

SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE BAJA TENSION REBT

ITC-BT01 ASPECTOS GENERALES
ITC-BT02 NORMAS DE REFERENCIA

INSTALADORAS

ITC-BT03 EMPRESAS INSTALADORAS
ITC-BT04 DOCUMENTACION
ITC-BT05 INSPECCIONES

REDES DE DISTRIBUCIÓN

ITC-BT06 REDES AÉREAS
ITC-BT07 SUBTERRÁNEAS
ITC-BT08 NEUTRO Y MASAS
ITC-BT09 ALUMBRADO EXTERIOR
ITC-BT10 PREVISION CARGAS BT
ITC-BT11 ACOMETIDAS

ENLACE

ITC-BT12 ESQUEMAS
ITC-BT13 CAJAS PROTECCION
ITC-BT14 LGA
ITC-BT15 DERIVACIÓN
ITC-BT16 CONTADORES
ITC-BT17 MANDO Y PROTECCIÓN

INSTALACIÓN

ITC-BT18 PUESTA A TIERRA
ITC-BT19 GENERAL
ITC-BT20 STMAS. DE INSTALACIÓN
ITC-BT21 TUBOS, CANALES

INTERIORES

ITC-BT22 SOBREINTENSIDADES
ITC-BT23 SOBRETENSIONES
ITC-BT24 PROTECCIÓN CONTACTO
ITC-BT25-27 VIVIENDAS

ESPECIALES

CT-BT28-29-30 LOCALES PÚBLICOS
ITC-BT31-35 FINES ESPECIALES
ITC-BT36 MUY BAJA TENSIÓN
ITC-BT37 TENSIONES ESPECIALES
ITC-BT38 QUIRÓFANOS
ITC-BT39 GANADO
ITC-BT40 GENERADORAS BT
ITC-BT41 CARAVANAS
ITC-BT42 PUERTOS Y BARCOS

RECEPTORES-CONSUMIDORES

ITC-BT43 PRESCRIPCIONES
ITC-BT44 ALUMBRADO
ITC-BT45 APARATOS CALDEO
ITC-BT46 FOLIOS RADIANTES, CABLES
ITC-BT47 MOTORES
ITC-BT48 REACTANCIAS, RECTIFICADORES, CONDENSADORES
ITC-BT49 MUEBLES
ITC-BT50 SAUNAS MUEBLES
ITC-BT51 AUTOMATIZACIÓN VIVIENDAS
ITC-BT52 RECARGA VEHÍCULOS (IRVE)

Instalaciones interiores

INTERIORES

ITC-BT22 SOBREINTENSIDADES

ITC-BT23 SOBRETENSIONES

ITC-BT24 PROTECCIÓN CONTACTO

ITC-BT25-27 VIVIENDAS

Interiores

ITC-BT22 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- a. **Sobrecargas sobre el aparato** de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia
 - b. **Cortocircuitos**
 - c. **Descargas eléctricas atmosféricas**
- a. Sobrecargas sobre el aparato de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia**

El dispositivo de protección deberá de estar constituido por uno de estos tipos:

- Interruptor automático (**IA**) de corte omnipolar con curva térmica de corte
- Cortacircuito fusible

b. Cortocircuitos

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos. Si hay circuitos derivados, se admite la colocación de un dispositivo de protección en el origen de cada circuito derivado y un dispositivo de protección general para todos los circuitos derivados

- Fusibles
- Interruptor automático de corte omnipolar (**IA**)

Interiores

- Cortocircuitos, poder de corte**

El **poder de corte** de un interruptor general automático (IGA) es la corriente máxima que puede cortar y será de **4500A** como mínimo (ICT-BT17)

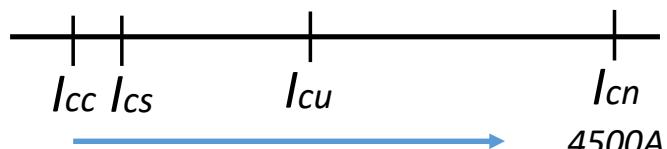
Para IA modulares UNE EN 60898 (Magnetotérmicos)	$I_{cn} > I_{cc}$ $I_{cn} = 4500A$!
Para IA de caja moldeada y de bastidor metálico	a. $I_{cu} > I_{cc}$ $I_{cu} = 4500A$	
UNE EN 60 947-2	b. $I_{cs} > I_{cc}$ $I_{cs} = 4500A$	

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito máxima prevista

I_{cs} : Poder de corte de servicio

I_{cu} : Poder de corte último asignado

I_{cn} : Poder de corte de asignado



IA de caja moldeada (MCCB) y de bastidor metálico fabricado según UNE EN 60 947-2
Son regulables en el tiempo y la intensidad.

IA modular (PIA, MCB)
(magnetotérmico)

Icc: intensidad de cortocircuito. Intensidad que circula por el circuito a proteger cuando se produce un cortocircuito

Ics: porcentaje de la Icu (25, 50, 75 o 100%), se exige que el equipo sea capaz de realizar la secuencia de maniobras en cortocircuito "A-C-A-t-C-A", con esta secuencia tendremos tres aperturas y dos cierres en cortocircuito y en las condiciones de ensayo.

Icu: es la corriente máxima de cortocircuito que el interruptor automático puede interrumpir según el ciclo "A-t-C-A" (apertura automática, un tiempo "t" y un nuevo cierre en cortocircuito seguido de apertura automática) a la tensión de empleo asignada. Sus valores están normalizados: (1,5-3-4,5- 6- 10- 1520-25) kA . Los fabricantes indican con sus tablas la variedad de valores.

Icn: intensidad de corte nominal o asignada. Máxima intensidad que el interruptor corta sin que se dañe

Interiores

- **Protección contra sobreintensidades**

Debe cumplir estas dos condiciones:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z$$

I_b : Corriente para la que se ha diseñado el circuito

I_n : Corriente asignada al dispositivo de protección

I_z : Corriente máxima admisible (según BT19)

I_2 : Corriente que asegura el corte a un tiempo predeterminado (t_c , según norma). Es un valor especificado por el fabricante, puede ser 1.30 ó 1.45 veces la corriente asignada.

En el caso de fusibles a I_2 se llama I_f

$$I_f = 1.60 I_n$$

$$I_n \geq 16A$$

$$I_f = 1.90 I_n$$

$$4A < I_n < 16A$$

$$I_f = 2.10 I_n$$

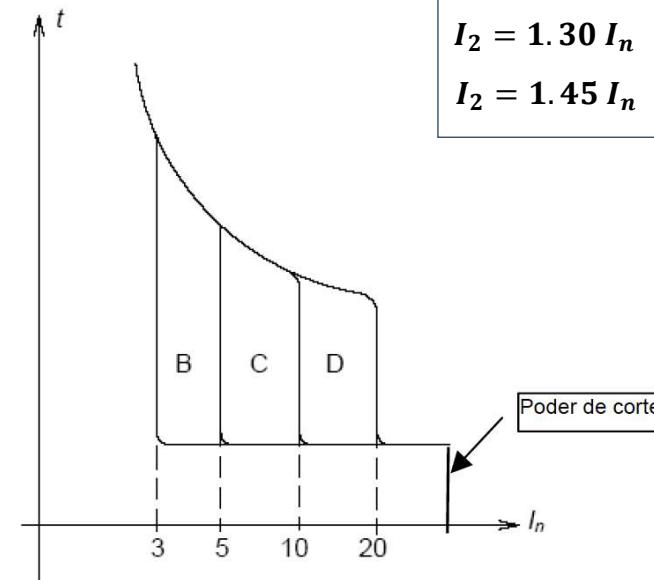
$$I_n \leq 4A$$

!

$$I_2 = 1.30 I_n$$

$$I_2 = 1.45 I_n$$

!



- Protección contra **cortocircuitos**: corriente de disparo magnético (instantáneo) I_m

Curva B: I_m entre $3I_n$ y $5I_n$

Curva C: I_m entre $5I_n$ y $10I_n$

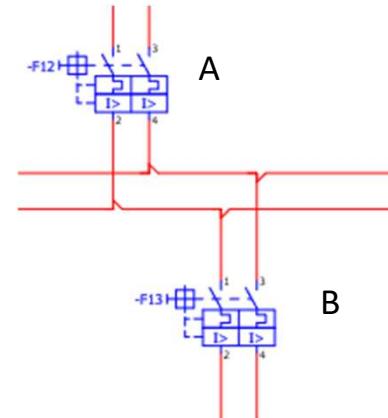
Curva D: I_m entre $10I_n$ y $20I_n$

Interiores

- Coordinación de protecciones

Grados de selectividad

- **Total:** en sobreintensidad, dispositivos de protección colocados en serie. Los dispositivos que protegen más cerca del defecto (aguas abajo) abarcan corrientes menores que los colocados lejos, aguas arriba. De manera que un fallo provoca la actuación del dispositivo de seguridad más cercano.
- **Parcial:** en sobreintensidad, dispositivos de protección colocados en serie. Los dispositivos que protegen más cerca del defecto (aguas abajo) abarcan corrientes menores que los colocados lejos, aguas arriba. De manera que, un fallo:
 - **sobreintensidades menores o iguales que la intensidad de cortocircuito**, provoca la actuación del dispositivo de seguridad más cercano.
 - **intensidades mayores que las de cortocircuito**, provocan la actuación de ambos dispositivos de protección



$$I_{nB} \leq I_{nA}$$

Interiores

- **Fusibles**

Curva de fusión de fusibles

Los fusibles se clasifican, según su curva de fusión, mediante dos letras:

