4.2. Protección de alimentadores
Con fusibles

Introducción

- **En el seccionamiento de líneas aéreas de distribución llevan como elemento de protección y de maniobra seccionadores fusibles de expulsión (CUT-OUT)**

- **También se utilizan en la protección contra cortocircuitos de líneas y transformadores de distribución**

- **Protegen contra Cortocircuitos**

- **Es el método de protección mas antigua**

- **Se basa en el incremento de la temperatura que sufre el elemento fusible, al pasar la Sobrecorriente**

- **El tiempo de fusión es inverso a la sobrecorriente.**

Ventajas

- **Es un método de protección simple**

- **Relativamente económico**

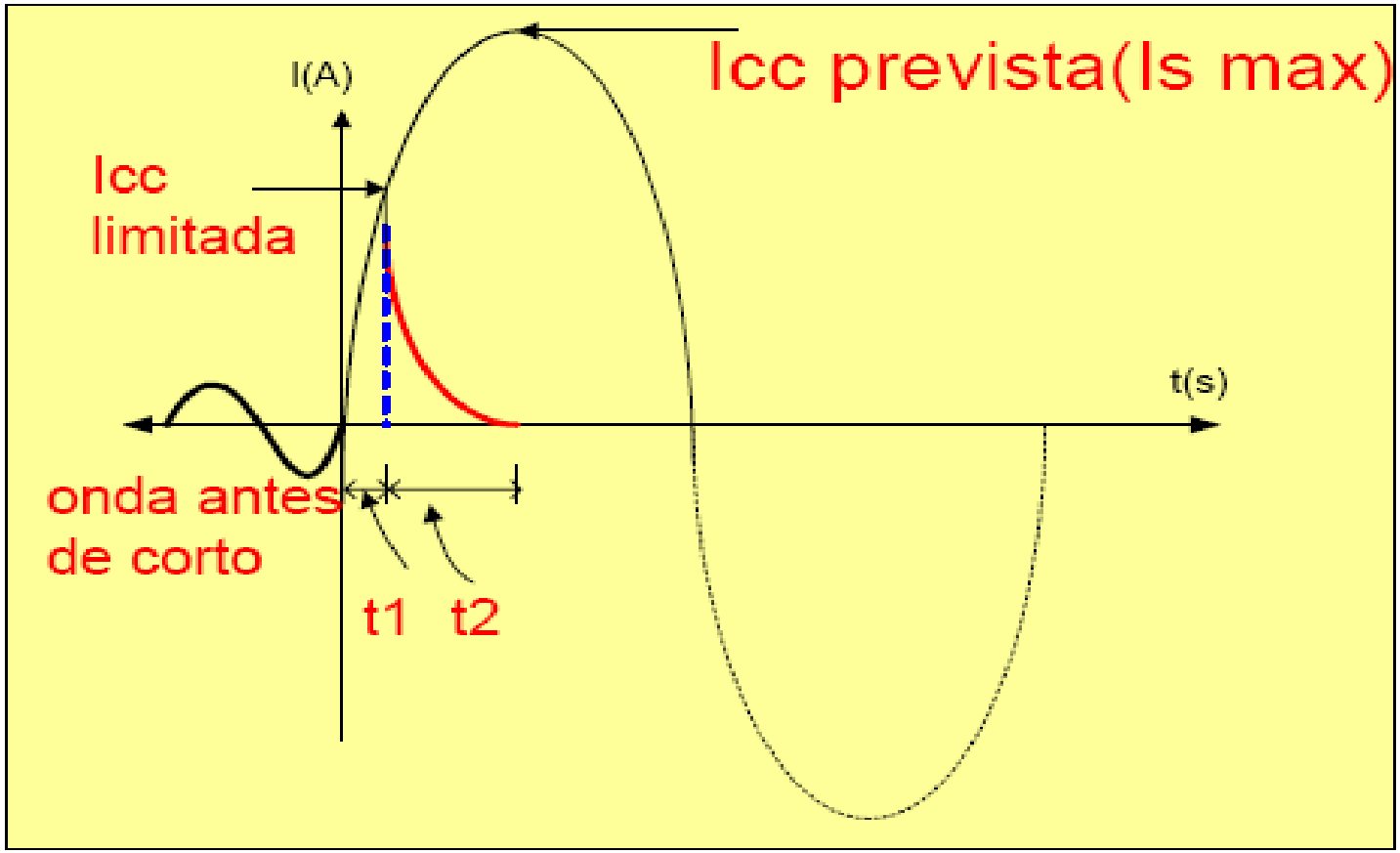
- **Limita y extingue las corrientes de cortocircuito en ¼ de ciclo, reduciendo así las solicitaciones térmicas y dinámicas en la instalación**

- **Su funcionamiento es independiente**

Desventajas

- **Poca precisión**
- **Envejecimiento**
- **Tiempos de operación demasiado prolongados para las sobrecargas**
- **No es conveniente para sobre corrientes débiles**
- **No deben ser reparados (pierde sus características)**
- **Si actúa una fase debe cambiarse los tres**

Etapas de operación



t1 : Pre arcing t2 : Arcing

T =t1 +t2 tiempo total de aclaración aprox. 1/4 de ciclo(5ms)

