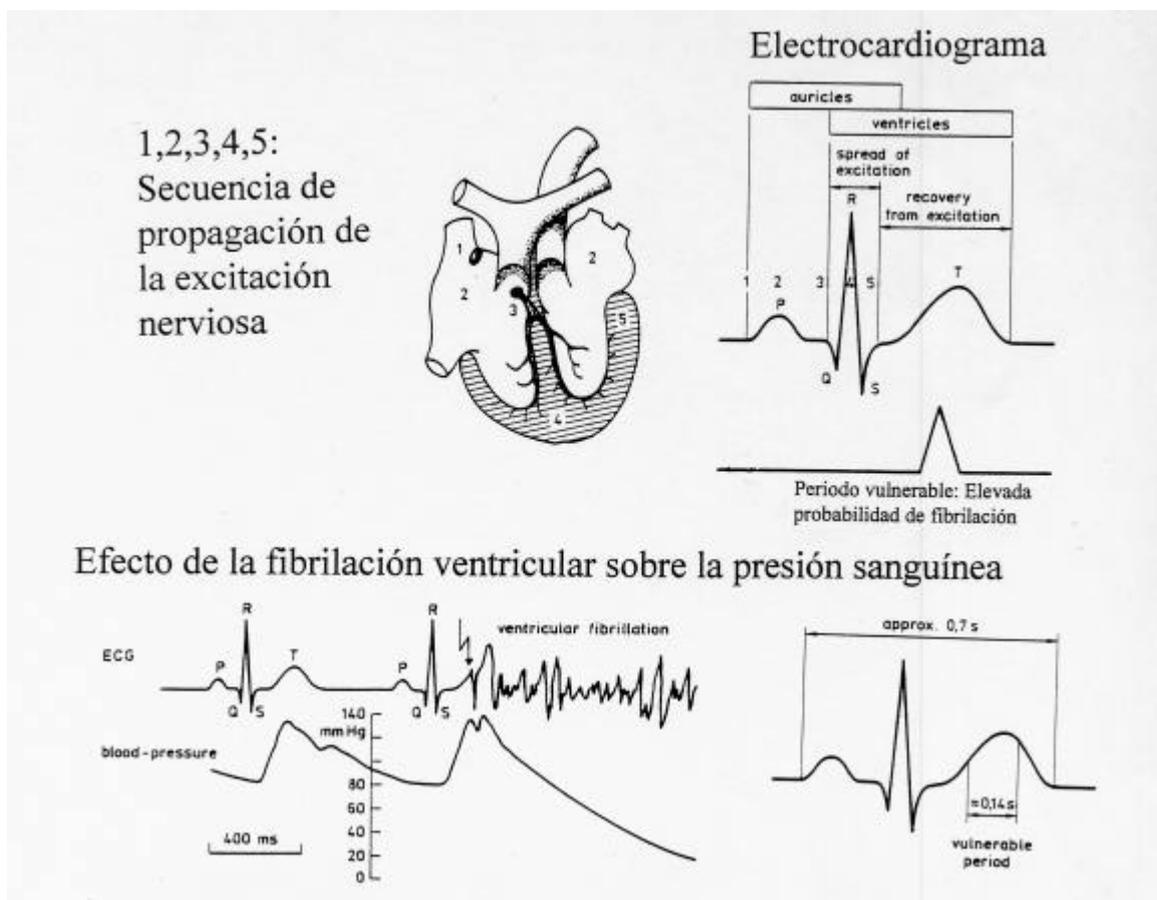


# PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

## EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE

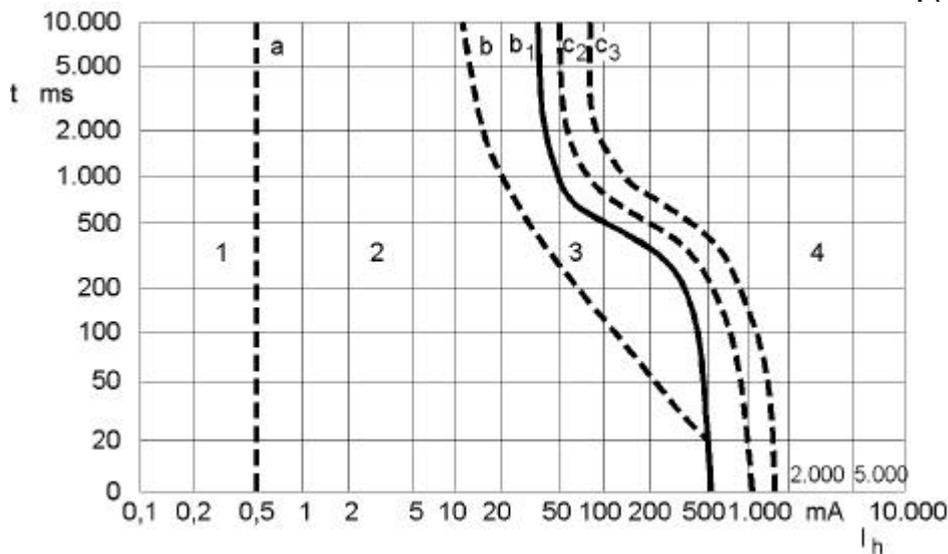
- **Agarrotamiento muscular.**
  - Incapacidad de eliminar el contacto.
  - Parada respiratoria.
- **Alteraciones del ritmo cardiaco;** parada transitoria.
- **Quemaduras.**
- **Fibrilación ventricular:** contracción rápida y desordenada de las fibras musculares del corazón. (principal causa de accidentes fatales).



## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PELIGROSIDAD DE LA CORRIENTE

- **Valor eficaz de la corriente** ( $I \uparrow \Rightarrow$  más peligro)
- **Tiempo** ( $t \uparrow \Rightarrow$  más peligro)

zonas  
TIEMPO-  
CORRIENTE  
E (CEI-479-  
1)



- **Frecuencia:** Máximo peligro para corriente entre 10÷100 Hz
- **Trayecto de la corriente dentro del cuerpo**

- zonas I-t anteriores referidas al trayecto [mano izda-pies] (trayecto tipo,  $K = 1$ ).

- Aplicación de las zonas I-t a otros trayectos:

$$I_B = K \cdot I_h$$

$I_h$  : corriente que circula por un trayecto dado.

$K$ : constante que corresponde al trayecto.

$I_B$ : corriente con la que se entra en las

Otros trayectos:	Mano dcha-pies	$K = 0.8$
	Mano dcha-Mano izda	$K = 0.4$
	Espalda-Mano izda /dcha	$K = 0.7/0.3$
	Pecho-Mano izda/dcha	$K = 1.5/1.3$
	Asiento-Manos	$K = 0.7$

- **Peso de la persona:** Peso  $\downarrow$ , peligro  $\uparrow$ . Zonas I-t definidas para persona tipo de peso = 50 Kg.
- **Estado general de la persona:** Umbral de fibrilación muscular.

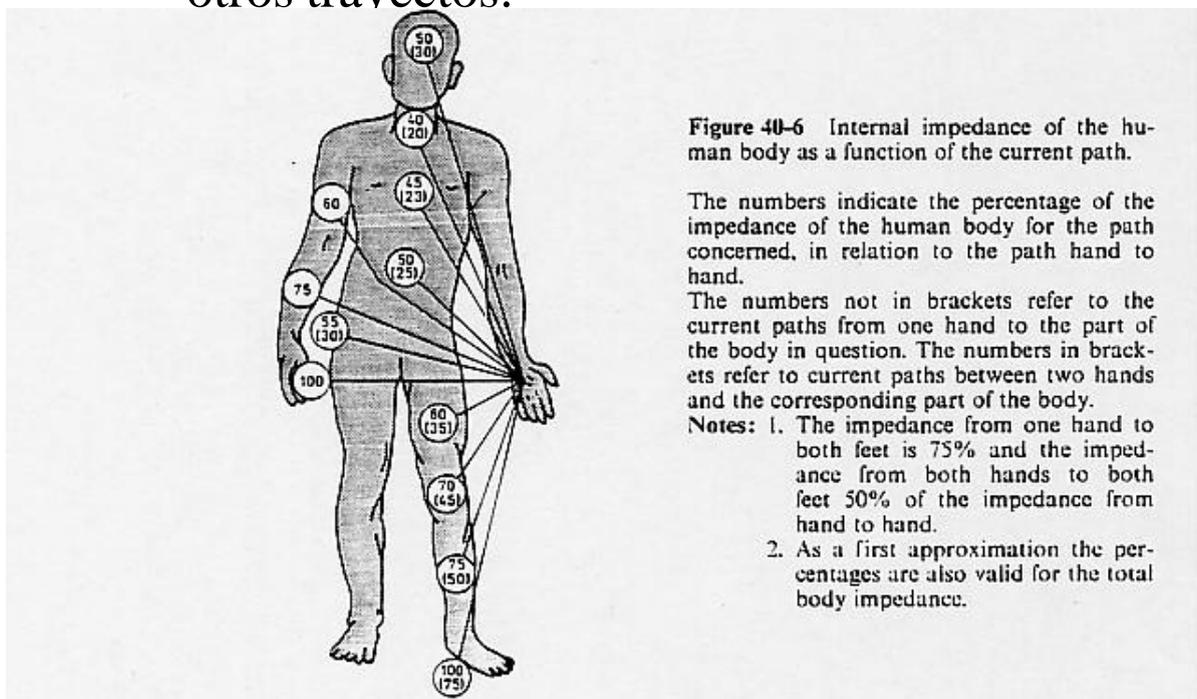
# RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO (IMPEDANCIA)

$$Z_h = Z_{c1} + Z_i + Z_{c2}$$

$Z_{c1}, Z_{c2}$ : Impedancias de contacto  
 $Z_i$ : Impedancia interna.  
 $Z_h$ : Impedancia total