1^a letra: corriente prevista donde el poder de corte está garantizado

2^a letra: categoría de empleo en función del tipo de receptor a proteger

CLASES DE CURVAS DE FUSIÓN		
Letra	g	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir todas las corrientes desde su intensidad asignada (I_n) hasta su poder de corte asignado. Cortan intensidades de sobrecarga y de cortocircuito
	a	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir las corrientes comprendidas entre el valor mínimo indicado en sus características tiempo-corriente ($K_2 I_n$) y su poder de corte asignado. Cortan solo intensidades de cortocircuito
Letra	G	Cartuchos fusibles para uso general
	M	Cartuchos fusibles para protección de motores
	Tr	Cartuchos fusibles para protección de transformadores
	B	Cartuchos fusibles para protección de líneas de gran longitud
	R	Cartuchos fusibles para la protección de semiconductores
	D	Cartuchos fusibles con tiempo de actuación retardado

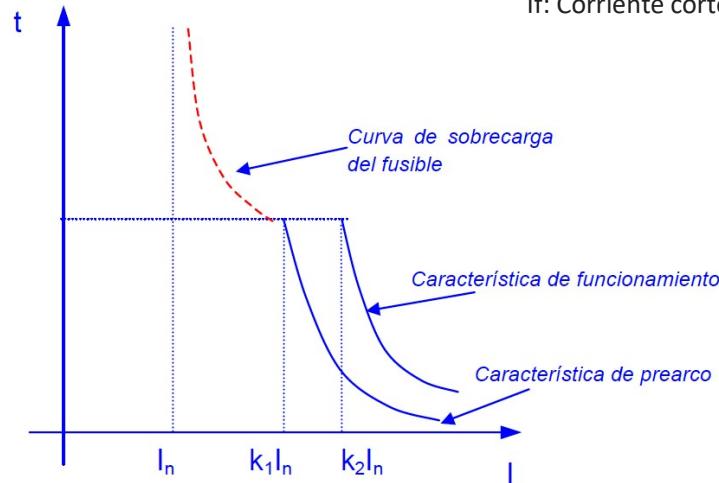
g - Fusibles de uso general. Pueden conducir en forma permanente corrientes de, como mínimo, la intensidad asignada.

Es capaz de cortar cualquier sobrecorriente que lo funda

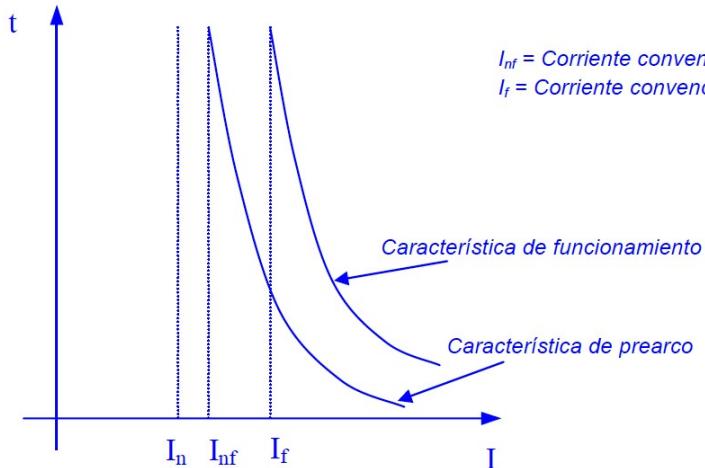
están en condiciones de interrumpir las corrientes de más pequeñas hasta llegar a su intensidad asignada de la corriente de desconexión.

a - Fusibles de acompañamiento. Para protección de equipos sensibles, donde se admiten leves sobrecargas y se requiere una respuesta rápida ante cortocircuitos.

Interiores



Tipo a. Protección cortocircuito
Fundé a partir de un múltiplo de I_n



Tipo g. Protección sobrecarga y cortocircuito. Corta a partir de I_n

Prearco: Tiempo entre el instante en que la corriente es suficiente para fundir los elementos y el instante en que se inicia el arco.

https://www.youtube.com/watch?v=IJ_ExcoglIM

Interiores

Ejemplo 1

Una línea aérea trifásica posada sobre fachada transporta 160 A con sección 3x95/50 Al ¿Qué intensidad tendrán los fusibles que la protegen?

Solución:

Redes aéreas ICT-BT-06. Posada sobre fachada, sección 3x95/50 Al: $I_{max} = 207A$

$$\begin{aligned} I_z &= I_{max} = 207A \\ I_b &= 160A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_f &\leq 1.45 I_z \\ I_f &= 1.60 I_n \end{aligned} \left\{ \begin{array}{l} I_n \leq 0.91 I_z \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} I_n &\leq 1.60 I_z \\ 160A &\leq I_n \leq 188,4A \end{aligned}$$

Ejemplo 2

Una LGA trifásica está formada por conductores de cobre con sección de 50mm², aislados con XLPE e instalados en el interior de tubos de montaje superficial. Calcular los fusibles que protegen la LGA si transporta 124A

Solución:

Redes aéreas ICT-BT-19. Para 50mm², 3xXLPE

$$\begin{aligned} I_z &= I_{max} = 145A \\ I_b &= 124A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_f &\leq 1.45 I_z \\ I_f &= 1.60 I_n \end{aligned} \left\{ \begin{array}{l} I_n \leq 0.91 I_z \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} I_n &\leq 0.91 I_z \\ 124A &\leq I_n \leq 132A \end{aligned}$$

Interiores

• Tiempo de cortocircuito para un IA

1. Intensidad de corte de IA mayor o igual que la de cortocircuito

$$I_c \geq I_{cc}$$

2. Tiempo de corte:

$$t_c \leq t_{temp\ max.admisible}$$

Tiempo máximo de duración de cortocircuito 5s



Para tiempos menores de 5s, se aplica la fórmula:

$$\sqrt{t} = k \frac{S}{I}$$

O

$$(I^2 t)_{IA} \leq (I^2 t)_{cable} = k^2 S^2$$

S: sección del cable en mm²

I: corriente de cortocircuito eficaz (en A)

t: duración del cortocircuito

K: constante del material que viene de la norma UNE-HD

60 364-4-43

Ejemplo: Calcular el tiempo máximo de duración de cortocircuito para seleccionar un IA. La corriente de corto es de 1000 A, la sección de conductor de Cu es de 7mm² con aislamiento de PVC.

$$\sqrt{t} = 115 \frac{7mm^2}{1000A} = 0.805; t=0.65s$$

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

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

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

NOTA 2 Otros valores de k están en estudio para:

- los conductores de pequeña sección (especialmente para secciones inferiores a 10mm²);
- las duraciones de cortocircuitos superiores a 5s;
- otros tipos de conexiones en los conductores;
- los conductores desnudos.

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

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

Como una restricción adicional, se puede calcular que, como mínimo, la corriente de cortocircuito sea mayor que la corriente de corte magnético del IA:

$$I_{ccmin} > I_m$$

$$I_m = 10 I_n \text{ (para IA de curva C)}$$



Interiores

- Aplicación de las medidas de protección

La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión, resumiendo los diferentes casos en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Circuitos	3 F + N								3 F		F + N		2 F		
	S _N ≥ S _F				S _N < S _F										
Esquemas	F	F	F	N	F	F	F	N	F	F	F	N	F	F	
TN - C	P	P	P	-	P	P	P	- (1)	P	P	P	P	-	P	P
TN - S	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P	P	-	P	P
TT	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P	P (2)(4)	-	P	P (2)
IT	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P	P (6)(3)	P	P (2)

NOTAS:

P: significa que debe preverse un dispositivo de protección (detección) sobre el conductor correspondiente

S_N: Sección del conductor de neutro

S_F: Sección del conductor de fase

(1): admisible si el conductor de neutro esta protegido contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase y la intensidad máxima que recorre el conductor neutro en servicio normal es netamente inferior al valor de intensidad admisible en este conductor.

(2): excepto cuando haya protección diferencial

(3): en este caso el corte y la conexión del conductor de neutro debe ser tal que el conductor neutro no sea cortado antes que los conductores de fase y que se conecte al mismo tiempo o antes que los conductores de fase.

(4): en el esquema TT sobre los circuitos alimentados entre fases y en los que el conductor de neutro no es distribuido, la detección de sobreintensidad puede no estar prevista sobre uno de los conductores de fase, si existe sobre el mismo circuito aguas arriba, una protección diferencial que corte todos los conductores de fase y si no existe distribución del conductor de neutro a partir de un punto neutro artificial en los circuitos situados aguas abajo del dispositivo de protección diferencial antes mencionado.

(5): salvo que el conductor de neutro esté protegido contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase y la intensidad máxima que recorre el conductor neutro en servicio normal sea netamente inferior al valor de intensidad admisible en este conductor.