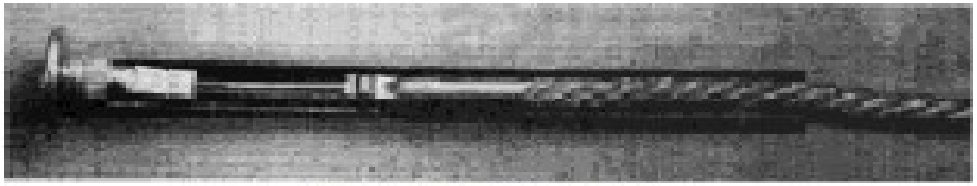
Clasificación De Los Fusibles

Para Media Tensión:

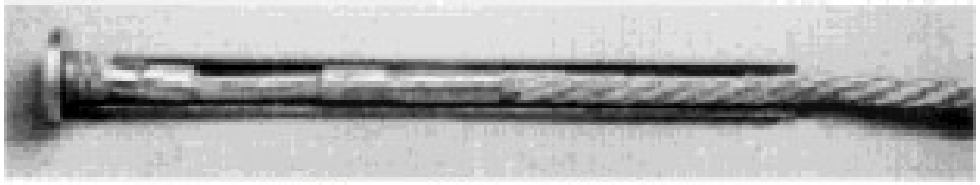
Por el tipo de operación;

•Tipo expulsión(FE)

* Tipo limitadores de corriente(FLC)



Type K Fuse Link



Type T Fuse Link

Fusibles de expulsión

CLASES: - De un solo elemento fusible
- De dos elementos fusibles (para bajas corrientes y longitud corta.

MATERIAL: Puede ser de plata ,Cu,Pb,Estaño o aleaciones.

CLASES POR CAPACIDAD DE INTERRUPCION:

-Expulsión de Potencia (alta capacidad de corte)
-Expulsión tipo listón(baja capacidad de corte**)**

Clasificación de los fusibles tipo expulsión

Clasificación según la velocidad:
- Fusibles de expulsión (Tipo N,K,T)

Por el tipo de utilización:

-Fusibles de Potencia(2.18-169 kV)....X/R=10-25
-Fusible de distribución(5.2-38kV).....X/R=8-15

Selección para distribución

- La selección depende de la filosofía de protección que se aplique al sistema

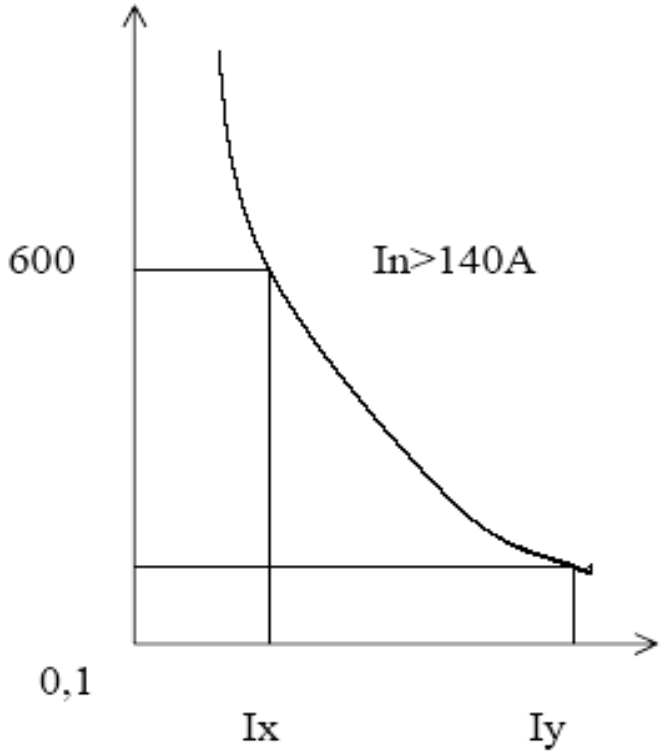
- Fusibles tipo rápidos (K), desconectan al sistema de fallas en menor tiempo y coordinan mejor con los relés

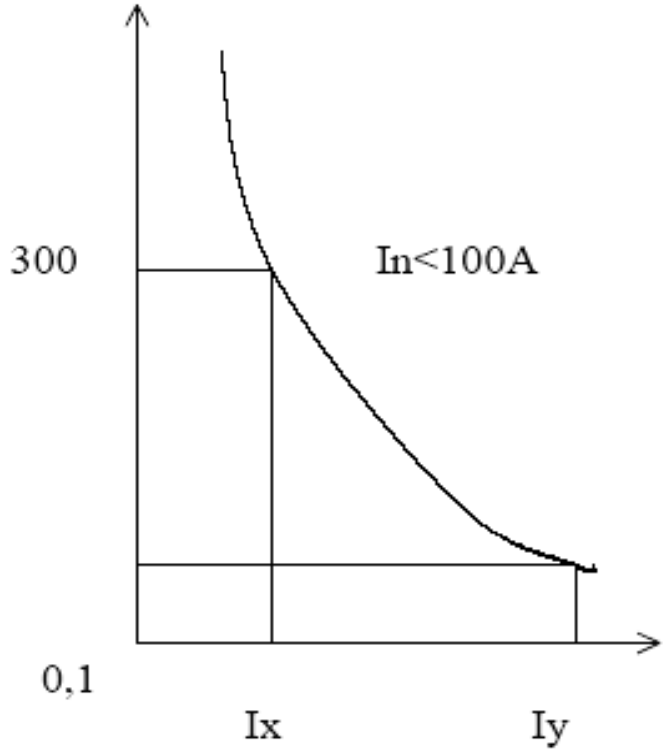
- Los fusibles Lentos(T), soportan corrientes transitorias mayores(Corrientes de arranque, carga fría, etc.) y coordinan mejor con otros fusibles de la misma clase y de clase diferente)