## Factores que influyen sobre $Z_h$

- Superficie de contacto:  $S \uparrow, Z_c \downarrow, Z_h \downarrow$   
(superficie tipo  $S = 100 \div 50 \text{ cm}^2$ )
- Humedad zona de contacto  
condición tipo: contacto seco.  
contacto húmedo:  $Z'_h \approx 0.75 Z_h$
- Trayecto considerado  
trayecto tipo: Mano-Mano  $\equiv$  Mano-pie  
otros trayectos:

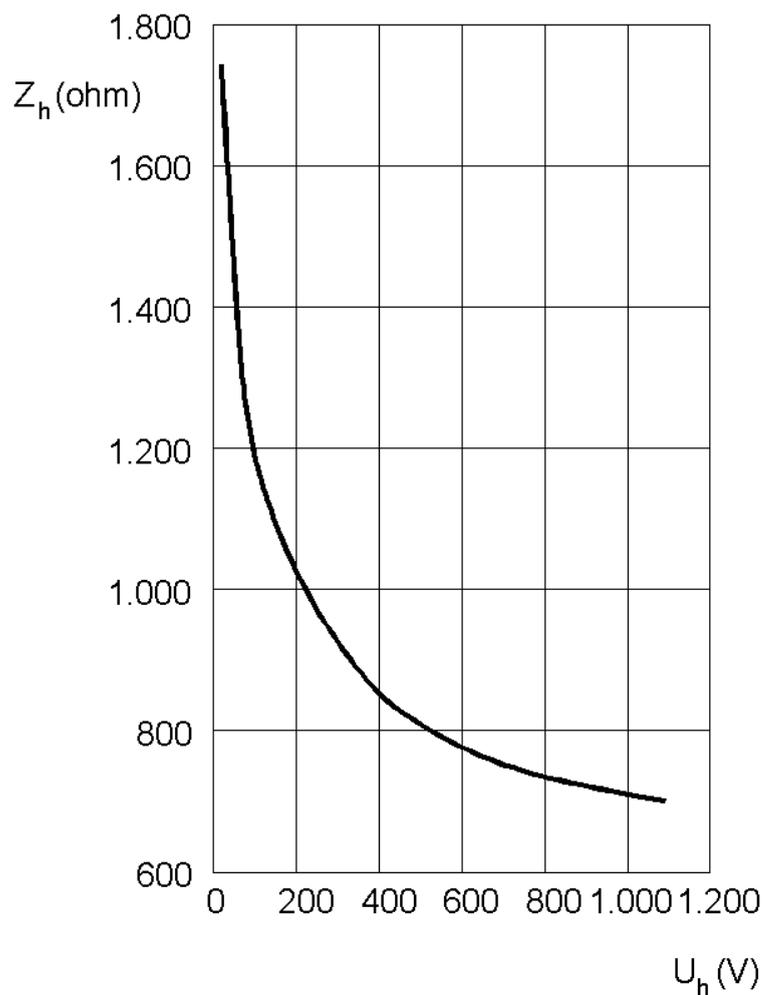


- Tensión de contacto:  $V_c \uparrow, Z_h \downarrow$  (Resistencia no lineal)
  - Individuo
- }  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{Curvas estadísticas } Z_h = f(V_c)$$

## Curvas estadísticas $Z_h = f(V_c)$

Impedancia del cuerpo humano en función de la tensión de contacto (valores estadísticos en condiciones tipo: trayecto mano-pie, contacto de 100 cm<sup>2</sup>, seco).



Tensión de contacto $U_c$ (V)	Impedancia $Z_h$ (Ohm)
25	1.750
50	1.450
75	1.250
100	1.200
125	1.125
220	1.000
700	750
1.100	700

## Curvas estadísticas $Z_h = f(V_c)$

Impedancia del cuerpo humano en función de la tensión de contacto (valores estadísticos en condiciones tipo: trayecto mano-pie, contacto de 100 cm<sup>2</sup>, seco).

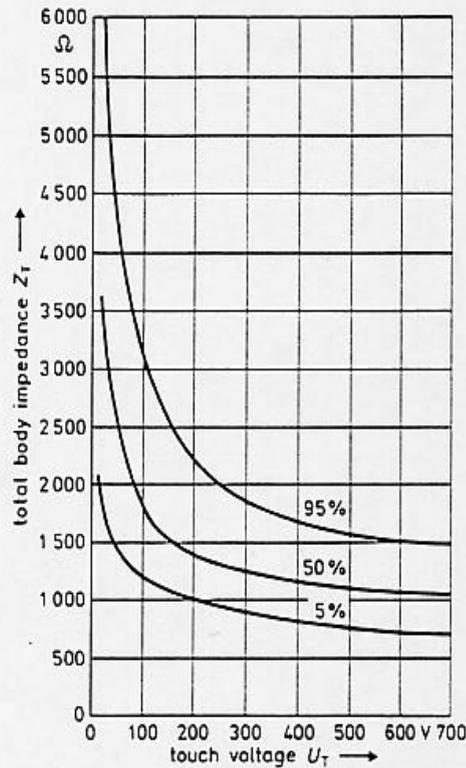


Figure 40-5 Statistical values of total body impedances valid for live human beings for the current path hand to hand or hand to foot, for touch voltages up to 700 V.

Table 40-A Values of the total impedance of the human body ( $Z_T$ )

Touch voltage (V)	Values for the total body impedance ( $\Omega$ ) that are not exceeded for a percentage (percentile rank) of		
	5%	50%	95%
	of the population		
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1100	700	1050	1500
Asymptotic value	650	750	850

# REGLAS DE SEGURIDAD

## Tensión límite convencional ( $U_L$ )

- Locales secos  $\Rightarrow U_L = 50 \text{ V}$
- Locales húmedos  $\Rightarrow U_L = 24 \text{ V}$

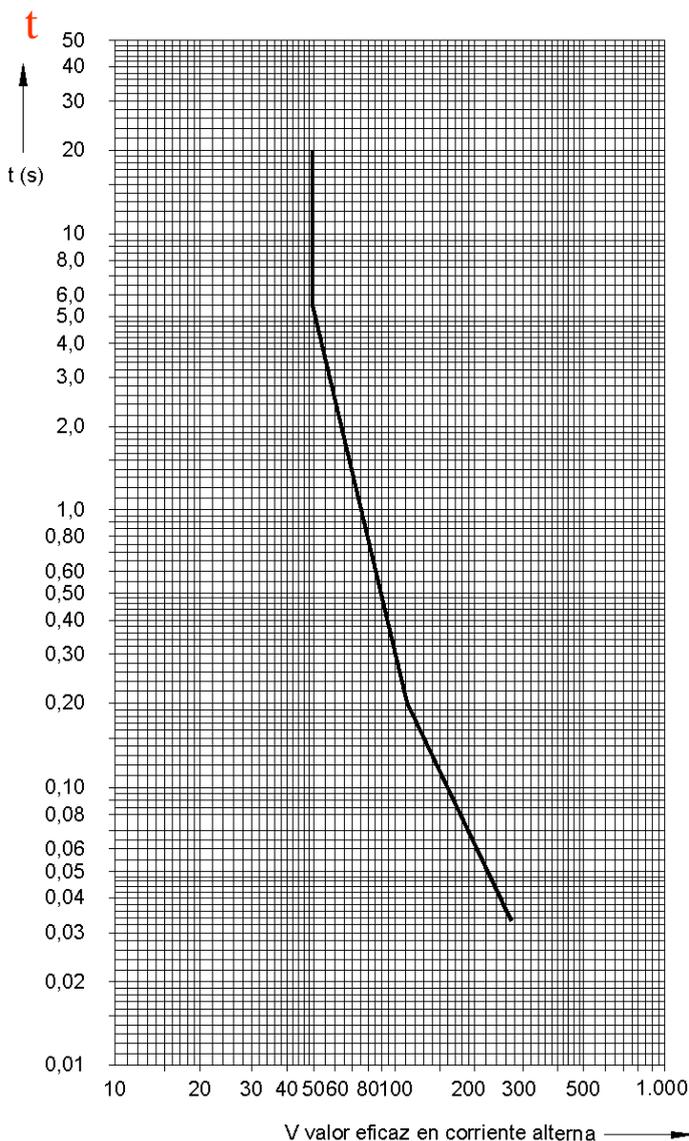
## Curva Tensión de contacto-tiempo

Normas  $\Rightarrow$  Curvas de seguridad  $U_{c \text{ máx}} / t$

En las condiciones en que se define la curva de seguridad

$$(I_h, t) = \left( \frac{U_{c \text{ máx}}}{Z_h}, t \right) \Rightarrow \text{Punto de la zona 3 en las zonas I/t}$$