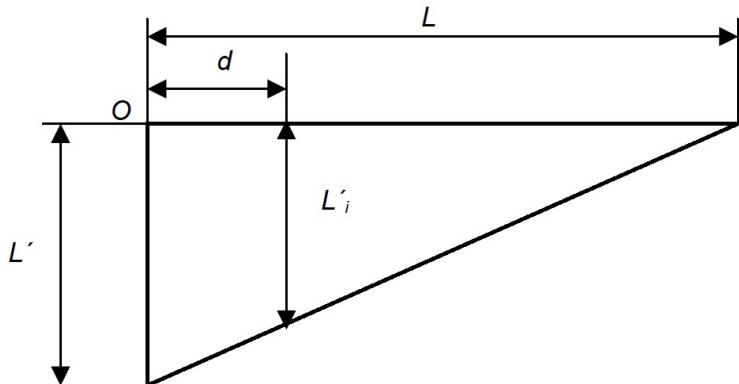
(6): salvo si el conductor neutro esta efectivamente protegido contra los cortocircuitos o si existe aguas arriba una protección diferencial cuya corriente diferencial-residual nominal sea como máximo igual a 0,15 veces la corriente admisible en el conductor neutro correspondiente. Este dispositivo debe cortar todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluido el conductor neutro.

- Los dispositivos de protección contra **sobrecargas** deben situarse en el punto en el que se produce un cambio, tal como una variación de la sección, naturaleza o sistema de instalación, que produzca una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores
 - Por razones de seguridad, es posible omitir la protección contra sobrecargas en circuitos en los que una desconexión imprevista puede originar un peligro
 - Por ejemplo: circuitos de seguridad, extinción de incendios, circuitos de electroimanes de elevadores, grúas, etc.
- Los dispositivos de protección contra **cortocircuitos** deben situarse en el punto en el que se produce un cambio, tal como una variación de la sección, naturaleza o sistema de instalación, que produzca una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, salvo cuando otro dispositivo situado aguas arriba posea una característica tal que proteja contra cortocircuitos aguas abajo del cambio

Interiores

- **Método gráfico de protección de líneas para cortocircuitos (GUIA-BT-22)**

Método para determinar la necesidad de instalar una protección contra cortocircuitos en circuitos derivados de una línea principal. Se utiliza en circuitos en los que se omite la protección de sobrecarga pero es necesaria la comprobación de cortocircuitos.



- O origen del circuito principal
 d distancia entre el origen del circuito principal y el origen del circuito derivado.
 L longitud máxima del circuito principal de sección S_1 .
 L' longitud máxima de un circuito derivado con origen en el punto O y de sección S_2 .
 L'_i longitud máxima de un circuito derivado con origen a una distancia "d" del punto O y de sección S_2 .

Para monofásicos o trifásica con neutro:

$$L = \frac{0,8 \cdot U \cdot S_F \cdot \gamma}{I_m} \cdot \left(\frac{1}{1+m} \right)$$

Para trifásica sin neutro

$$L = \frac{0,8 \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot S_F \cdot \gamma}{2 \cdot I_m}$$

$$m = \frac{S_F}{S_N}$$

Siendo:

U tensión Fase-Neutro
 S_F sección del conductor de fase del circuito principal (S_{F1} para L) o de la derivación (S_{F2} para L')
 S_N sección del conductor neutro del circuito principal (S_{N1} para L) o de la derivación (S_{N2} para L')

γ conductividad del conductor en caliente.
 Para el cobre, a 20°C, $\gamma_{Cu} = 56 \Omega^{-1} \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}$. Las normas de cálculo de cortocircuitos consideran una temperatura del conductor en cortocircuito de 145°C, lo que equivale a dividir el valor de la conductividad a 20°C por 1,5. No obstante, se pueden justificar otros valores si se calcula la temperatura máxima probable de conductor teniendo en cuenta el tiempo de actuación de las protecciones de sobreintensidad.

I_m corriente que provoca el disparo en 5 segundos; para los IA se recomienda utilizar el valor de intensidad de disparo magnético.

Interiores

Ejemplo:

Suponemos un circuito monofásico para alumbrado con las siguientes secciones de cobre y con secciones de neutro iguales a las de la fase:

Círculo principal: $S_{F1} = S_{N1} = S_1 = 2.5 \text{ mm}^2$

$U = 230V$

Derivaciones: $S_{F2} = S_{N2} = S_2 = 1.5 \text{ mm}^2$

$$S_F = 2.5 \text{ mm}^2$$

$$\gamma = \frac{56}{1.5}$$

- Se quiere instalar una derivación para luminaria cada 10m a lo largo de un local, siendo 5 el total de derivaciones y estando la primera derivación a 10m del origen
- La protección se efectúa mediante un magnetotérmico con intensidad nominal de 16 A y curva C

$I_m = 10 \text{ A}$ $I_n = 160 \text{ A}$

$m=1$

1- Longitud máxima del circuito principal L:

$$L = \frac{0.8 U S_F \gamma}{I_m} \left(\frac{1}{1+m} \right) = \frac{0.8 \cdot 230 \cdot 2.5 \cdot \frac{56}{1.5}}{160} \left(\frac{1}{2} \right) = 53.7 \text{ m}$$

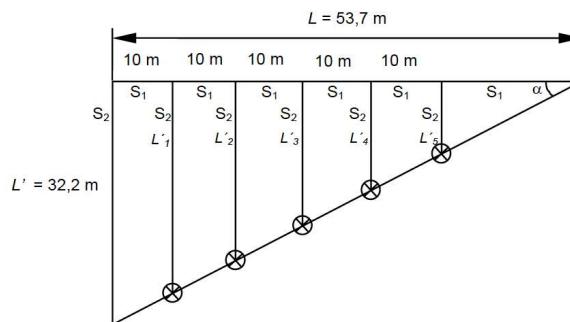
2- Longitud máxima del circuito secundario L' :

$$L' = \frac{0.8 U S_F \gamma}{I_m} \left(\frac{1}{1+m} \right) = \frac{0.8 \cdot 230 \cdot 1.5 \cdot \frac{56}{1.5}}{160} \left(\frac{1}{2} \right) = 32.2 \text{ m}$$

3- Obtenemos el triángulo a partir de L' y L:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{L'}{L} \right) \approx 31^\circ$$

4- Por trigonometría obtenemos la longitud de los ramales



$$L'_1 = (53.7 - 10) \operatorname{tg} 31^\circ = 26.2 \text{ m}$$

$$L'_2 = (53.7 - 20) \operatorname{tg} 31^\circ = 20.2 \text{ m}$$

$$L'_3 = (53.7 - 30) \operatorname{tg} 31^\circ = 14.2 \text{ m}$$

$$L'_4 = (53.7 - 40) \operatorname{tg} 31^\circ = 8.2 \text{ m}$$

$$L'_5 = (53.7 - 50) \operatorname{tg} 31^\circ = 2.2 \text{ m}$$

Interiores

ITC-BT23 Protección contra sobretensiones

Protección de las instalaciones eléctricas interiores contra las sobretensiones transitorias que se transmiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, commutaciones de redes y defectos en las mismas. La incidencia que la sobretensión puede tener en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio es función de:

- La coordinación del aislamiento de los equipos
- Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones, su instalación y su ubicación.
- La existencia de una adecuada red de tierras.

Categoría I

Se aplica a los equipos **muy sensibles** a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija. En este caso, las medidas de **protección** se toman **frente** a los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

Ejemplo: ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.

Categoría II

Se aplica a los equipos que se conectan a una **instalación eléctrica fija**.

Ejemplo: electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares.

Categoría III

Otros equipos para los cuales se requiere un **alto nivel de fiabilidad**.

Ejemplo: armarios de distribución, embarrados, aparmenta (interruptores, seccionadores, tomas de corriente...), canalizaciones y sus accesorios (cables, caja de derivación...), motores con conexión eléctrica fija (ascensores, máquinas industriales...), etc.

Categoría IV

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

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

Tabla 1

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN		TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSOS 1,2/50 (kV)			
SISTEMAS TRIFÁSICOS	SISTEMAS MONOFÁSICOS	CATEGORÍA IV	CATEGORÍA III	CATEGORÍA II	CATEGORÍA I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000	— —	8	6	4	2,5

Tabla 1. Impulso en tensión de 1,2/50: 1.2us de subida hasta la mitad de la tensión soportada y 50us de bajada

Interiores



Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la **tabla 1**, según su categoría.