Relación de rapidez

- Los dos tipos de fusibles mas comúnmente aplicados en sistemas de distribución son clasificados como fusible rápido (K) y lento (T); y sus características son definidos por el estándar ANSI C37.43. Para los fusibles T se definió un ratio de velocidad de 6 a 8, y para los fusibles K un ratio de velocidad de 10 a 13. El ratio de velocidad es la razón de la corriente mínima de fusión a 0.1s a la corriente mínima de fusión a 300s o 600s(140A y 200A), dependiendo de la corriente rating del fusible.

Relación de rapidez





Iy/Ix= 6-8 (T)

Iy/Ix= 10-13 (K)

Otra característica

• Típicamente, adicionalmente a estos puntos, también es especificado the long-time continuous current de un fusible. Este generalmente sería 150% del rating para fusibles de estaño y 100% del rating para fusibles de plata.

Selección de fusibles

Para la selección se tiene en cuenta:

- Máxima carga normal
- La corriente de arranque
- La carga fría

Para seleccionar la tensión adecuada se debe tener en cuenta:

- Conexión del sistema
- Tensión del sistema
- Conexión de los transformadores del sistema
- Tipo de aterrizaje a tierra

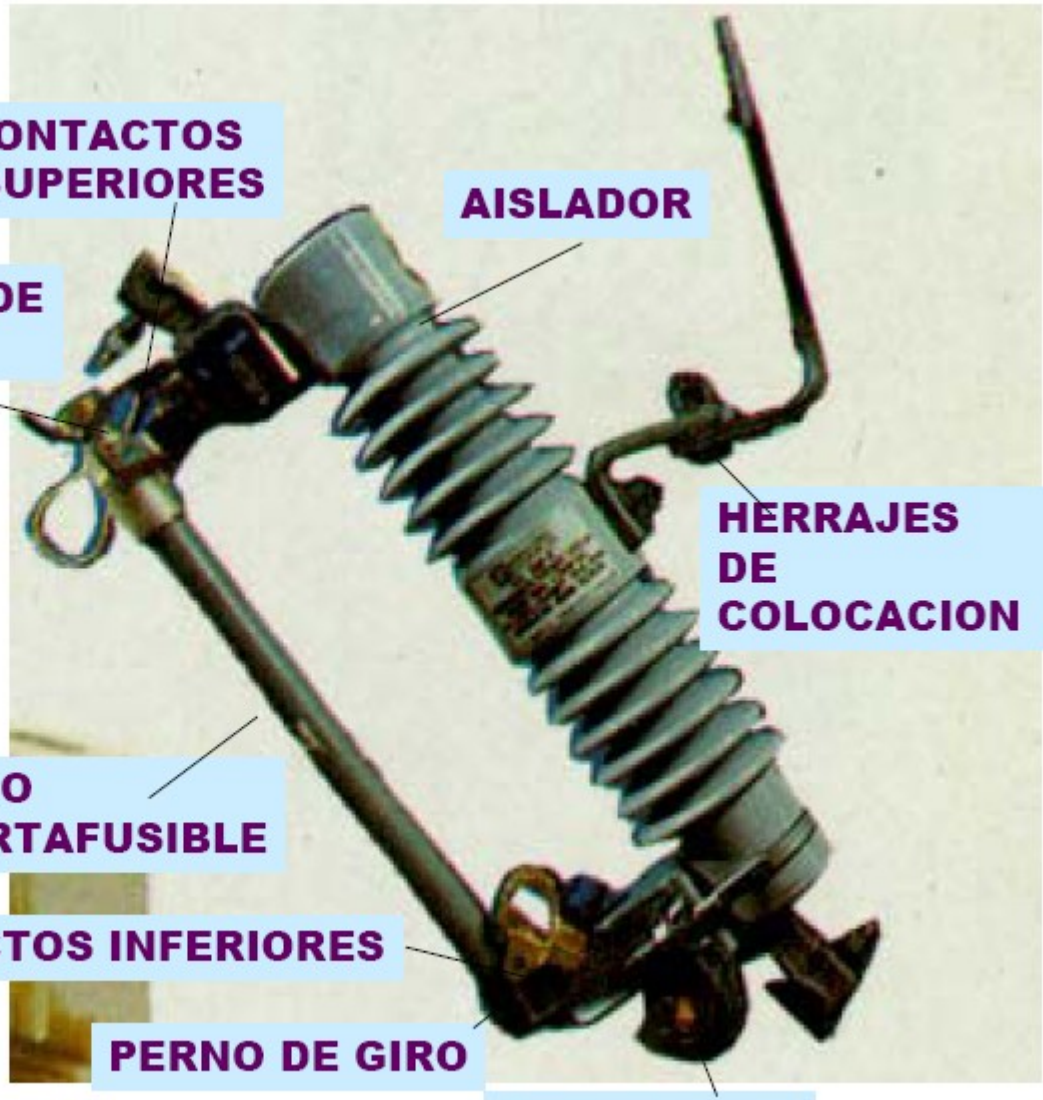
Capacidad de los fusibles para distribución

