puede configurar, supervisar y administrar el SAI. NET VISION también garantiza la función de desconexión automática de los sistemas de explotación de los servidores.





# Socomec cerca de usted

## ESPAÑA

### BARCELONA

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
C/Nord, 22 Pol. Ind. Buvisa  
08329 Teià (Barcelona)  
Tel. +34 93 540 75 75  
Fax +34 93 540 75 76  
info.es@socomec.com

### MADRID

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
C/ Mar Mediterráneo, 2, local 1  
28830 San Fernando de Henares (Madrid)  
Tel. +34 91 526 80 70  
Fax +34 91 526 80 71  
info.es@socomec.com

## EN EUROPA

### ALEMANIA

Critical Power  
info.ups.de@socomec.com  
Power Control & Safety / Energy Efficiency  
info.scp.de@socomec.com

### BÉLGICA

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.be@socomec.com

### ESLOVENIA

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.si@socomec.com

### FRANCIA

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
dcm.ups.fr@socomec.com

### ITALIA

Critical Power  
info.ups.it@socomec.com  
Power Control & Safety / Energy Efficiency  
info.scp.it@socomec.com

### PAÍSES BAJOS

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.nl@socomec.com

### POLONIA

Critical Power  
info.ups.pl@socomec.com  
Power Control & Safety / Energy Efficiency  
info.scp.pl@socomec.com

### PORTUGAL

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.ups.pt@socomec.com

### REINO UNIDO

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.uk@socomec.com

### RUMANIA

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.ro@socomec.com

### SUIZA

Critical Power  
info@socomec.ch

### TURQUÍA

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.tr@socomec.com

## EN ASIA - PACÍFICO

### AUSTRALIA

Critical Power / Power Control & Safety  
info.ups.au@socomec.com

### CHINA

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.cn@socomec.com

### INDIA

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.in@socomec.com

### SINGAPUR

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.sg@socomec.com

### TAILANDIA

Critical Power  
info.ups.th@socomec.com

## EN ORIENTE MEDIO

### EMIRATOS ÁRABES UNIDOS

Critical Power / Power Control & Safety /  
Energy Efficiency  
info.ae@socomec.com

## EN AMÉRICA

### EEUU, CANADÁ Y MÉXICO

Power Control & Safety / Energy Efficiency  
info.us@socomec.com

## OTROS PAÍSES

### ÁFRICA DEL NORTE

Argelia / Marruecos / Túnez  
info.naf@socomec.com

### ÁFRICA

Otros países  
info.africa@socomec.com

### EUROPA DEL SUR

Chipre / Grecia / Israel / Malta  
info.se@socomec.com

### SUDAMÉRICA

info.es@socomec.com

### MÁS DETALLES

www.socomec.es/worldwide

## SEDE CENTRAL

### GRUPO SOCOMECC

SAS SOCOMECC con un capital social de 10 678 740 €  
R.C.S. Strasbourg B 548 500 149  
B.P. 60010 - 1, rue de Westhouse  
F-67235 Benfeld Cedex - FRANCE  
Tel. +33 3 88 57 41 41  
Fax +33 3 88 74 08 00  
info.scp.isd@socomec.com

## SU DISTRIBUIDOR

www.socomec.es

your energy  
our expertise



ENERGY  
SPECIALIST  
SINCE 1922

**socomec**  
Innovative Power Solutions