Tipos de sobretensiones:

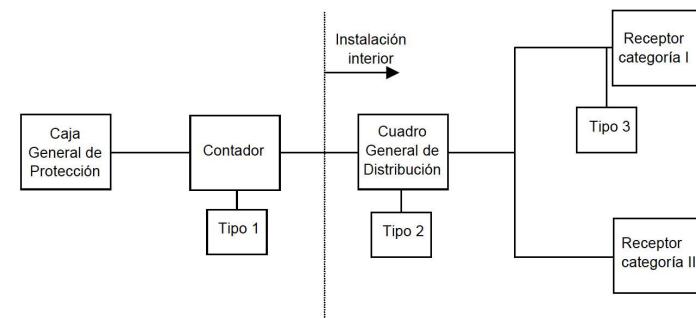
- **Situación natural:** no precisa una protección adicional, cuando el riesgo sea aceptable. Con la protección de los conductores (**tabla 1**) es suficiente. Por ejemplo, sobretensiones por tormentas eléctricas
- **Situación controlada:** es necesaria protección adicional. Es necesario asegurar el servicio en sobretensiones permanentes y/o transitorias. Se utilizan descargadores o limitadores

	<i>Tipo 1</i>	<i>Tipo 2</i>	<i>Tipo 3</i>
<i>Capacidad de absorción de energía</i>	<i>Muy alta - Alta</i>	<i>Media - Alta</i>	<i>Baja</i>
<i>Rapidez de respuesta</i>	<i>Baja - Media</i>	<i>Media - Alta</i>	<i>Muy alta</i>
<i>Origen de la sobretensión</i>	<i>Impacto directo de rayo</i>	<i>Sobretensiones de origen atmosférico y conmutaciones, conducidas o inducidas</i>	

Tipo 1: Descargadores corriente de rayo. Protección basta. Dispositivos descargadores de arco o de gas, de conmutación de tensión

Tipo 2: Segundo escalón de protección. Complementan tipo 1. Aportan una salida de tensión compatible con la mayoría de receptores

Tipo 3: Protección fina. 8/20us. Protegen dispositivos sensibles. Se colocan en equipos distanciados 20m de protección tipo 2.



Interiores

Varistor: Componente eléctrico similar al diodo que se utiliza como protección de sobretensiones. La resistencia del varistor disminuye con la tensión, es por ello que se colocan en paralelo con el circuito a proteger y se conectan a tierra

- Tensiones normales o pequeñas: mucha resistencia, no circula corriente
- Tensiones grandes: poca resistencia, mucha intensidad y derivación a tierra



Varistor de potencia



Varistor



Características de los descargadores

- I_{imp} : Corriente de choque de rayo: valor máximo de intensidad de impulso (10/350 us) que un tipo 1 puede derivar repetidas veces
- I_{max} : valor máximo de intensidad de impulso (8/20 us) que un tipo 2,3 puede derivar una única vez sin estropearse
- I_n : valor máximo de intensidad de impulso (8/20 us) que un tipo 2,3 puede derivar sin estropearse
- U_c : tensión máxima de servicio permanente. Tensión eficaz máxima que puede aplicarse de forma continua sobre el descargador
- U_p : Nivel de protección. Tensión máxima momentánea que aparece en el descargador cuando ya ha funcionado. Capacidad de limitar la sobretensión.
- Capacidad de desconexión: corriente de cortocircuito a 50Hz que un descargador puede anular automáticamente, evitando la interrupción de suministro eléctrico.

Interiores

ITC-BT24 Protección contra contactos directos e indirectos

• Protección contra contactos directos

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Salvo indicación contraria, los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la Norma UNE 20.460-4-41, que son habitualmente:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

1. Protección por aislamiento de las partes activas

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Las pinturas, barnices, lacas y productos similares no se considera que constituyan un aislamiento suficiente en el marco de la protección contra los contactos directos.

Interiores



2. Protección por barreras o envolventes

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección **IPXXB, según UNE 20 324**

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección **IP4X o IPXXD**

Cuando sea necesario suprimir barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no deberá ser posible más que:

- bien con ayuda de una **llave o herramienta**
- o bien, después de **quitar tensión** de las partes activas protegidas, no pudiendo restablecer la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o envolventes
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera IP2X o IPXXB que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o herramienta

3. Protección por medio de obstáculos

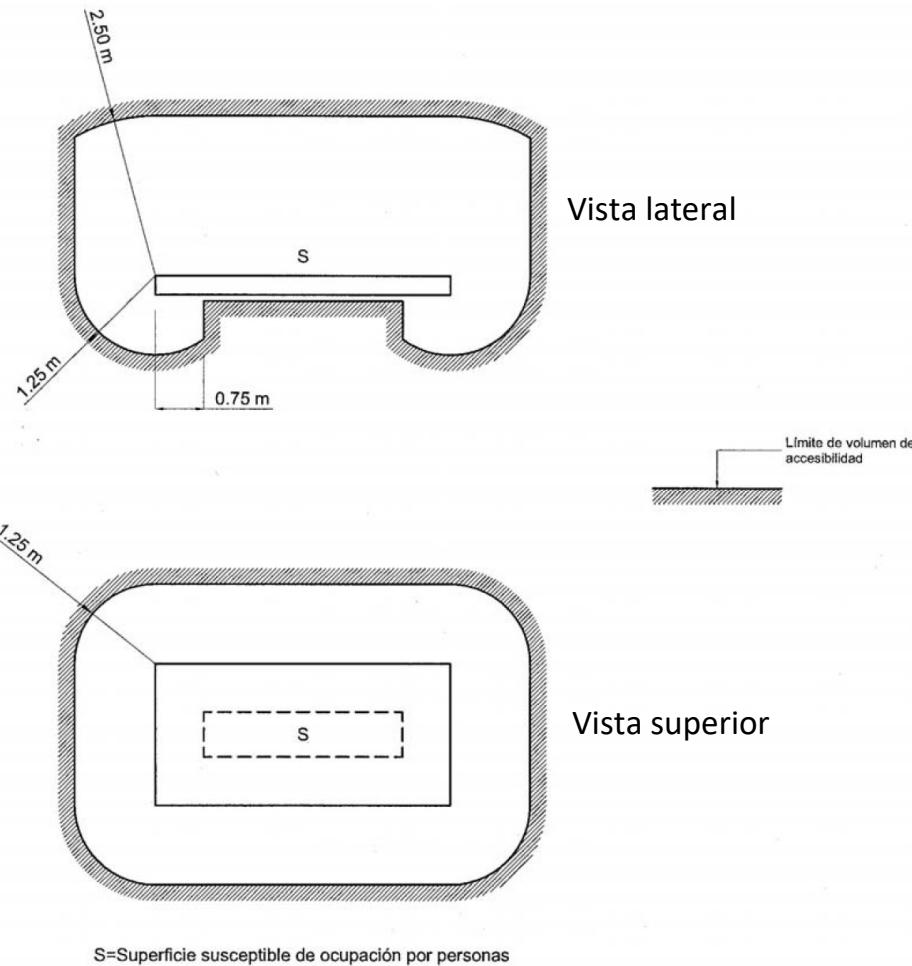
Aplicable a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado. Los obstáculos deben impedir contacto fortuito con las partes activas. Deben impedir:

- un acercamiento físico no intencionado a las partes activas
- contactos no intencionados con las partes activas en el caso de intervenciones en equipos bajo tensión durante el servicio

Interiores

4. Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento

Aplicable a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado. La puesta fuera de alcance debe impedir contacto fortuito con las partes activas. El volumen de accesibilidad viene definido en UNE 21 302, en la imagen de la derecha se muestra dicho volumen, en una vista lateral y otra superior



5. Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual

Complemento de otras medidas de protección contra los contactos directos.

Los dispositivos de protección de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a **30mA**, se reconoce como media de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos.

La utilización de estos dispositivos requiere la utilización de las medidas de protección enunciadas en los puntos anteriores.

Interiores

- **Protección contra contactos indirectos**

1. Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se adecúa a los esquemas de conexión utilizados de entre los descritos en **ITC-BT08**. Es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

- “**Bucle de defecto**” que permita la circulación de defecto. El bucle depende del sistema de conexión TT, TN o IT e implica la unión de todas las masas y la conexión a tierra
- De acuerdo con el esquema de conexión a tierra seleccionar el dispositivo de protección apropiado. **Debe asegurarse una resistencia a tierra pequeña.**

Corriente diferencial-residual $I_{\Delta n}$: Es la corriente que circula cuando se produce un contacto de un conductor activo con masa o derivación a tierra. Es la suma algebraica de los valores instantáneos de las corrientes que circulan a través de todos los conductores activos de un circuito, en un punto de una instalación eléctrica (suma de fases + neutro, el neutro tiene valor negativo). Es un valor muy cercano a cero.

Los valores **normalizados** de la corriente diferencial-residual $I_{\Delta n}$, según UNE EN 61008, UNE EN 61009 y UNE EN 60947-2, son : 6 mA, **10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, 500 mA, 1 A, 3 A, 10 A, 30 A.**

Valores de tensión límite de contacto (U) e $I_{\Delta n}$:

- Interiores viviendas (ICT-BT25): **30mA**, la tensión límite convencional es **24 V**
- Instalaciones en locales secos industriales: **300mA**, la tensión límite convencional es **50 V**
- El **umbral de disparo** del dispositivo de protección estará en el rango: de **0.5 $I_{\Delta n}$ a $I_{\Delta n}$**



Ejemplo

¿Cuándo empieza a actuar un DDR de $I_{\Delta n}=300mA$?
Comienza a actuar cuando se produce una derivación o defecto de $I_d = 150mA$

Interiores

a. Esquemas TN

Una **puesta a tierra múltiple**, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra. Por la misma razón, se recomienda **conectar el conductor de protección a tierra** en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.