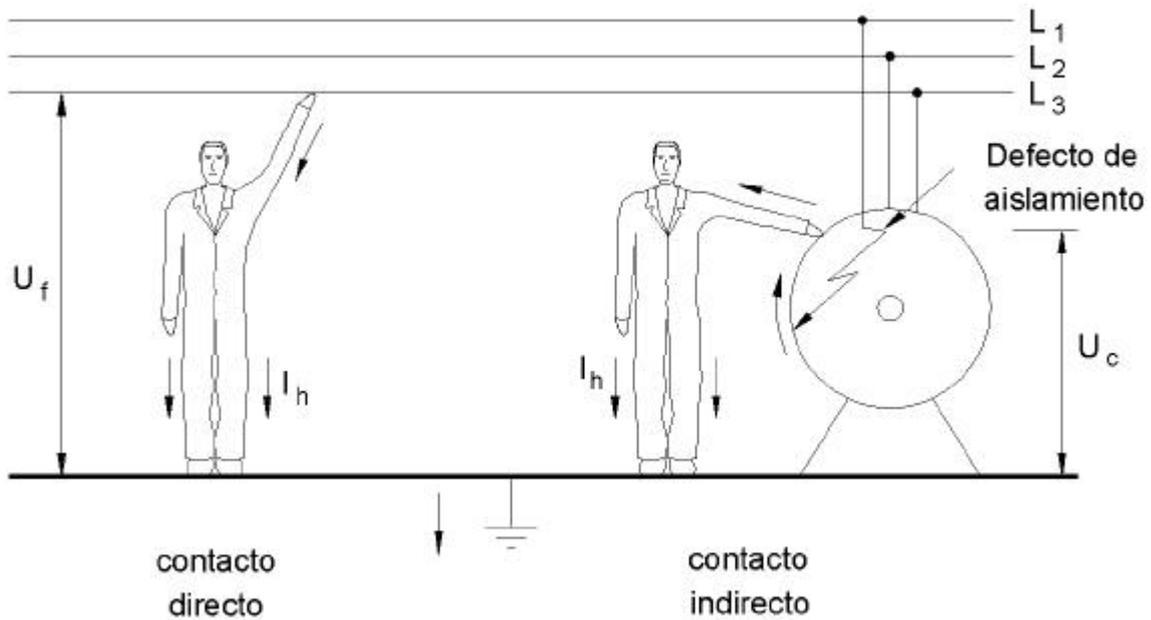
## CURVA DE SEGURIDAD (UNE 20-460 y CEI 363)



Duración máxima de mantenimiento de la tensión de contacto

Tensión de contacto supuesta (V)	Tiempo de funcionamiento máximo (s)
< 50	$\infty$
50	5
75	1
90	0,5
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,03

# CONCEPTO DE CONTACTO DIRECTO E INDIRECTO



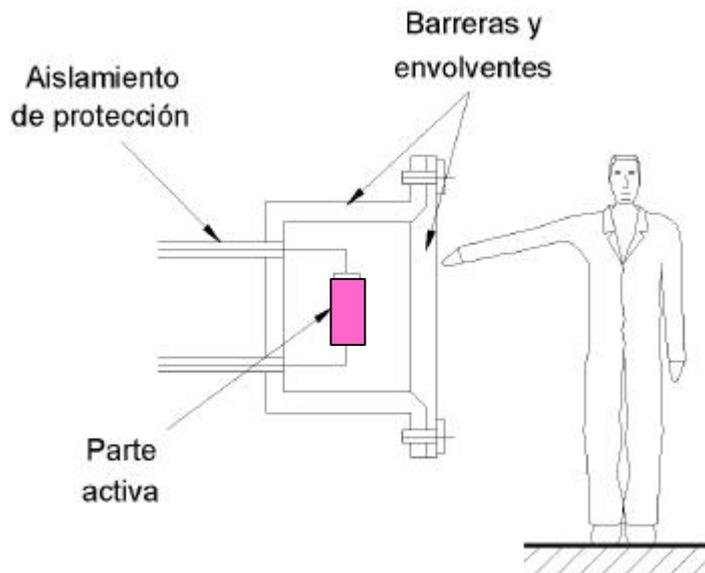
⇓  
Contacto con una parte activa que en funcionamiento normal está bajo tensión.

⇓  
Contacto con un elemento metálico que en funcionamiento normal no está bajo tensión.

## PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTO DIRECTOS

SISTEMAS QUE PROTEGEN FRENTE A TODO CONTACTO DIRECTO ( ACCIDENTAL O INTENCIONADO) UNE 20-460

- Aislamiento de las partes activas.
- Barreras y envolventes.
- Empleo exclusivo de muy bajas tensiones de seguridad.

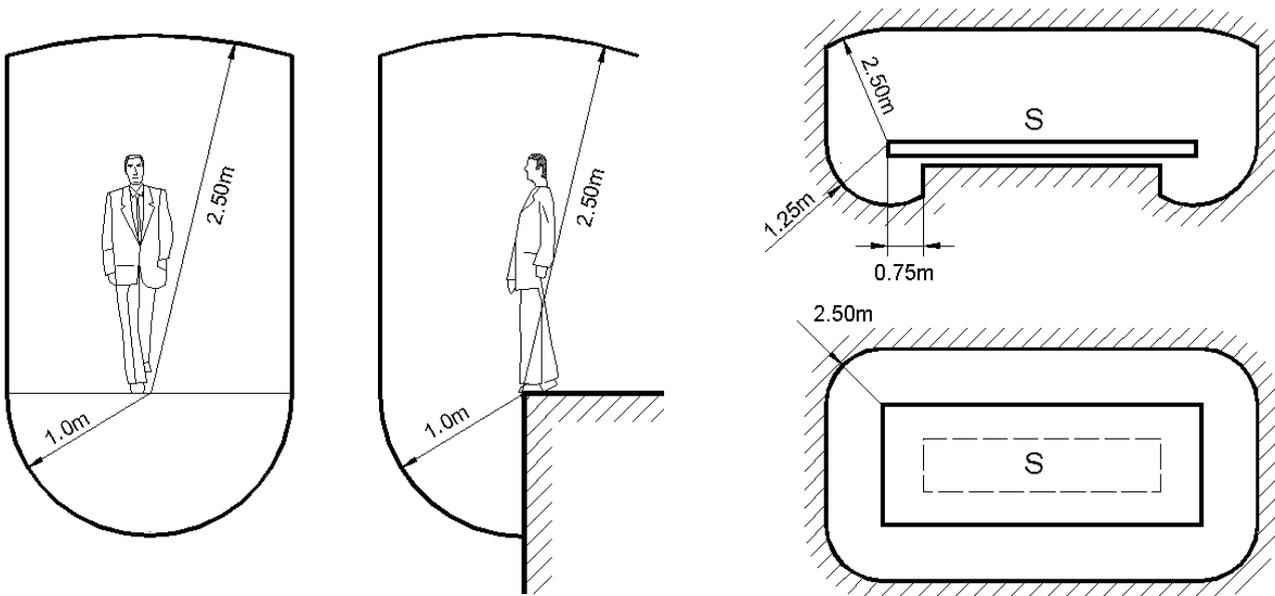


Locales de acceso no restringido.

# PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTO DIRECTOS

SISTEMAS QUE PROTEGEN FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS ACCIDENTALES. UNE 20-460. (Locales de acceso restringido).