- Según NEMA los fusibles pueden llevar una carga continua de 150% de su valor Nominal

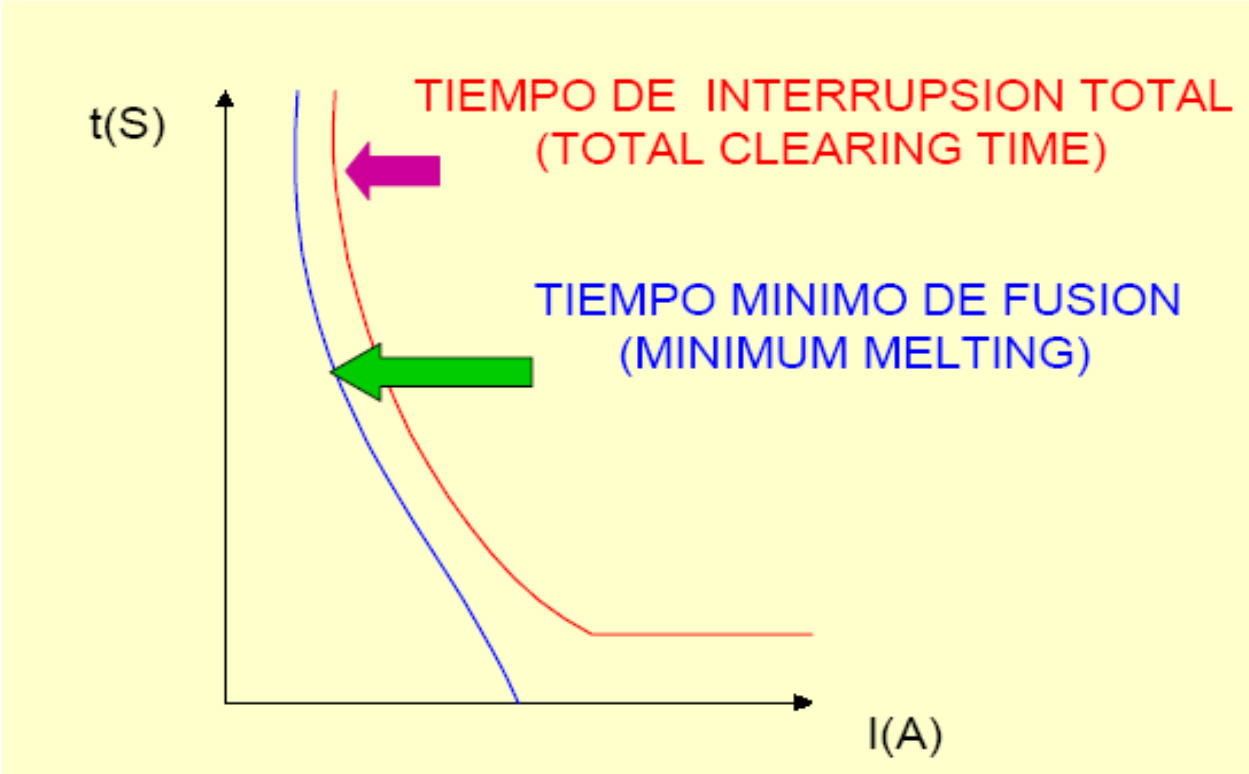
- Las temperaturas extremas y las precargas afectan las curvas t-I es necesario tener presente.

In (KoT)	Icontinua(A)
6	9
8	12
10	15
12	18
15	23
20	30
25	38
30	45
40	60
50	75
65	95
80	120
100	150
140	190
200	300

Seccionador Fusible De Expulsión Tipo CUT-OUT



CARACTERISTICA DE RESPUESTA DE FUSIBLES DE EXPULSIÓN



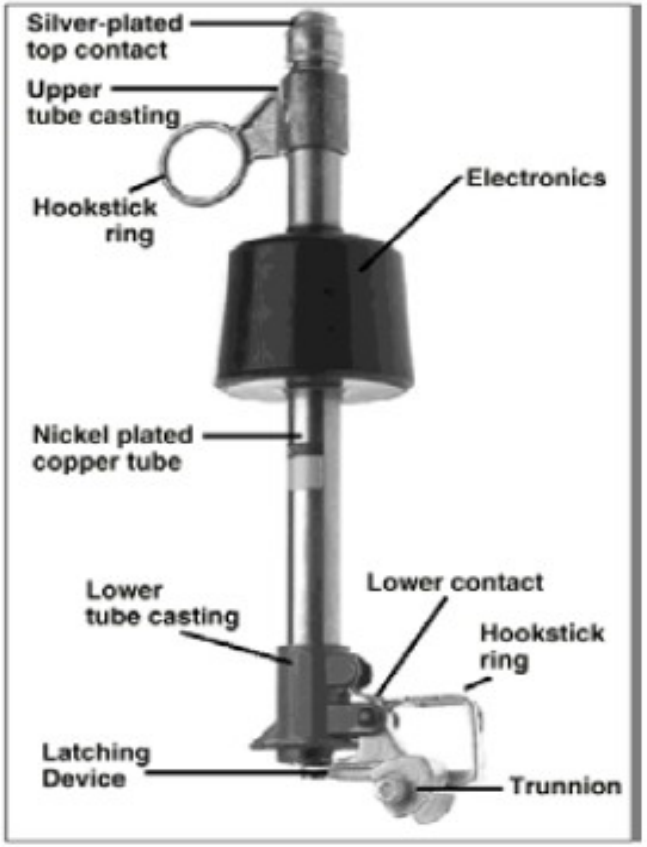
TIPOS DE FE LISTON: **-Tipo K respuesta rápida**
-Tipo T respuesta lenta