Las secciones de los conductores y el dispositivo de protección se seleccionan de manera que se cumpla:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Z_s : impedancia del bucle de defecto
(sección cables, impedancias conductor activo y protección)

I_a : corriente de disparo que asegura un tiempo de desconexión (ver *Tabla 1*)

U_0 : tensión fase – neutro

Tabla 1

U_0 (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Elementos de protección:

- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.
- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Producto	Norma de aplicación
Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogos para la protección contra sobreintensidades (IA modulares o magnetotérmicos)	UNE-EN 60898 (serie)
Interruptores automáticos (asociado a disparadores de sobrecarga y cortocircuito)	UNE-EN 60947-2
Fusibles	UNE-EN 60269 (serie)
Fusibles de baja tensión. Fusibles a ser utilizados por personas autorizadas (fusibles para usos principalmente industriales).	UNE 21103-2-1
Interruptores diferenciales (uso doméstico o análogo)	UNE-EN 61008 (serie)
Interruptores diferenciales con dispositivo de protección contra sobreintensidades incorporado (uso doméstico o análogo)	UNE-EN 61009 (serie)
Interruptores diferenciales (uso industrial u otras aplicaciones)	UNE-EN 60947-2

Interiores

Figura 2. Esquema TN-C

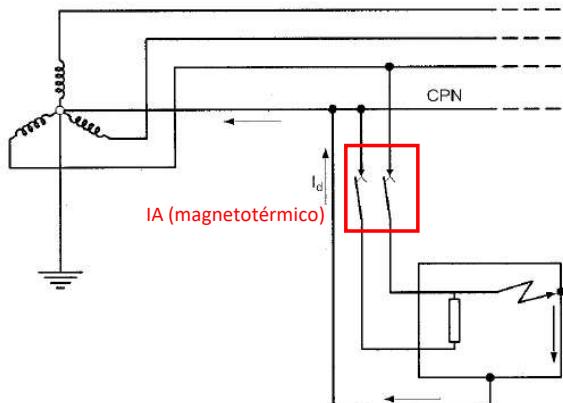
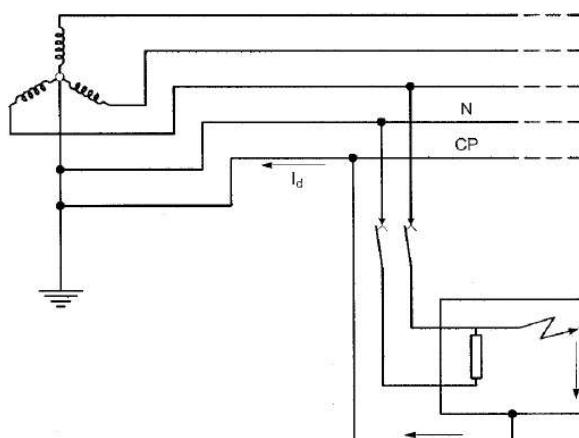


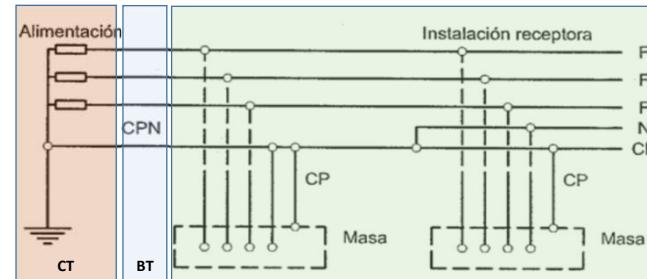
Figura 3. Esquema TN-S



TN-C: Cuando el conductor neutro y el **conductor de protección sean comunes, no podrá utilizarse dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.** Se utilizan magnetotérmicos.

TN-S: Se utilizan magnetotérmicos y/o detección de corriente diferencial-residual

TN-C-S: Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual en esquemas TN-C-S, no debe utilizarse un conductor CPN aguas abajo. **La conexión del conductor de protección al conductor CPN debe efectuarse aguas arriba del dispositivo de protección de corriente diferencial-residual.**



Esquema TN-C-S

Interiores

b. Esquemas TT

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo. El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra. Se cumplirá la siguiente condición:

donde:

$$R_A \times I_a \leq U$$

R_A : es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

I_a : corriente de disparo del dispositivo de seguridad. Es la corriente residual

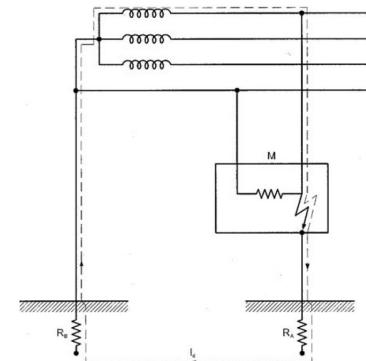
U : tensión de contacto máxima admisible. Se define como 50V, 24V etc, según condiciones humedad, persona, resistencia a tierra, etc.

Se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- Dispositivos de protección de **corriente diferencial-residual**.
- Dispositivos de protección de **máxima corriente**, tales como fusibles, interruptores automáticos. Estos dispositivos solamente son aplicables cuando la resistencia R_A tiene un valor muy bajo (tiempo de corte de 5s como máximo)



Producto	Norma de aplicación		
Interruptores diferenciales (uso doméstico o análogo)	UNE-EN 61008 (serie)		
Interruptores diferenciales con dispositivo de protección contra sobreintensidades incorporado (uso doméstico o análogo)	UNE-EN 61009 (serie)		
Interruptores diferenciales (uso industrial u otras aplicaciones)	UNE-EN 60947-2		
Tiempo máximo de corte (s)	I_{dn}	$2I_{dn}$	$5I_{dn}$
	0,3	0,15	0,04



En una instalación industrial en la que se utilizan Interruptores Automáticos (IA) según UNE-EN 60898, la corriente de disparo según la característica térmica correspondiente a 5 segundos es del orden de $5 I_n$.

Si por ejemplo el calibre del IA fuera de 25 A, se tendría

$$I_a = 5 \cdot 25 = 125 \text{ A}$$

Aplicando la condición más restrictiva para esquemas TT y suponiendo una tensión de contacto máxima de 24 V, correspondiente a locales húmedos:

$$R_A \cdot I_a \leq U \Rightarrow R_A \leq \frac{U}{I_a} = \frac{24}{125} \approx 0,2 \Omega$$

Que debería garantizarse a lo largo de toda la vida útil de la instalación para todas las masas de la misma.

Interiores

c. Esquemas IT

La instalación debe estar aislada de tierra o conectada a tierra a través de una impedancia de valor suficientemente alto. Esta conexión se efectúa bien sea en el punto neutro de la instalación, si está montada en estrella, o en un punto neutro artificial. Cuando no exista ningún punto de neutro, un conductor de fase puede conectarse a tierra a través de una impedancia.

$$R_A \times I_d \leq U_L$$

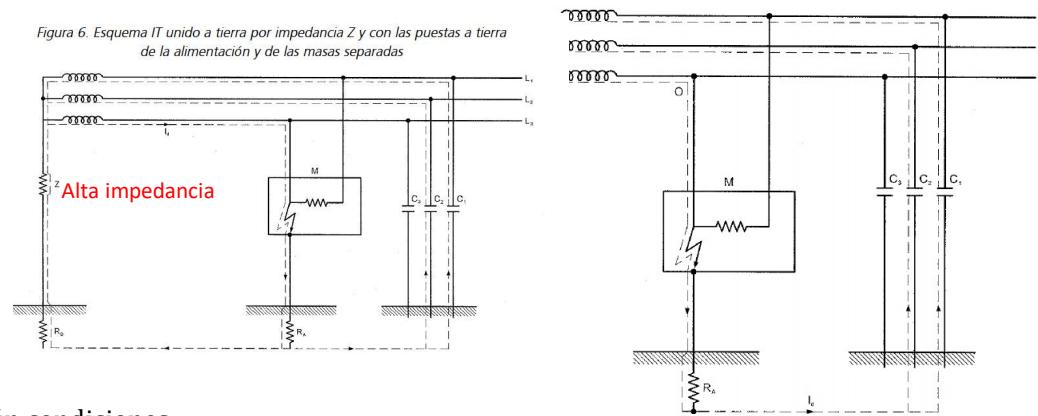
donde:

R_A : es la suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.

I_d : es la corriente de defecto en caso de un primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y una masa. Este valor tiene en cuenta las corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica

U_L : tensión de contacto máxima admisible. Se define como 50V, 24V etc, según condiciones

Figura 6. Esquema IT unido a tierra por impedancia Z y con las puestas a tierra de la alimentación y de las masas separadas



Primera falla: en caso de que exista un sólo defecto a masa o a tierra, la corriente de fallo es de poca intensidad y no es imperativo el corte, debido a la alta impedancia a tierra en el origen. Un dispositivo IA magnetotérmico no corta el circuito. **Continuidad de servicio.**

Segunda falla: se produce un cortocircuito con la primera falla. **IA corta el servicio**

Sin embargo, se deben tomar medidas para evitar cualquier peligro en caso de aparición de dos fallos simultáneos.

Las masas deben conectarse a tierra, bien sea individualmente o por grupos

Interiores

Después de la aparición de un primer defecto, las condiciones de interrupción de la alimentación en un segundo defecto deben ser las siguientes:

- Cuando se pongan a tierra masas por grupos o individualmente, las condiciones de protección son las del esquema TT, salvo que el neutro no debe ponerse a tierra.
 - Cuando las masas estén interconectadas mediante un conductor de protección, colectivamente a tierra, se aplican las condiciones del esquema TN, con protección mediante un dispositivo contra sobreintensidades

Figura 7. Corriente de segundo defecto en el esquema IT con masa conectadas a la misma toma de tierra y neutro no distribuido.