## • Puesta fuera de alcance por alejamiento.



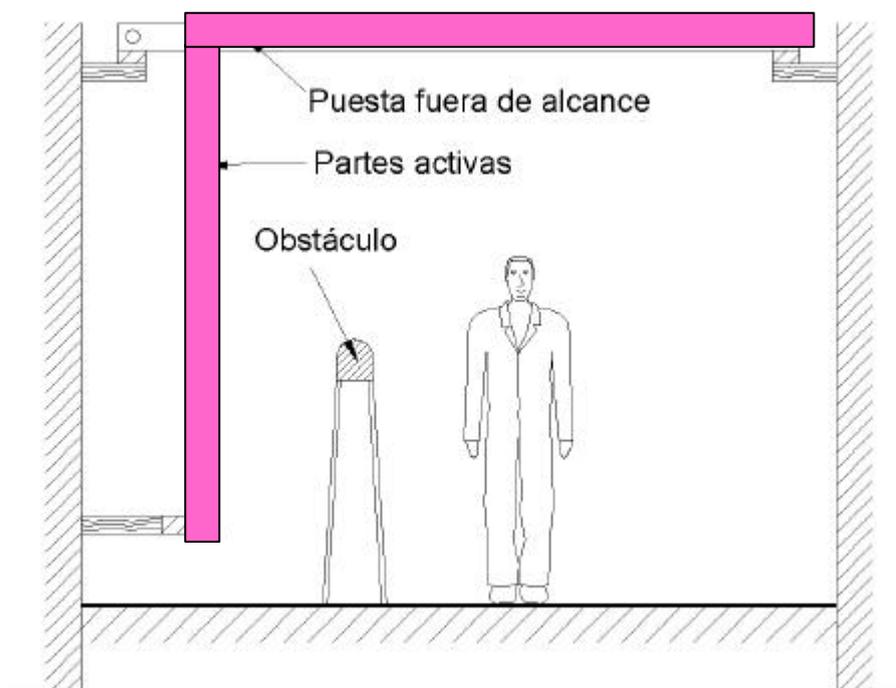
Volúmenes de accesibilidad

MIE BT 021

UNE 20 460

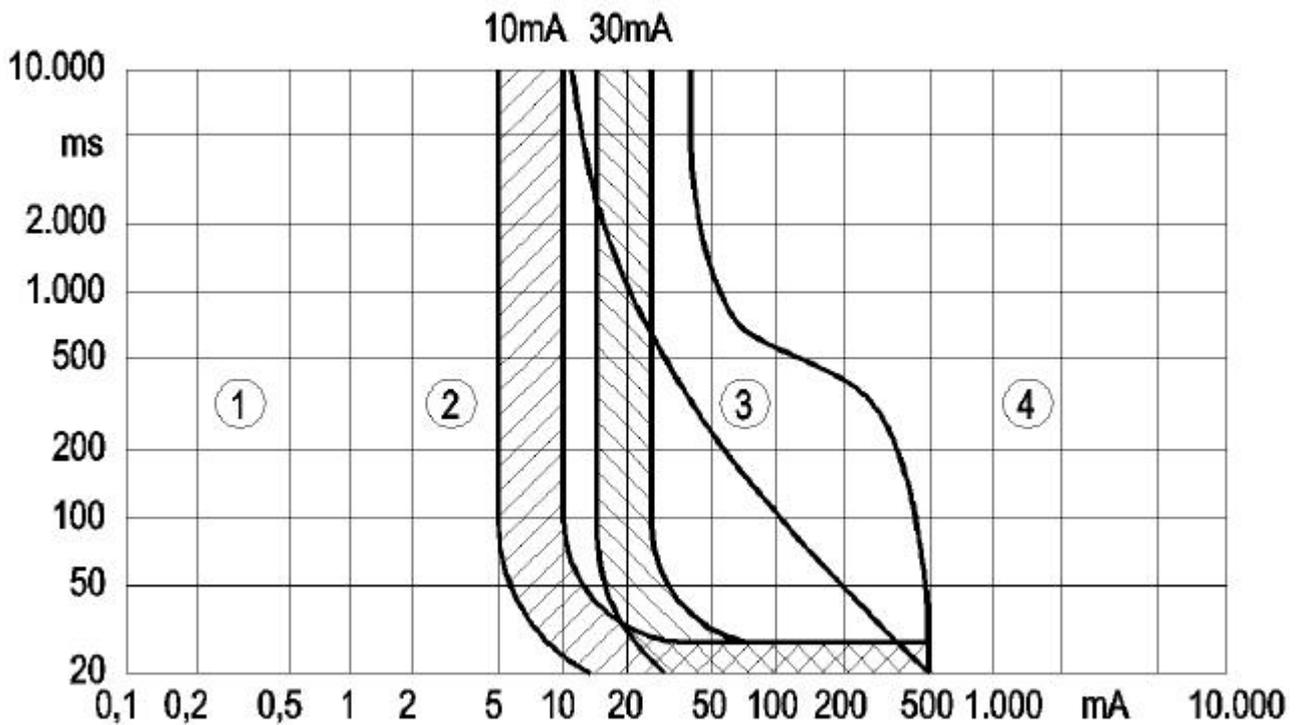
S: Superficie ocupada por las personas

## • Interposición de obstáculos.



## PROTECCIÓN COMPLEMENTARIA FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS:

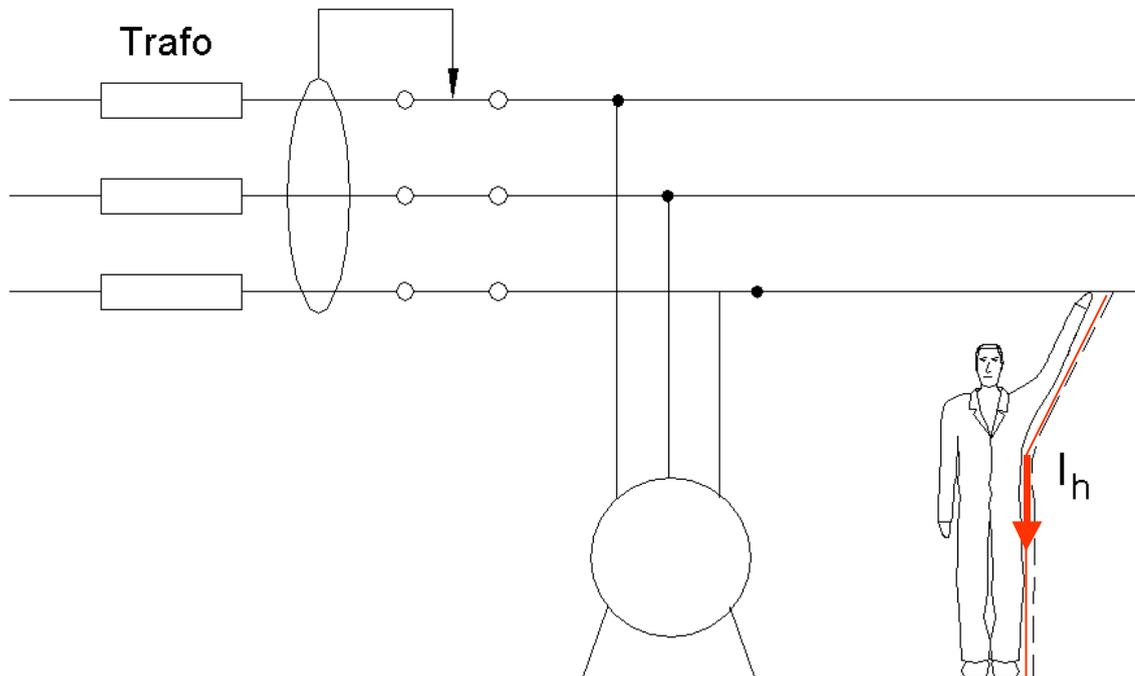
Utilización de INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE ALTA SENSIBILIDAD [  $I_{dn} \approx 30 \text{ mA}$  ].



### Inconvenientes

- No actúa de forma preventiva.
- El interruptor no actúa cuando se produce un doble contacto directo F-F o F-N.

# DIFERENCIAL DE ALTA SENSIBILIDAD COMO PROTECCIÓN COMPLEMENTARIA FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS



$$\left. \begin{aligned} I_h &\approx \frac{220}{R_h} \approx \frac{220}{1000} \approx 0.22 \text{ A} \\ t_a &\approx 20 \div 40 \text{ ms} \end{aligned} \right\} \text{Zona 2}$$

Inconvenientes: No preventiva

No protege frente a contacto fase - fase

# **MÉTODOS DE PROTECCIÓN FRENTA A CONTACTOS INDIRECTOS**

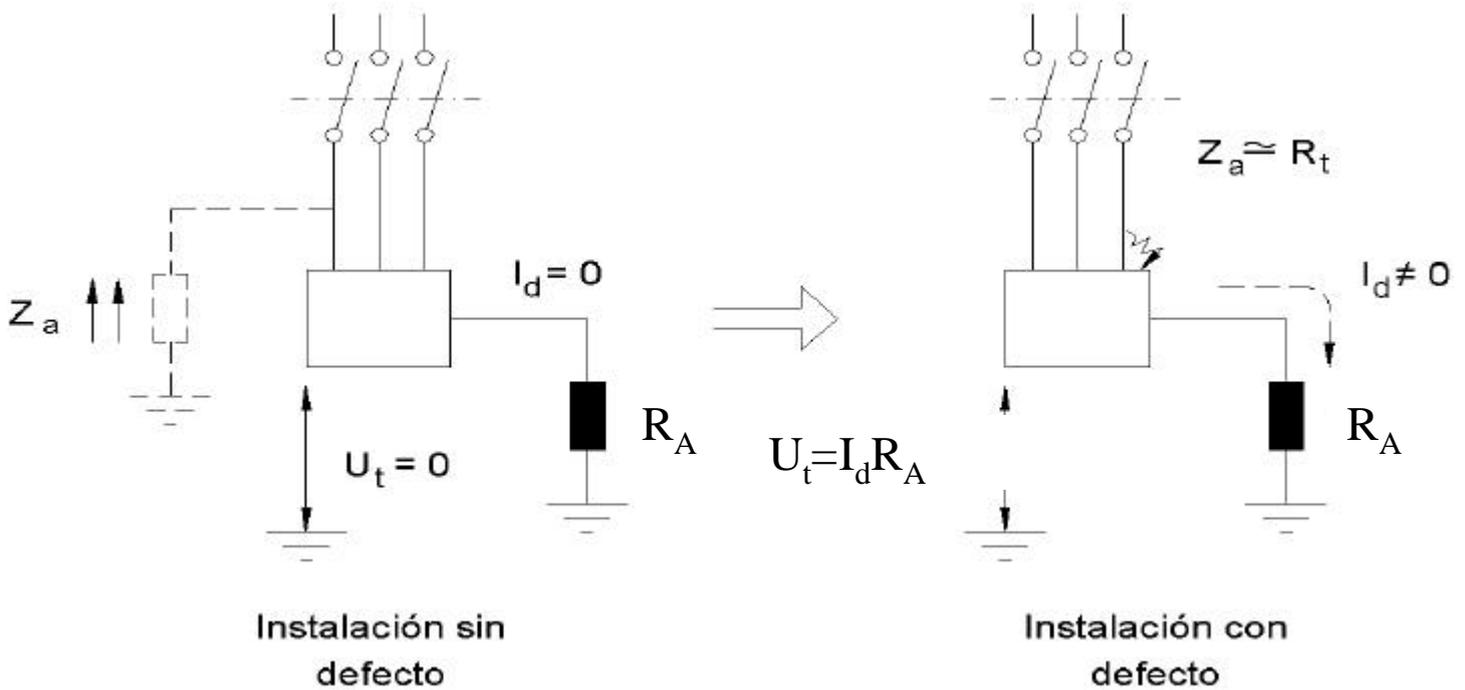
## **Sistemas de protección clase A**

- Protección mediante el empleo de materiales eléctricos de clase II.
- Protección en emplazamientos no conductores.
- Protección por conexiones equipotenciales no conectadas a tierra.
- Protección por separación eléctrica.
- Protección por muy baja tensión de seguridad.