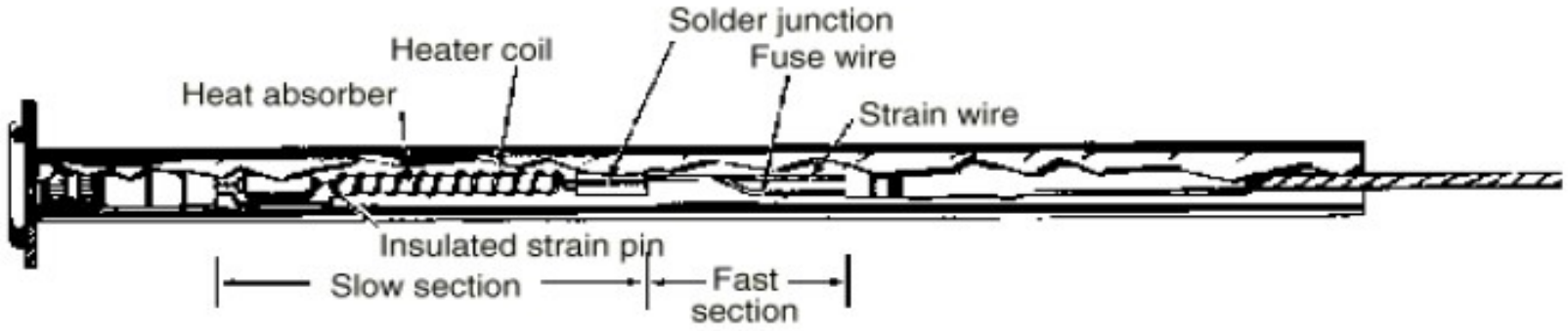
CARACTERISTICAS
Seccionador Electrónico Restablecible (SER)

- **Dispositivo de protección para redes aéreas de distribución**
- **Posee un censor electrónico incorporado**
- **Discrimina una falla temporal de una falla permanente**
- **Mejora el sistema de coordinación con reclosers**
- **Es montado en un seccionador estándar**
- **Abre como un tubo porta fusible Para dar una indicación visual de una falla permanente**
- **Después de reparar la falla simplemente se reestablece**

Evolución:
Fusible tipo Link ➡ SER

SER = Cut out Standard + Modulo electrónico





Consideraciones que debe tenerse al seleccionar fusibles en MT

- Icc mínimo en el punto de instalación (punto final del tramo protegido)
- Relación R/X en la impedancia equivalente(Ze)
- Curva de daño de los elementos a proteger(conductor, transf. Etc)
- Curva de Energización de del transformador(Inrush y carga fría)

Elección del Fusible en MT

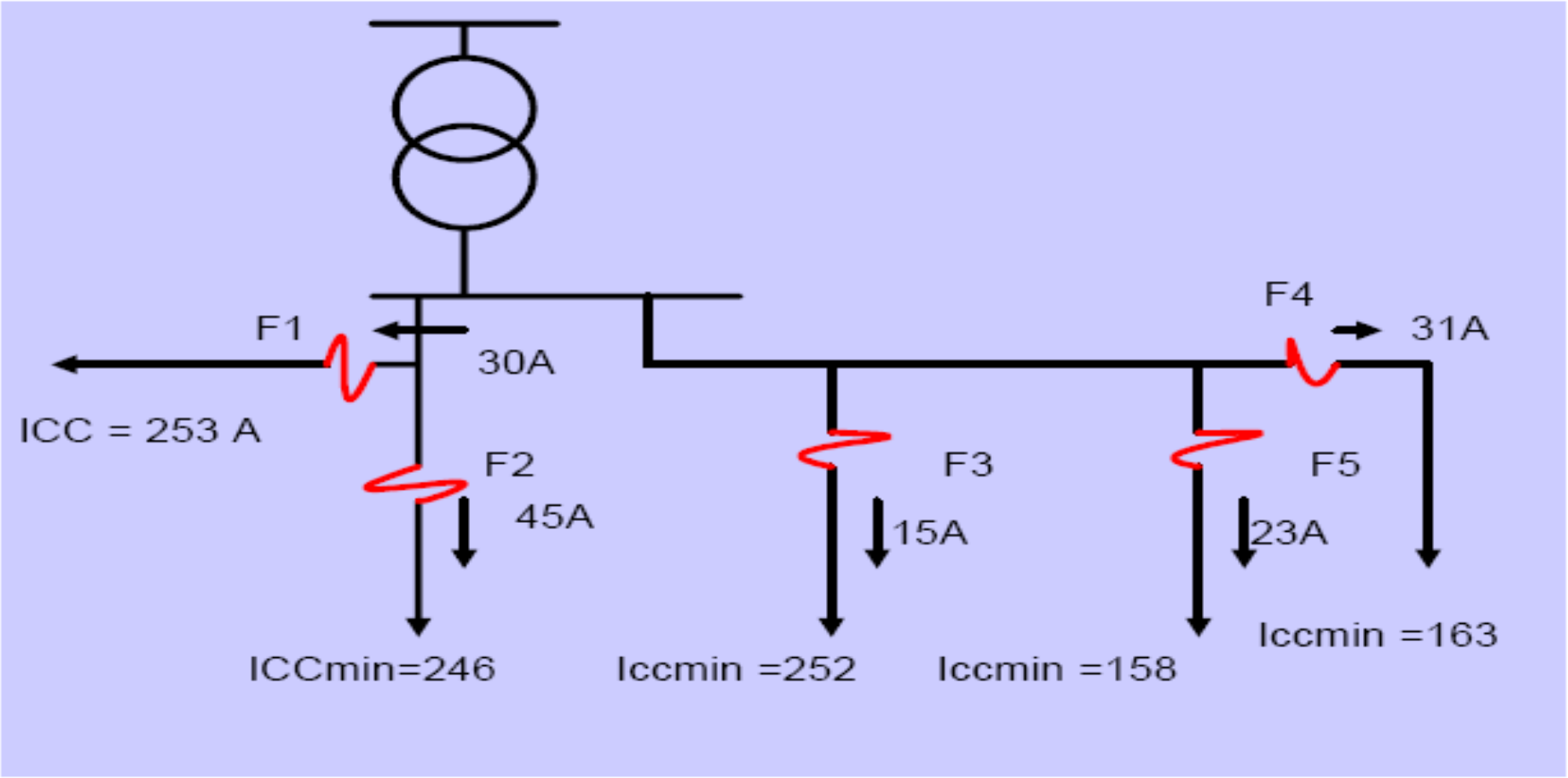
A) Para Proteger Alimentadores Troncales