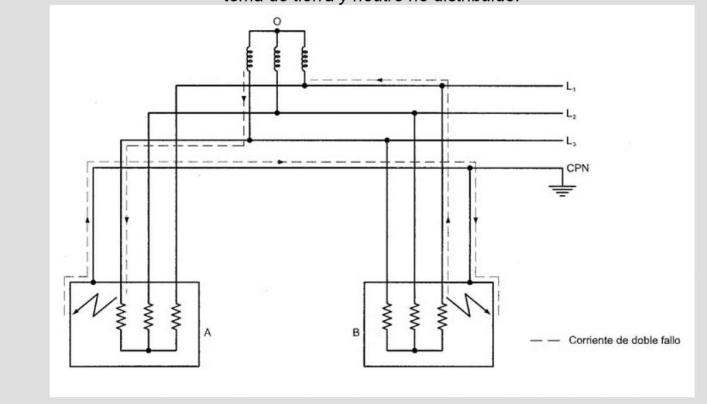
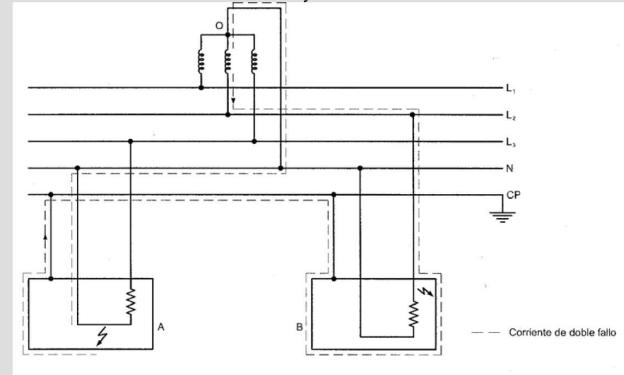


Figura 8. Corriente de segundo defecto en el esquema IT con masa conectadas a la misma toma de tierra y neutro distribuido.



Si no es posible utilizar dispositivos de protección contra sobreintensidades de forma que se cumpla lo anterior, se utilizarán dispositivos de protección de corriente diferencial-residual para cada aparato de utilización o se realizará una conexión equipotencial complementaria según lo dispuesto en la norma UNE 20.460-4-41

Interiores

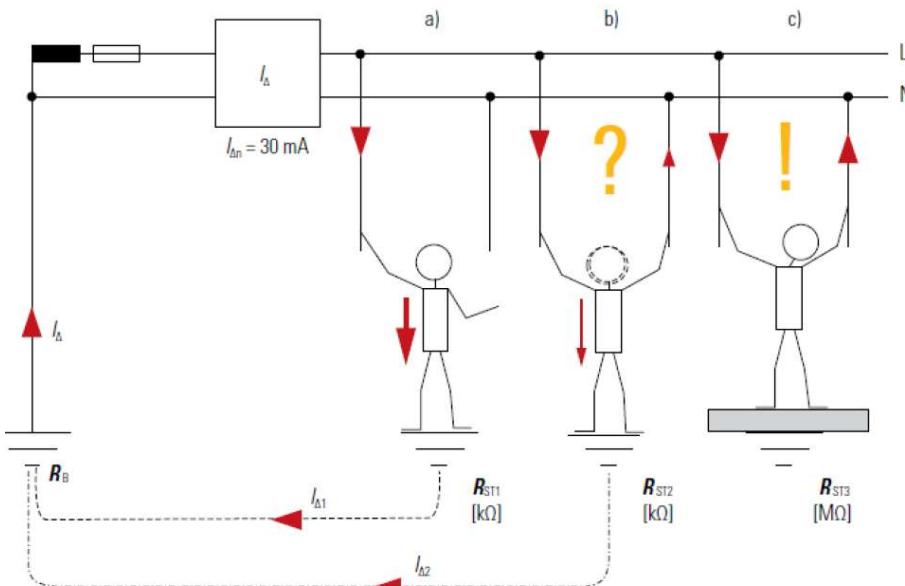
Tipos de interruptores diferenciales (DDR)

$I_{\Delta n}$ Sensibilidad nominal: Valor de corriente al cual debe de disparar un diferencial

$I_{\Delta n_0}$ Valor de corriente al cual no debe de disparar un diferencial. Debe estar entre el 50% y el 100% del valor $I_{\Delta n}$

$t_{\Delta a}$ Tiempo máximo al que puede estar expuesto un diferencial a su valor $I_{\Delta n}$ sin disparar

I_n Intensidad nominal. Intensidad máxima que puede soportar el diferencial. Siempre será mayor $I_{nDDR} \geq I_{nIAM}$



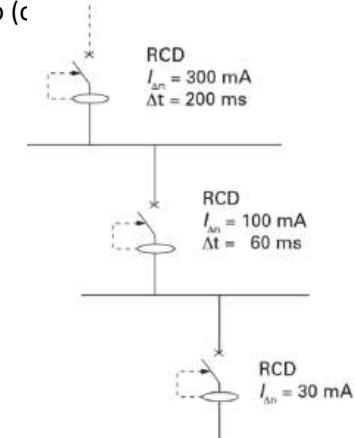
- Contacto con una fase con contacto directo al suelo. El DDR funciona correctamente. La corriente
- Contacto con una fase y N con contacto directo al suelo: DDR funciona si el valor residual llega al nivel de disparo del aparato.
- Contacto con una fase y N sin contacto a suelo (detección. Peligro!)

Sensibilidad nominal: $I_{\Delta n}$

- Sensibilidad alta: 6-10-30 mA
- Sensibilidad media: 100-300-500 mA
- Sensibilidad baja: 1-3-5-10-20A

La sensibilidad nominal siempre será menor cuanto más cerca esté del consumidor

$$I_{\Delta n \text{Arriba}} = 3 I_{\Delta n \text{Abajo}}$$



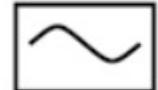
Interiores

Tipos de interruptores diferenciales (DDR)

- **Tipo AC**

Dispara con corrientes diferenciales alternas sinusoidales, ya sean aplicadas bruscamente o bien aumentadas progresivamente

Ejemplo aplicaciones: resistencias (bombillas de filamento, estufas, hornos...)



- **Tipo A**

Dispara con corrientes diferenciales alternas sinusoidales o continuas pulsantes, ya sean aplicadas bruscamente o bien aumentadas progresivamente. El disparo está asegurado con corrientes diferenciales continuas pulsantes a las que se superpone una corriente continua alisada de hasta 6mA

Ejemplo de aplicaciones: balastros electrónicos, ordenadores, cargadores, *dimmers*...



- **Tipo F**

El disparo está asegurado en los mismos casos que tipo A, y, además:

- Corrientes diferenciales compuestas (con componentes de varias frecuencias), para circuitos con convertidores electrónicos alimentados entre fase y neutro o entre fase y conductor medio puesto a tierra.
- Corrientes diferenciales continuas pulsantes superpuestas sobre una corriente continua alisada de hasta 10mA



Ejemplo de aplicaciones: electrodomésticos, inversores DC, cargadores de vehículo eléctrico...

Interiores

Tipos de interruptores diferenciales (DDR)

- **Tipo B**

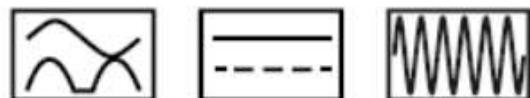
El disparo está asegurado en los mismos casos que tipo F, y, además:

- **Corrientes diferenciales alternas sinusoidales hasta de 1kHz**
- Corrientes diferenciales alternas superpuestas sobre una corriente continua alisada
- Corrientes diferenciales continuas pulsantes superpuestas sobre una corriente continua alisada de hasta 6mA
- Corrientes diferenciales continuas pulsantes rectificadas que resultan de una o más fases
- Corrientes diferenciales continuas aisladas ya sean aplicadas bruscamente o bien aumentándolas progresivamente, independientemente de su polaridad

Ejemplo de aplicaciones: variadores trifásicos

Tipo B+ y Bfq

- Protección para altas frecuencias, mayores de 1kHz y hasta 20kHz
- Fugas a alta frecuencia de máximo 420mA para B+ y de 30mA a 2 A para Bfq



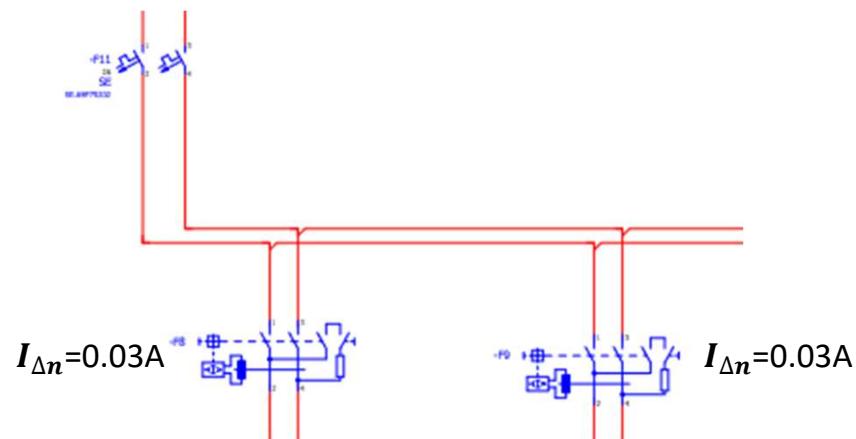
Interiores

Tipos de interruptores diferenciales (DDR)