## **Sistemas de protección clase B**

- Corte automático de la alimentación en caso de defecto de aislamiento.

# SISTEMAS DE PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS BASADOS EN EL CORTE AUTOMÁTICO DE LA ALIMENTACIÓN EN CASO DE DEFECTO



$$I_d = 0 \quad (\Sigma i = 0)$$

$$U_t = 0$$

$$Z_a \Rightarrow \infty$$

$$I_d > 0 \quad (\Sigma i \neq 0)$$

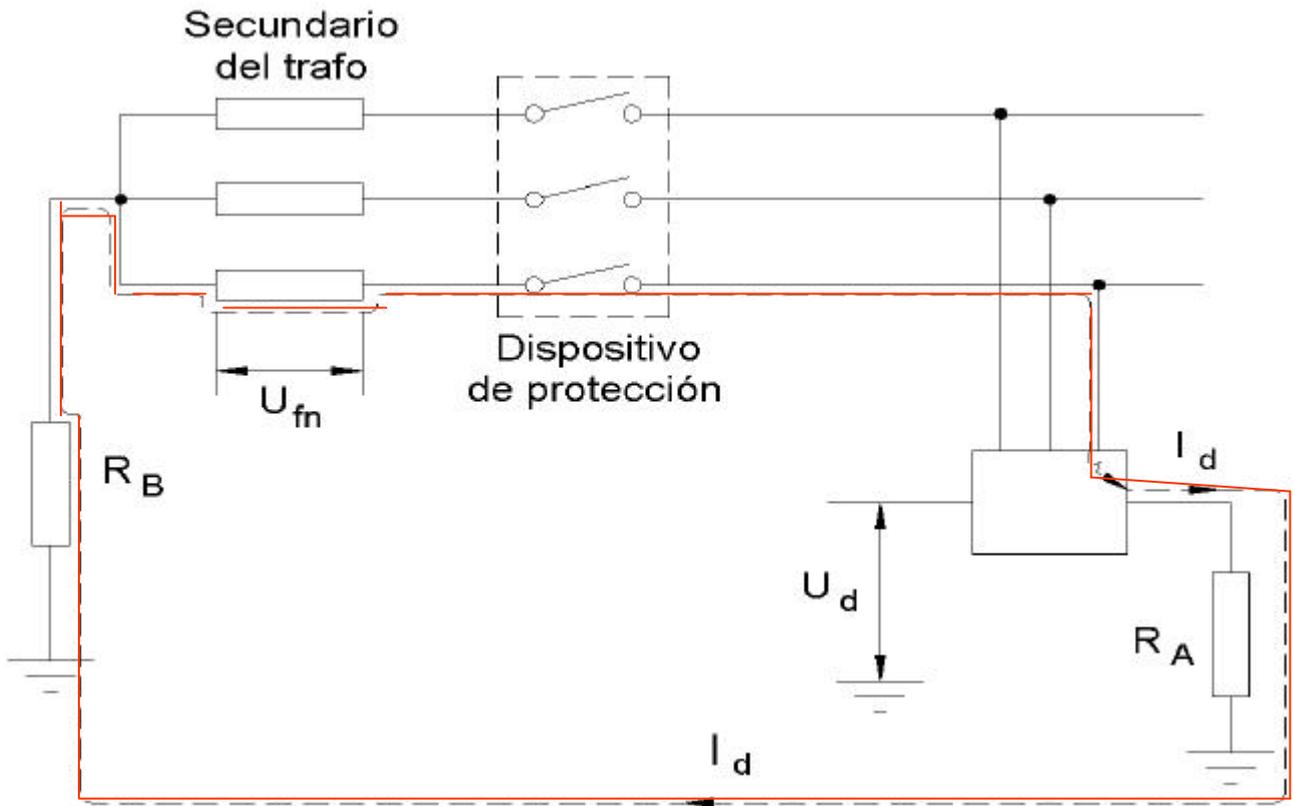
$$U_t > 0$$

$$Z_a \approx \infty$$

## CONDICIONES PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD

- Todas las masas accesibles simultáneamente deben ser conectadas a la misma puesta a tierra.
- Si aparece  $U_d$  desconectar antes del **tiempo de corte**  $[t_c]$ .
  - $t_c < t_a$  **tiempo admisible**, deducido de la curva de seguridad.
  - $t_c < 5$  seg. consumos instalados FIJOS...

# PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS EN INSTALACIONES CON ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN TT, POR CORTE AUTOMÁTICO DE LA ALIMENTACIÓN



Fallo de aislamiento  $\Rightarrow$

$$I_d \downarrow (50 \div 5 \text{ A})$$

$$\begin{cases} I_d = \frac{U_{FN}}{R_A + R_B} \\ U_d = I_d \cdot R_A = U_{FN} \frac{R_A}{R_A + R_B} \end{cases}$$

Corte automático de la alimentación puede ser por dos tipos diferentes de dispositivos:

- Dispositivo que detecte la corriente diferencial.

## PROTECCIÓN DIFERENCIAL

- Dispositivo de protección frente a sobrecorrientes.

**I.A. o FUSIBLE** ( $R_A, R_B \ll \ll < 1\Omega$ )

# PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS EN INSTALACIONES TT UTILIZANDO PROTECCIÓN DIFERENCIAL

a- Condiciones que deben cumplir para garantizar la seguridad.

$$I_{Dn} \cdot R_A \leq U_L$$

$U_L$  tensión límite convencional

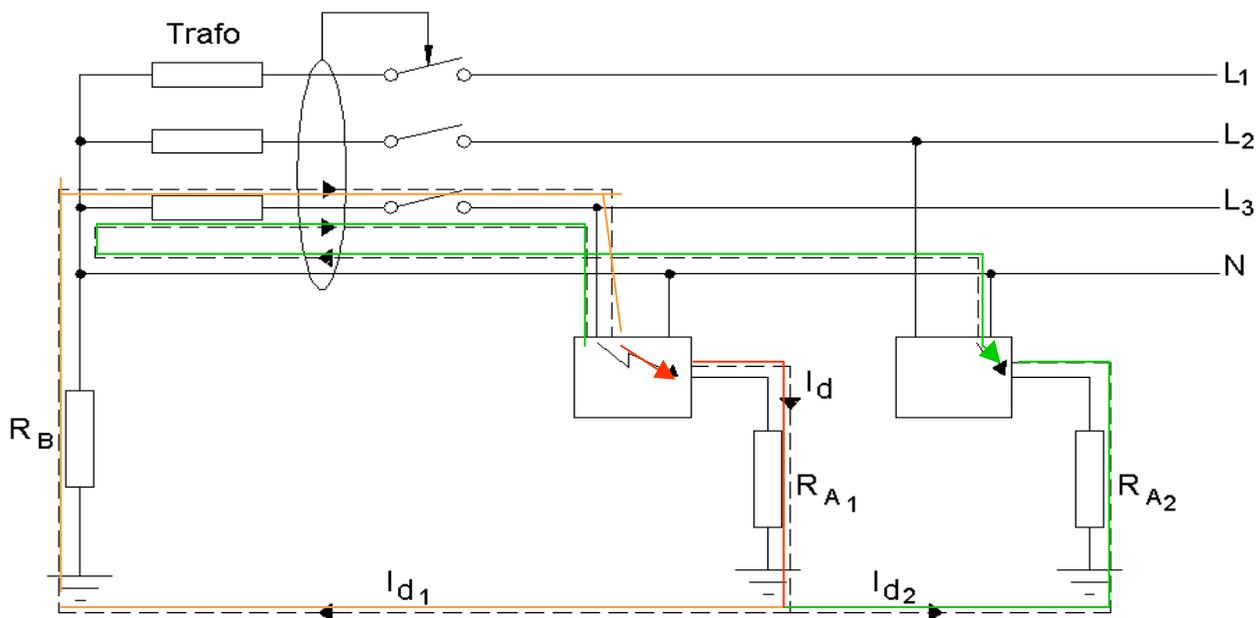
$U_L = 50 \text{ V}$  en locales secos

$U_L = 24 \text{ V}$  en locales húmedos

$I_{Dn}$ (mA)	Resistencia de puesta a tierra de las masas		
	Máxima admisible ( $R_{A, admisible}$ )		
	$U_L = 50\text{V}$	$U_L = 24\text{V}$	$U_L = 12\text{V}$
10	5000	2400	1200
30	1666	800	400
300	166	80	40
500	100	48	24
1000	50	24	12
3000	17	8	4

b- Todas las masas de los aparatos protegidos por el mismo diferencial deben estar conectadas a la misma toma de tierra.

Defecto Neutro-masa seguido de def. Fase-masa con tierras distintas.