$$k \bullet I_{CARGA\ MAXIMA} < I_{NOMINAL\ FUS} < 0.25 I_{CC\ MIN}$$

K >/= 1.2

Factor de crecimiento de la carga considera la Energización

Ejemplo : Seleccionar los fusibles en los puntos indicados del sistema eléctrico mostrado utilizar fusibles tipo expulsión listón (tin) velocidad lenta los fusibles son de estaño.



I Permanente de fusible =1.5(In) para fusible tin
=1.0(In) para fusible silver

Solución: **Para F1 30*1.2 < F1n <0.25 * 253**

36 < Ipf < 63.5

Iperm. De fus =1.5*25=37.5 por lo tanto se elige In=25A tipo M25T.

Protección Protección de transformadores de distribución

- Consideraciones
- Tecnología de los fusibles en BT
- Fusibles de expulsión
- Fusibles limitadores de corriente
- Interruptores TM

Consideraciones

- **Protección de sobrecarga**
- **Protección por cortocircuito**
- **Protección de fallas internas**

Consideraciones

• La NEC (National Electric Code) provee los estándares mínimos de protección de sobrecorrientes para el ajuste de los dispositivos de protección de transformadores.

• A. Transformadores con tensiones nominales superiores a 600V

• Si no existe protección secundaria, estos transformadores requieren como protección primaria un interruptor(CB) o fusible que disparará a no mas del 300% o 150% de la corriente nominal del transformador respectivamente.

• Si existe un interruptor(CB) o fusible en el secundario los requerimientos de protección dependen de la tensión de cortocircuito del transformador y voltaje secundario además del tipo de protección como se resumen en la Tabla No.2.

Consideraciones

Tabla No.2 Máxima Protección de Sobrecorriente en %

Impedancia nominal del transformador	Lado primario		Lado secundario		
	V prim>600V		V sec>600V		V sec≤600V
	I setting CB	I nom fusible	I setting CB	I nom fusible	I setting CB o Inom fuse
Vcc≤ 6%	600%	300%	300%	150%	250%
10%≤Vcc< 6%	400%	200%	250%	125%	250%

Consideraciones

• Los fusibles como protección primaria de los transformadores deben ser capaces de hacer lo siguiente:

• (1) Soportar la corriente de energización del transformador (magnetizing inrush current). En general el inrush current de los transformadores puede llegar de 8 a 12 veces la corriente nominal del transformador por un período máximo de 0.1s. Este punto debe caer debajo de la curva del dispositivo de protección primario del transformador.

• (2) Eliminar un cortocircuito franco secundario antes que el transformador sea dañado. De acuerdo con IEEE Std 462-1973, los transformadores estándar son diseñados para soportar los esfuerzos internos causados por cortocircuitos en los terminales externos dentro de las siguientes limitaciones:

Consideraciones

- 25.0 veces la corriente base por 2s
- 20.0 veces la corriente base por 3s
- 16.6 veces la corriente base por 4s
- 14.3 veces la corriente base por 5s

Curva de daño térmico

• Las curvas de daño de los equipos y materiales son proporcionadas por los fabricantes sin embargo, para el caso de transformadores se puede tomar el criterio establecido en la “Guía de duración de corrientes de transformadores” (P784/D4 de la norma ANSI C 57.12.00 para transformadores auto enfriados de 1-500kVA:

Límites de Funcionamiento

Límites de Calentamiento

-En un ciclo normal la I < 1,5 In

-t < 140°c (velocidad de degradación responde a una función exponencial de la temperatura de modo que la perdida se duplica para cada incremento de 6°c