- Tipo S**

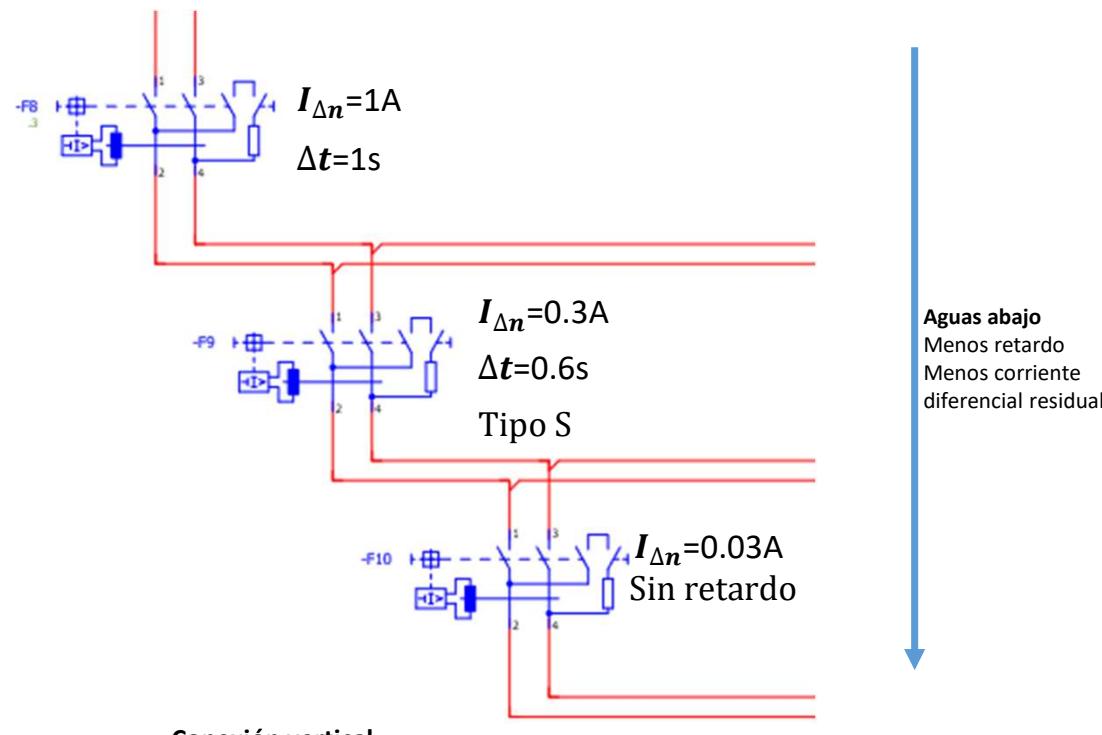
Diferencial selectivo o con retardo (mínimo de 40ms) , principalmente utilizado en instalaciones grandes y cuentan con un retardo a la desconexión. Se instalan aguas arriba de otros interruptores diferenciales instantáneos para asegurar la selectividad y limitar el corte de servicio eléctrico únicamente en la parte de la instalación con defecto a tierra. Se selecciona el retardo de manera que exista coordinación con el resto de los DDR

Tipo	In (A)	I _{Δn} (A)	Valores normalizados del tiempo (s) de funcionamiento y de no respuesta para una corriente residual con I _{Δn} igual a:				
			I _Δ	2I _{Δn}	5I _{Δn}	500A	
Selectivo	≥25	> 0,030	0,5	0,2	0,15	0,15	tiempo de funcionamiento máximo
			0,1	0,06	0,05	0,04	tiempo de no respuesta



Conexión horizontal

- No se conectan diferenciales en la cabecera
- Cada ramal tiene una protección diferencia adaptado a ese ramal.



Aguas abajo
Menos retardo
Menos corriente
diferencial residual

Interiores

Tipos de interruptores diferenciales (DDR)

- a picos de tensión que producen derivaciones de tierra, diferenciando las verdaderas derivaciones a tierra por fallo en la instalación. Se pueden utilizar **superinmunizado**

Diferencial de tipo A, que evita las desconexiones intempestivas por corrientes de alta frecuencia. Estos diferenciales utilizan filtros que evitan los saltos intempestivos debido a, por ejemplo:

- picos de sobretensión en el arranque de un motor
- balastos, reactancias electrónicas
- sobretensiones de origen atmosférico
- armónicos producidos por circuitos electrónicos
- variadores de frecuencia
- Etc



Schneider A9R35480

- *Diferencial superinmunizado Clase A SI*
- *Evita disparos intempestivos y armónicos*
- *Proteger equipos electrónicos*
- *Diferencial trifásico de 80A*
- *Tensión: 380V-415V*

• Combinados

DDR que combinan la función diferencial y la magnetotérmica



ABB 2CSR255080R1325

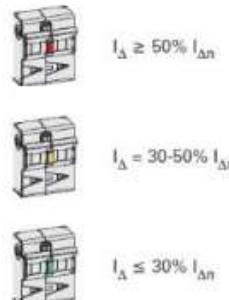
Interruptor automático y diferencial 2P, 32A
Sensibilidad 30mA
Poder de corte 6 kA

Interiores

RCM (Residual Current Monitor): Diferenciales (DDR) monitorizados

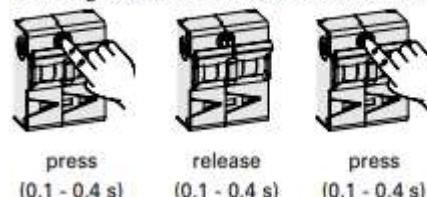
Combinación de protección diferencial y monitorización, con lectura real de fuga mediante visualización de código de colores

Modelo comercial: EATON FRBDM-C10/1N/003-G/A



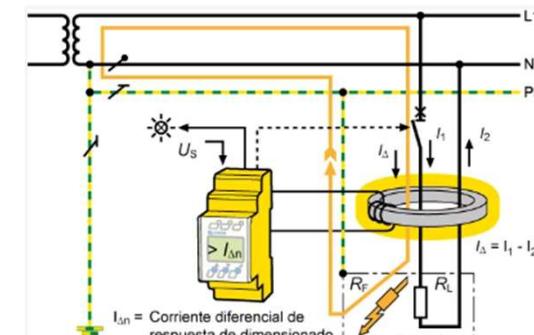
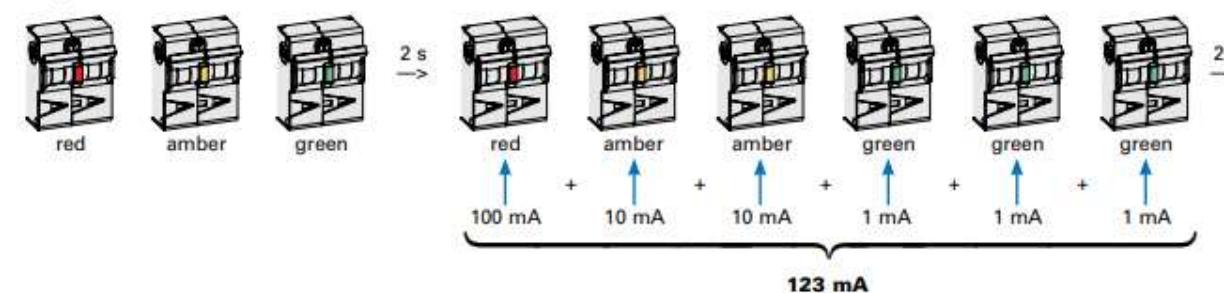
Service Mode (measuring of residual current I_Δ)

Pressing test button twice to activate Service-Mode



Tiempo de duración del modo de servicio es de 4 min

Lamp test



<https://www.bender.es/informacion-tecnica/tecnologia/sistema-tn-s-tt/como-funciona-la-vigilancia-de-la-corriente-diferencial/>