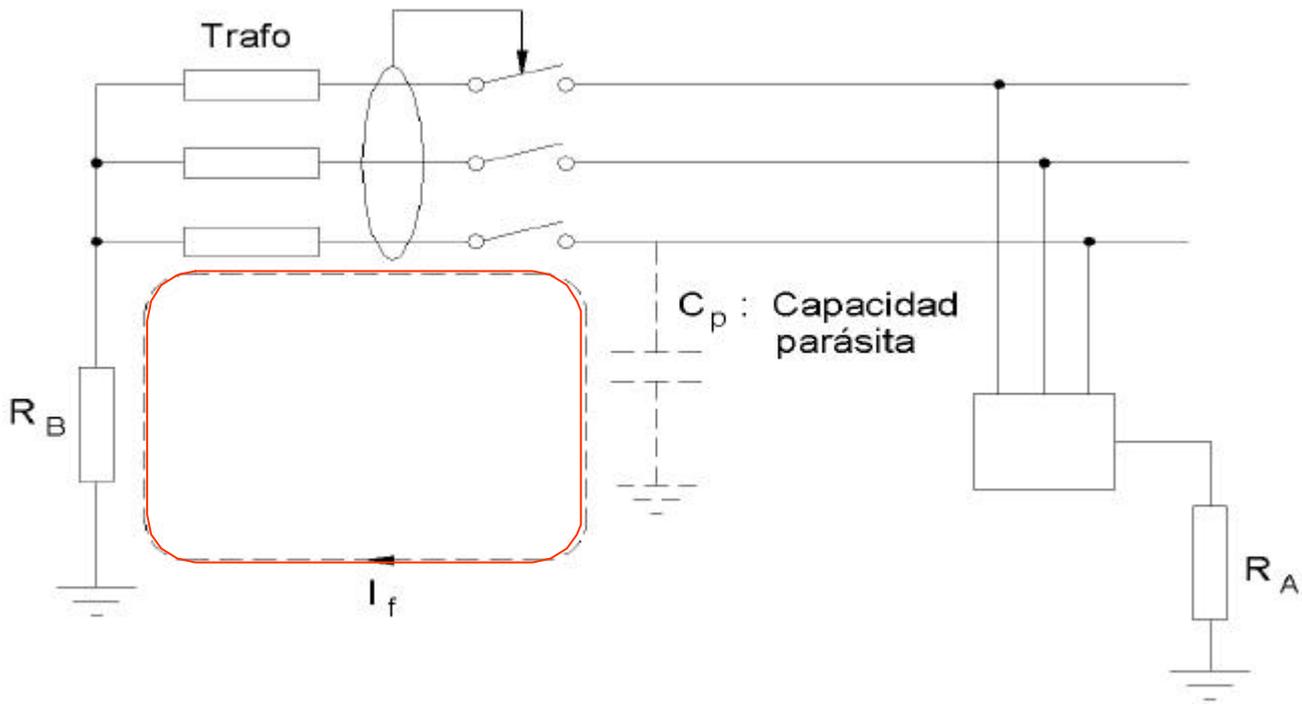


Tensión de contacto:  $U_c = R_{A1} I_d = R_{A1} (I_{d1} + I_{d2})$

Corriente detectada:  $\Sigma i = I_{d1} + I_{d2} - I_{d2} = I_{d1}$

$\Rightarrow$  si  $R_{A1} \cdot I_d \approx U_L \Rightarrow$  diferencial no actúa

## b- Selección de la sensibilidad. Corriente de fugas



$I_{\Delta n}$  interesa que sea lo mayor posible, siempre que se cumpla la condición:

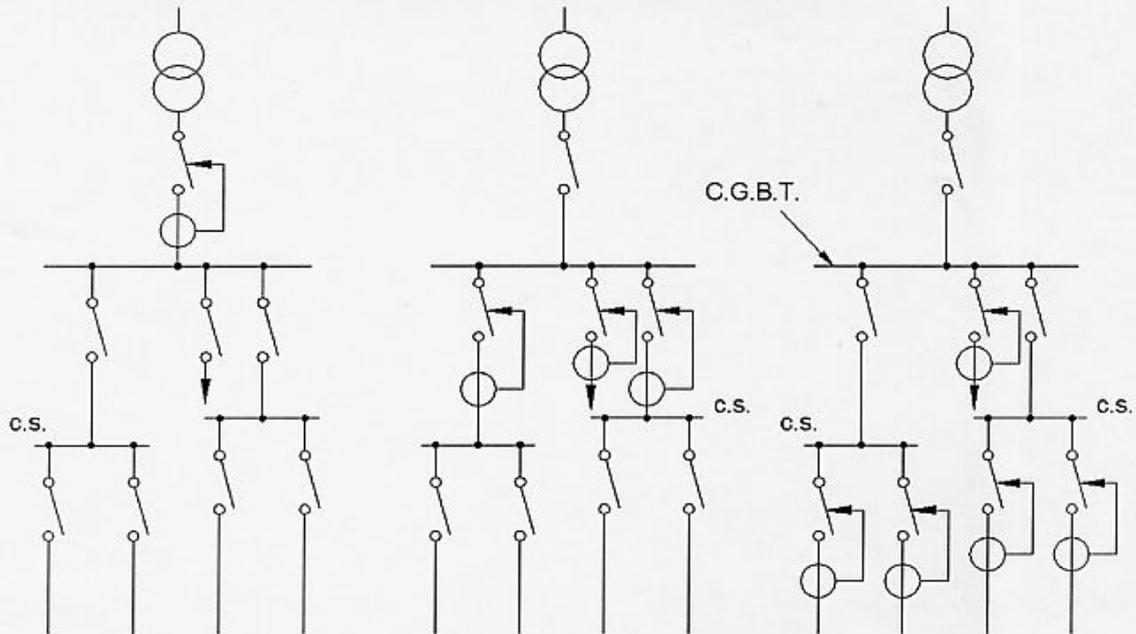
$$I_{\ddot{A}n, nf} \approx \frac{1}{2} I_{\ddot{A}n} \gg I_{fugas}$$

- Instalaciones domésticas  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$
- Instalaciones industriales  $I_{\Delta n} \geq 300 \text{ mA}$

## c- Determinación de $R_A$

$$R_A \ll R_{A, admisible} = \frac{U_L}{I_{\ddot{A}n}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Variación } R_t \\ U_{c \text{ máx}} = \frac{R_A}{R_A + R_B} U_{FN} \end{array} \right.$$

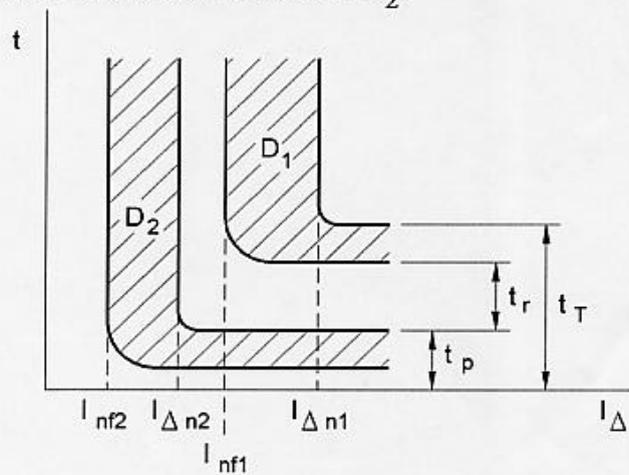
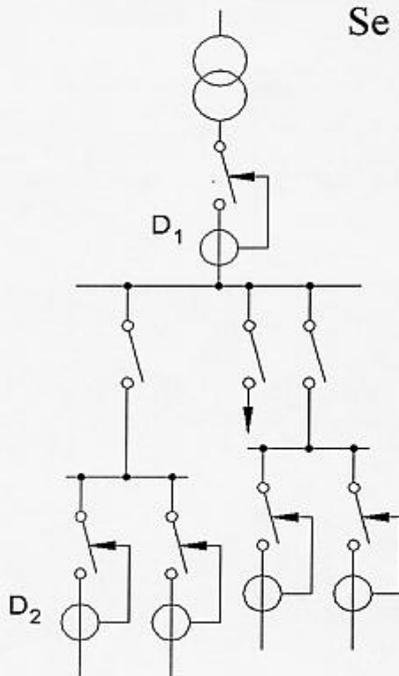
### d- Número y situación de los diferenciales



### e- Selectividad entre diferenciales en serie

Se deben cumplir las siguientes condiciones:

- 1- Característica  $I/t$  de  $D_1$  por encima y a la derecha de la de  $D_2$ .



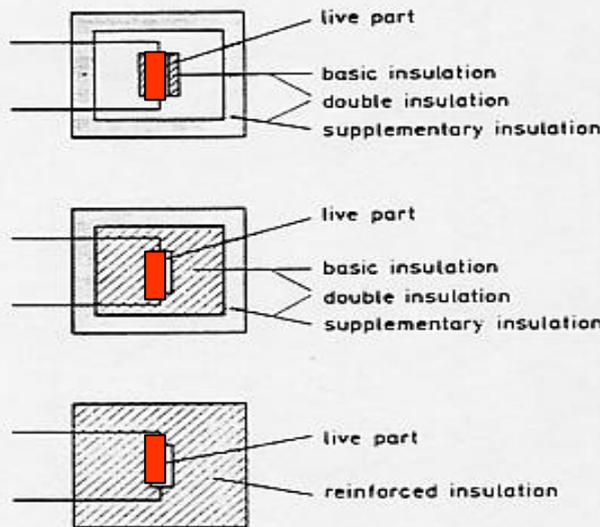
$$2- R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n D_1}}$$

$$3- t_T < t_a$$

$t_a$ : tiempo admisible curva seguridad.

# PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS, SIN CORTE DE LA ALIMENTACIÓN

- Protección mediante el empleo de materiales eléctricos de clase II.



symbol for Class II equipment according to DIN 40 014 and IEC 417 B (1975), see Table 41-C

Figure 41-21 Principle diagrams for Class II equipment; three examples and symbol.

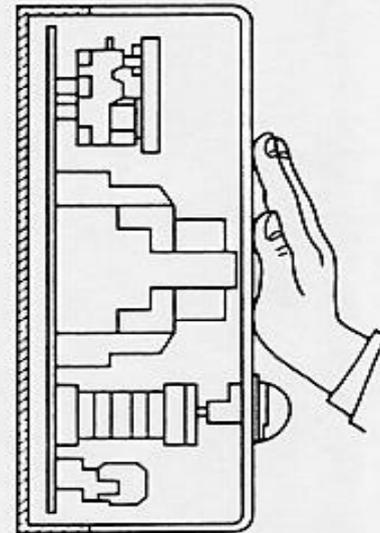
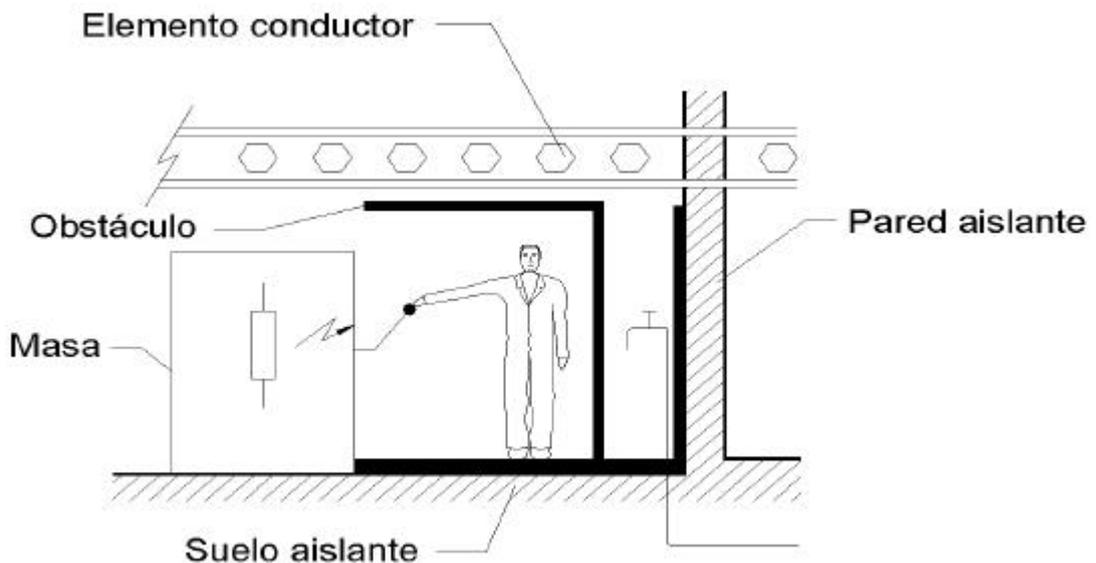


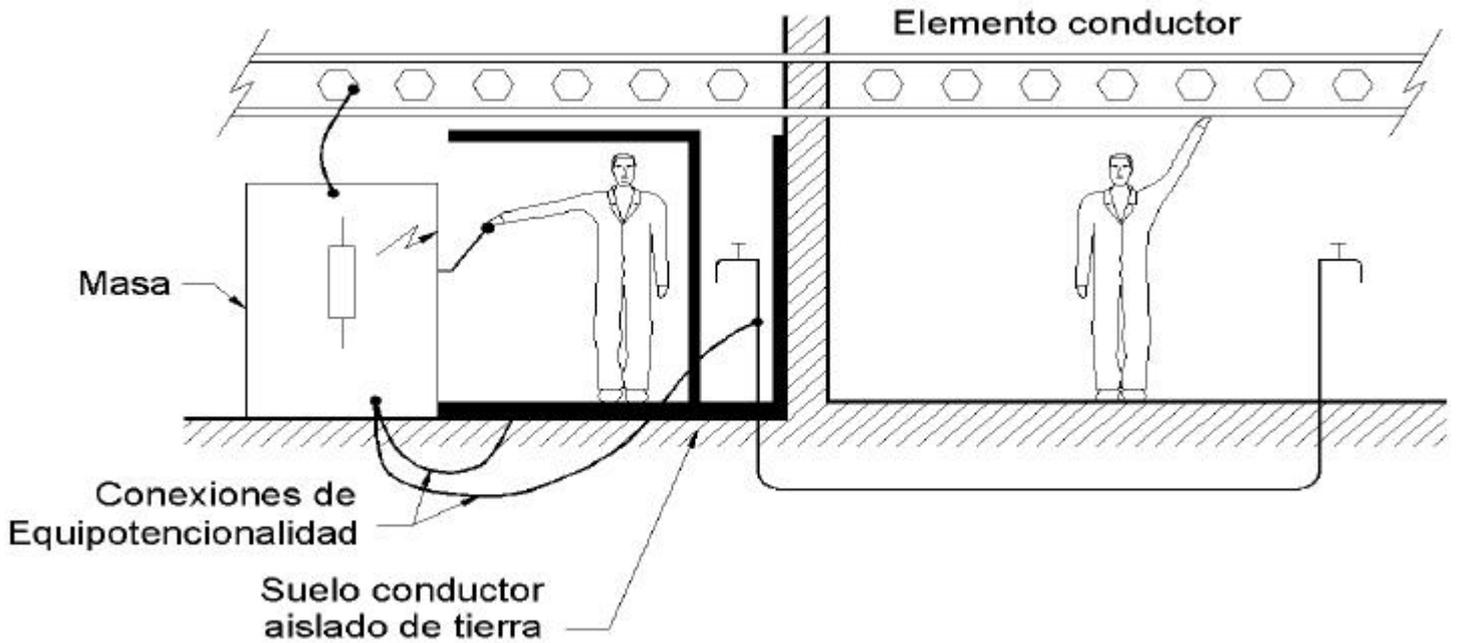
Figure 41-22 Class II equipment by application of "total insulation". Equipment with transparent cover. The occurrence of a touch voltage (also for a short time) is not possible.

(Figure: Klöckner-Moeller GmbH, Bonn)

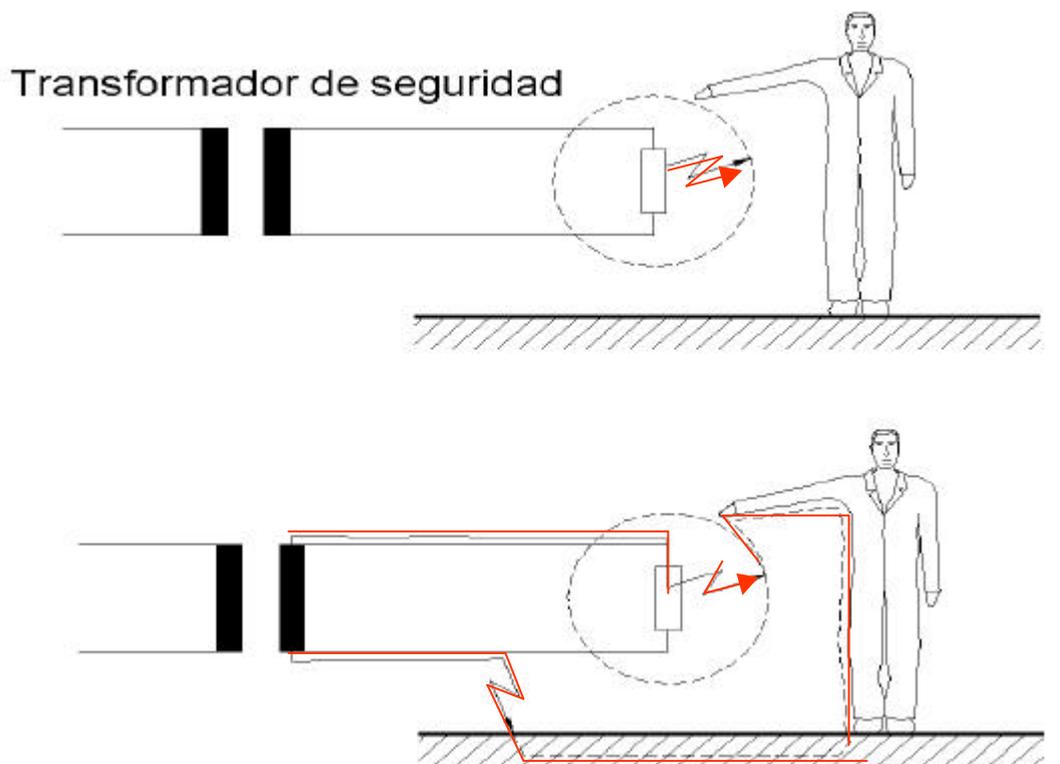
- Protección en emplazamientos no conductores.