Límites de Funcionamiento

Capacidad de resistencia a cortocircuito o limite térmico según ANSI C.57.109

☑ Los transformadores se clasifican en categorías

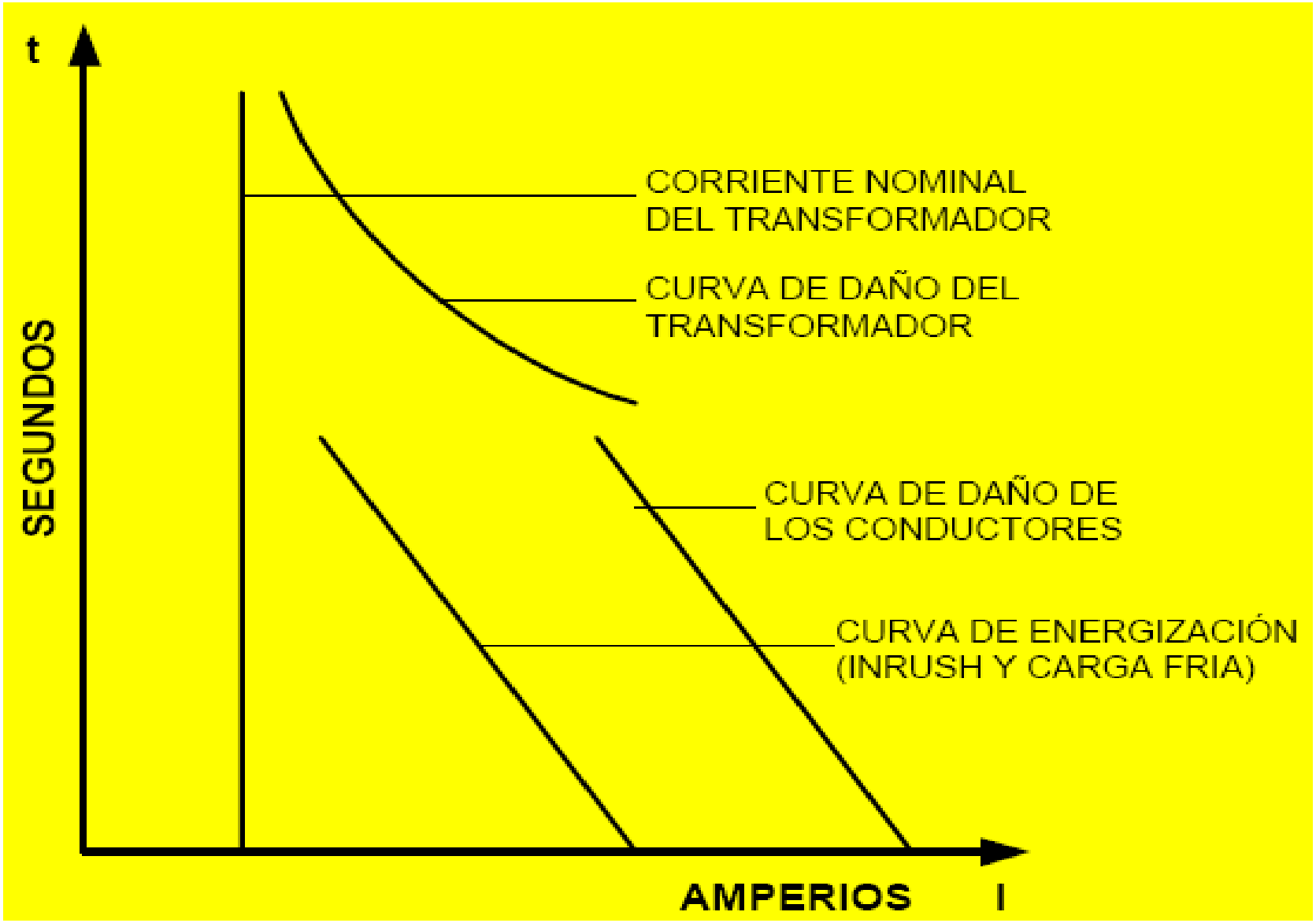
Categoría	Monofásico (Kva.)	Trifásico (Kva.)
I	5 a 500	15 a 500
II	501 a 1667	501 a 5000
III	1668 a 10000	5001 a 30000
IV	> 10000	> 30000

VALORES I-T PARA DEFINIR CURVA DE DAÑO

Tipo de daño	N° de veces la corriente	Tiempo en segundos
Térmico	2	2000
	3	300
	4	100
	5	50
	6	35
	7	25
	8	20
	9	15
	10	12.5
	15	5.8
	20	3.3
	25	2
Mecánico	30	1.5
	40	0.8
	50	0.5

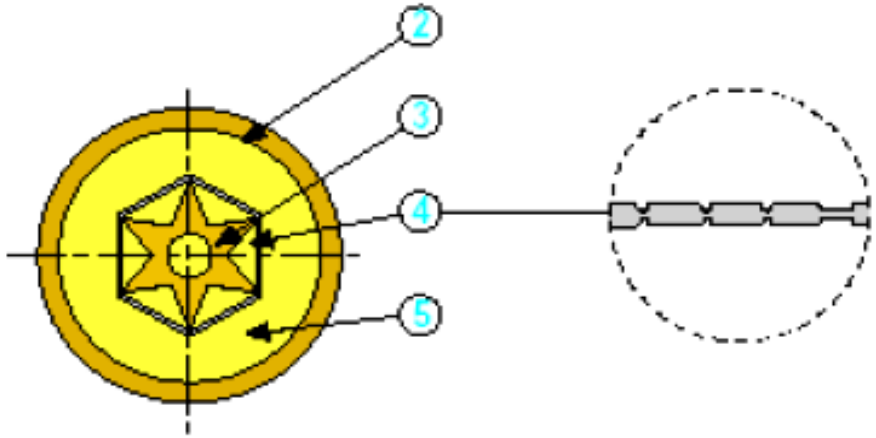
VALORE I-T PARA DEFINIR CURVA DE ENERGIZACION