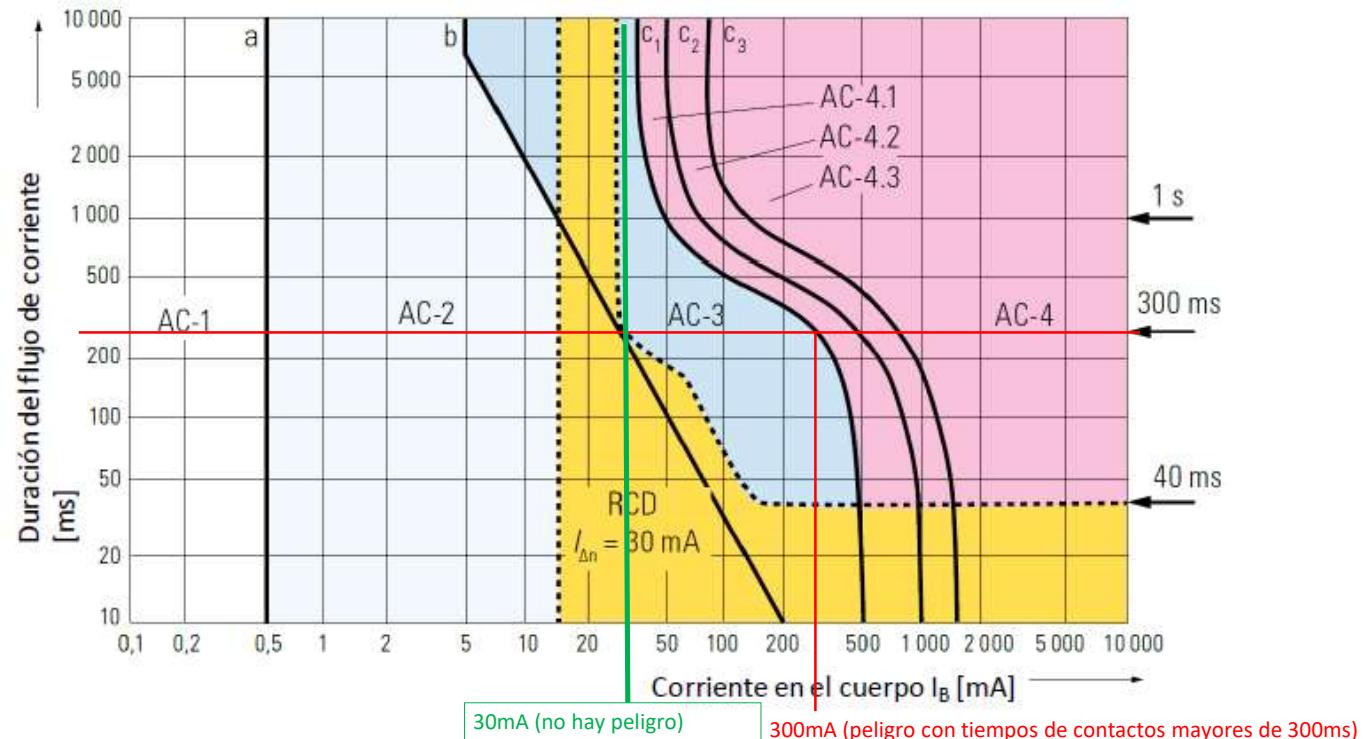
Interiores

Tipos de interruptores diferenciales (DDR)

AC: señal senoidal

Efectos de la corriente AC en el cuerpo

- AC-3: Espasmos musculares
- AC-4.1: Probabilidad fibrilación +5%
- AC-4.2: Probabilidad fibrilación +50%
- AC-4.3: Probabilidad fibrilación ++50%

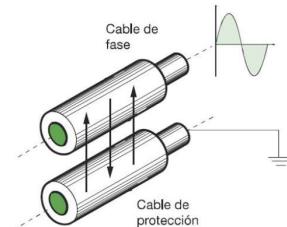


Interiores

Disparos por “simpatía” o pérdida de selectividad horizontal

Consisten en la apertura simultánea y en cadena de varios dispositivos diferenciales que protegen diversas salidas en paralelo, aguas arriba o abajo de un punto de una instalación.

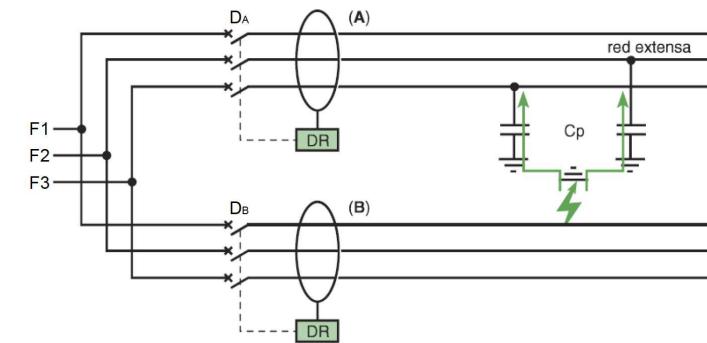
Si un cable se encuentra al lado de un conductor de protección (conecta las masas con la tierra), las resistencias o impedancias que existen entre la parte activa y tierra son el aislante del conductor activo, el del conductor de protección y el aire (que actuarán como dieléctrico).



Un cable, respecto a tierra, presenta el mismo comportamiento que un condensador. Cuanto **mayor sea la longitud** de los cables, **mayores serán las capacidades** respecto tierra repartida por toda la instalación.

Un defecto fase-tierra de aislamiento en B que genera un **corte en D_B** crea durante unos milisegundos el mismo potencial en las fases y tierra de A, generando una corriente y **un corte**, por “simpatía”, en D_A

Fuente Schneider: <https://ckm-content.se.com/ckmContent/sfc/servlet.shepherd/document/download/0698V00000MDfBDQA1>



- Evitar líneas de cables muy largas, subdividir el circuito de cables cortos protegidos, cada uno, por un diferencial
- Limitar el número de componentes electrónicos que incluyan **capacidades conectadas a tierra en cada diferencial**
- **Utilizar diferenciales inmunizados con filtros pasa bajos (eliminación de altas frecuencias)**

Interiores

Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente

Se asegura esta protección por:

- Utilización de equipos con un aislamiento doble o reforzado (clase II). Conjuntos de aparamenta construidos en fábrica y que posean aislamiento equivalente (doble o reforzado).
- Aislamientos suplementarios montados en el curso de la instalación eléctrica y que aíslan equipos eléctricos que posean únicamente un aislamiento principal.
- Aislamientos reforzados montados en el curso de la instalación eléctrica y que aíslan las partes activas descubiertas, cuando por construcción no sea posible la utilización de un doble aislamiento

Dispositivo de Clase II o aparato con doble aislamiento eléctrico es uno que ha sido diseñado de tal forma que no requiere una toma a tierra de seguridad eléctrica.

Protección en los locales o emplazamientos no conductores

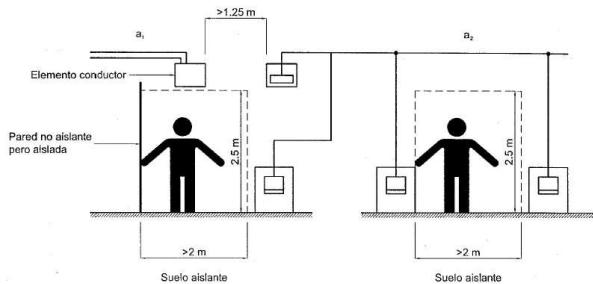
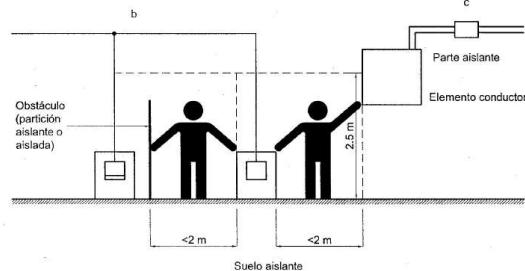


Figura 10



Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia no inferior a:

- 50kΩ, si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500V; y
- 100kΩ, si la tensión nominal de la instalación es superior a 500V



Anexo

TABLA IP

Tabla 1 - Grados de protección indicados por la primera cifra característica

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.
4	Protegida contra cuerpos sólidos de mas de 1 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que lleve a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo.

Anexo

Tabla 2 - Grados de protección indicados por la segunda cifra característica

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Tipo de protección proporcionada por la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15º	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada hasta 15º con respecto a la posición normal
3	Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60º con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales
4	Protegida contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales
5	Protegida contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales
6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	Bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales
7	Protegida contra los efectos de la inmersión	Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales
8	Protegida contra la inmersión prolongada	<p>El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante</p> <p>NOTA – Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales</p>
<p>Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertas por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza. Esto esta de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales.</p>		

Anexo

Tabla 3 – Descripción de la protección proporcionada por las letras adicionales

Letra	La envolvente impide la accesibilidad a partes peligrosas con:
A	Una gran superficie del cuerpo humano tal como la mano (pero no impide una penetración deliberada). <i>Prueba con: Esfera de 50 mm.</i>
B	Los dedos u objetos análogos que no excedan en una longitud de 80 mm. <i>Prueba con: Dedo de $\varnothing 12$ mm y $L= 80$ mm</i>
C	Herramientas, alambres, etc., con diámetro o espesor superior a 2,5 mm. <i>Prueba con: Varilla de $\varnothing 2,5$ mm y $L= 100$ mm</i>
D	Alambres o cintas con un espesor superior a 1 mm. <i>Prueba con: Varilla de $\varnothing 1$ mm y $L= 100$ mm</i>

Anexo

Primera cifra	IP5X		Malla sin recuadro
	IP6X		Malla con recuadro
Segunda cifra	IPX1		Una gota
	IPX3		Una gota dentro de un cuadrado
	IPX4		Una gota dentro de un triángulo
	IPX5		Dos gotas, cada una dentro de un triángulo
	IPX7		Dos gotas
	IPX8		Dos gotas seguidas de una indicación de la profundidad máxima de inmersión en metros
	NOTA: Los grados de protección no incluidos en esta tabla no tienen símbolo para su representación.		