- **Protección por conexiones equipotenciales no conectadas a tierra.**

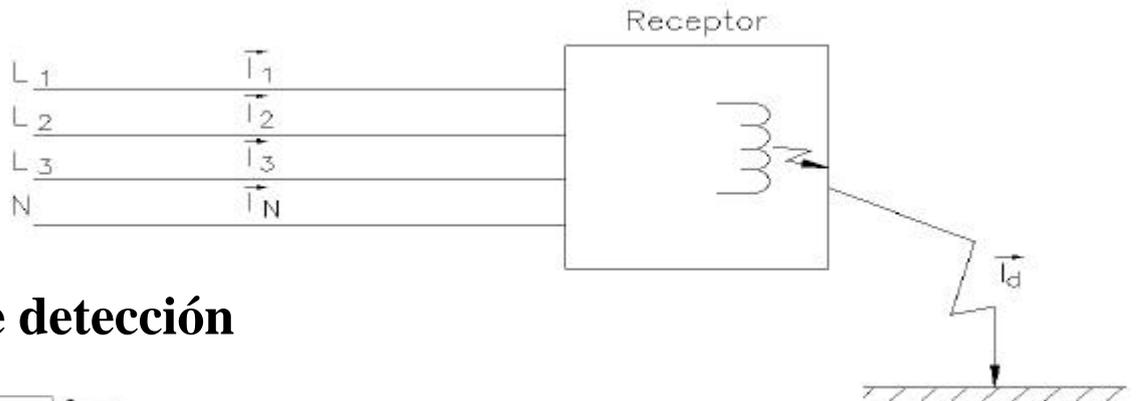


- **Protección por separación eléctrica.**

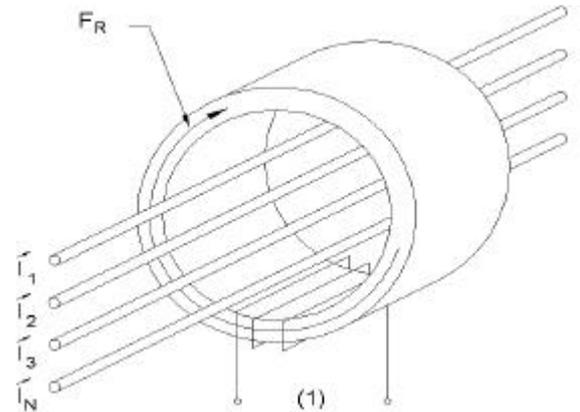
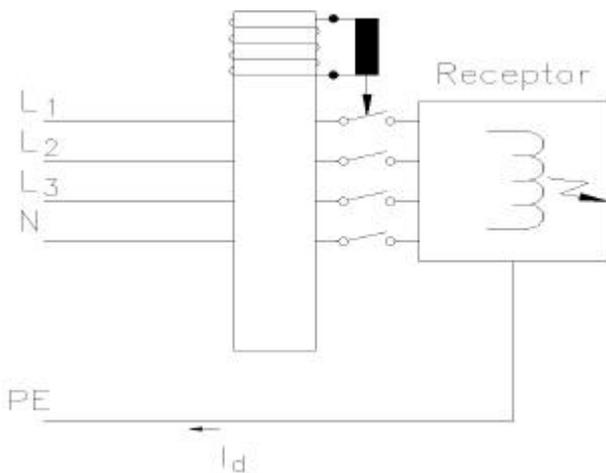


- **Protección por muy baja tensión de seguridad.**

# FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL

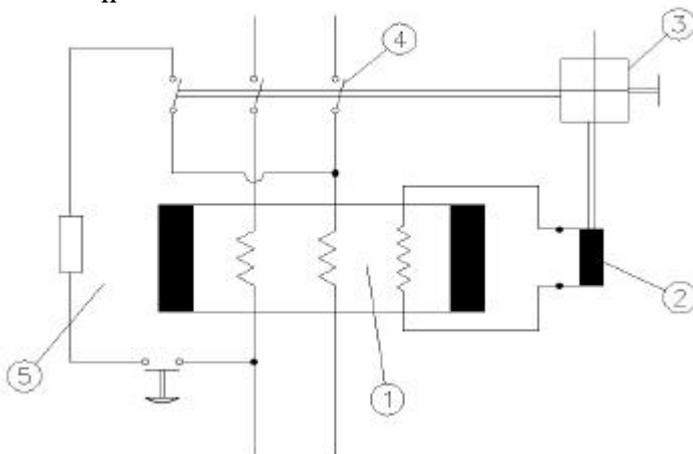


## Sistema de detección



## Interruptor diferencial

(hasta  $I_n \approx 125 - 224 \text{ A}$ )



(1) Transf. intensidad diferencial

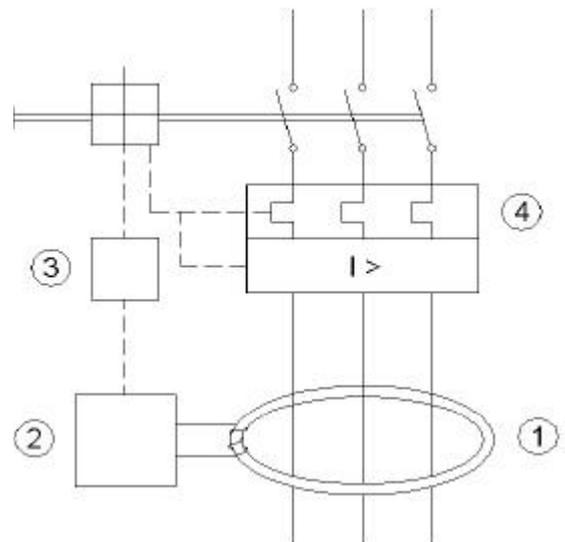
(2) Disparador

(3) Mecanismo retención contactos

(4) Juego de contactos móviles

(5) Circuito de prueba

## Transformador y relé diferencial



(1) Transformador diferencial.

(2) Relé diferencial.

(3) Disparador indirecto

(4) I. A. magnetotérmico.

## Características

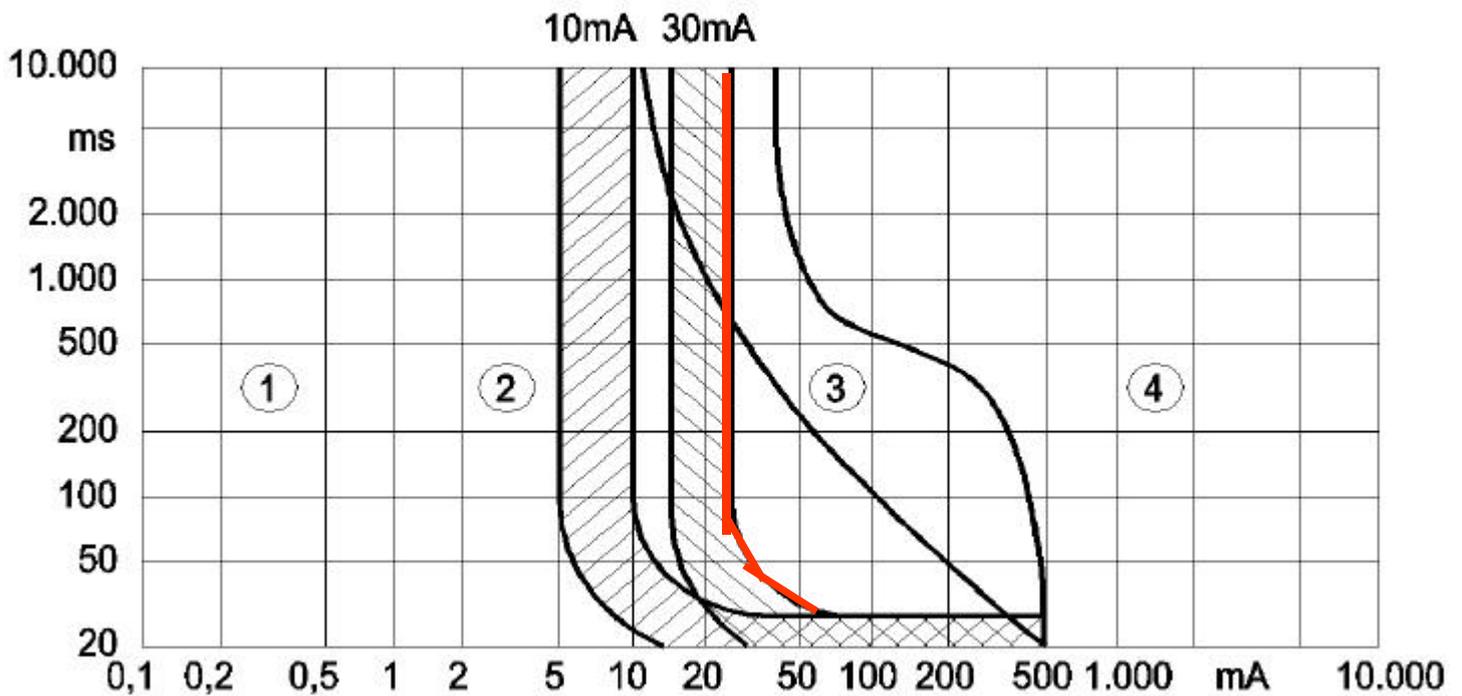
- $I_{Dn}$ : Corriente diferencial nominal (sensibilidad)

[ 10, 30, 300, 500 mA ]

- $I_{Dn,nf}$ : Corriente de no funcionamiento

$$\left[ I_{\ddot{A}n, nf} \approx \frac{1}{2} I_{\ddot{A}n} \right]$$

- Características  $I/t$



## DISEÑO DE UNA PROTECCIÓN DIFERENCIAL

- a- Condiciones que debe cumplir.
- b- Selección de la sensibilidad  $I_{\Delta n}$ .
- c- Determinación de  $R_A$  máx.
- d- N° y situación de los diferenciales.
- e- Selectividad entre diferenciales en serie.