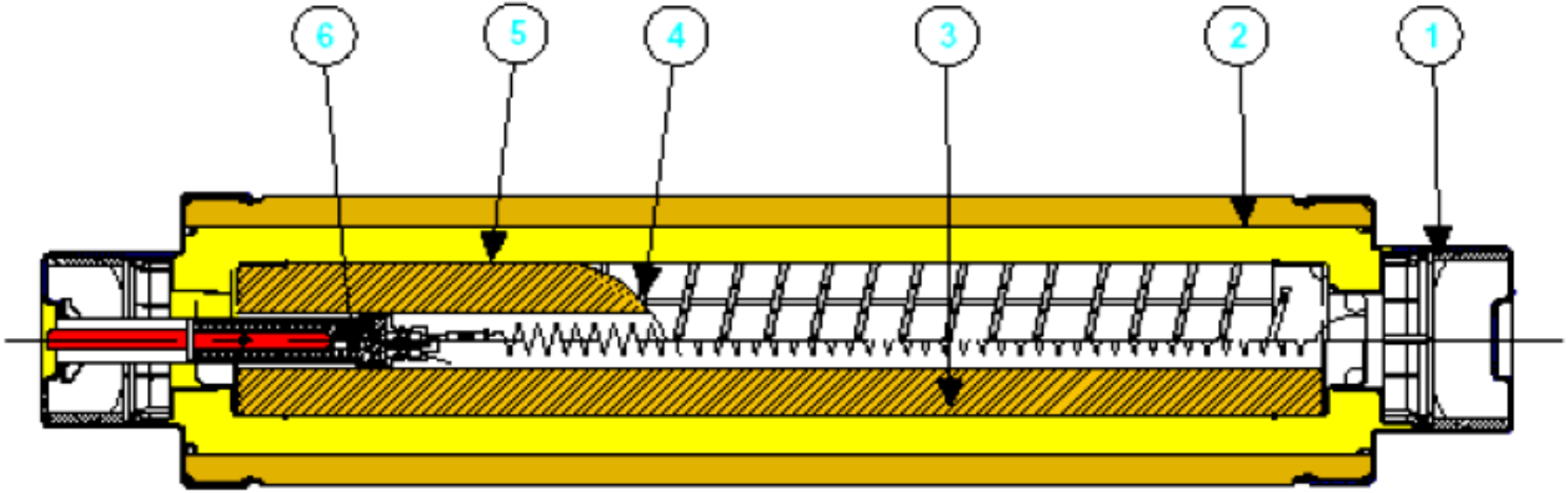
Corriente transitoria	N° de veces la corriente	Tiempo en segundos
INRUSH	25	0.01
	12	0.10
Carga fria	6	1.00
	3	10.00


t
SEGUNDOS
CORRIENTE NOMINAL
DEL TRANSFORMADOR
CURVA DE DAÑO DEL
TRANSFORMADOR
CURVA DE DAÑO DE
LOS CONDUCTORES
CURVA DE ENERGIZACIÓN
(INRUSH Y CARGA FRIA)
AMPERIOS
I

Partes De Un Fusible De MT Limitador De Corriente

1 - caperuzas
2 - tubo exterior
3 - nucleo
4 - elemento fusible
5 - arena de extinción
6 - percutor térmico





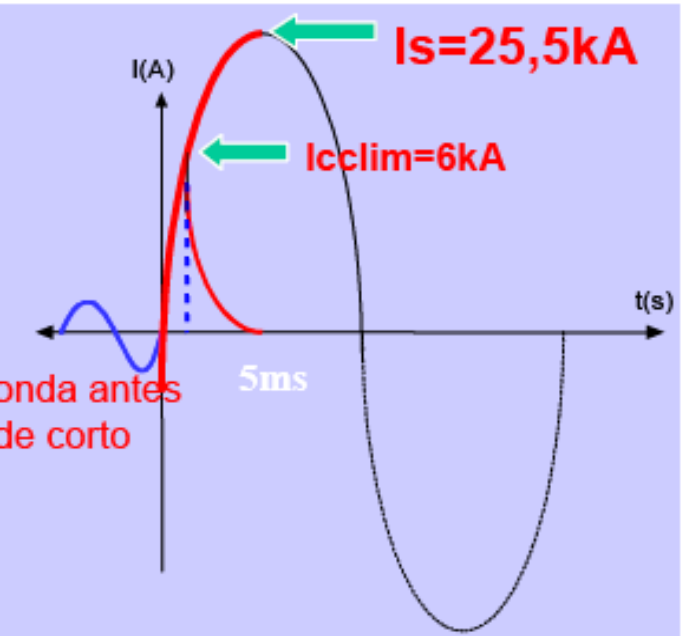
Fusible de MT Tipo CEF

Icc=10kA

Inf=63A

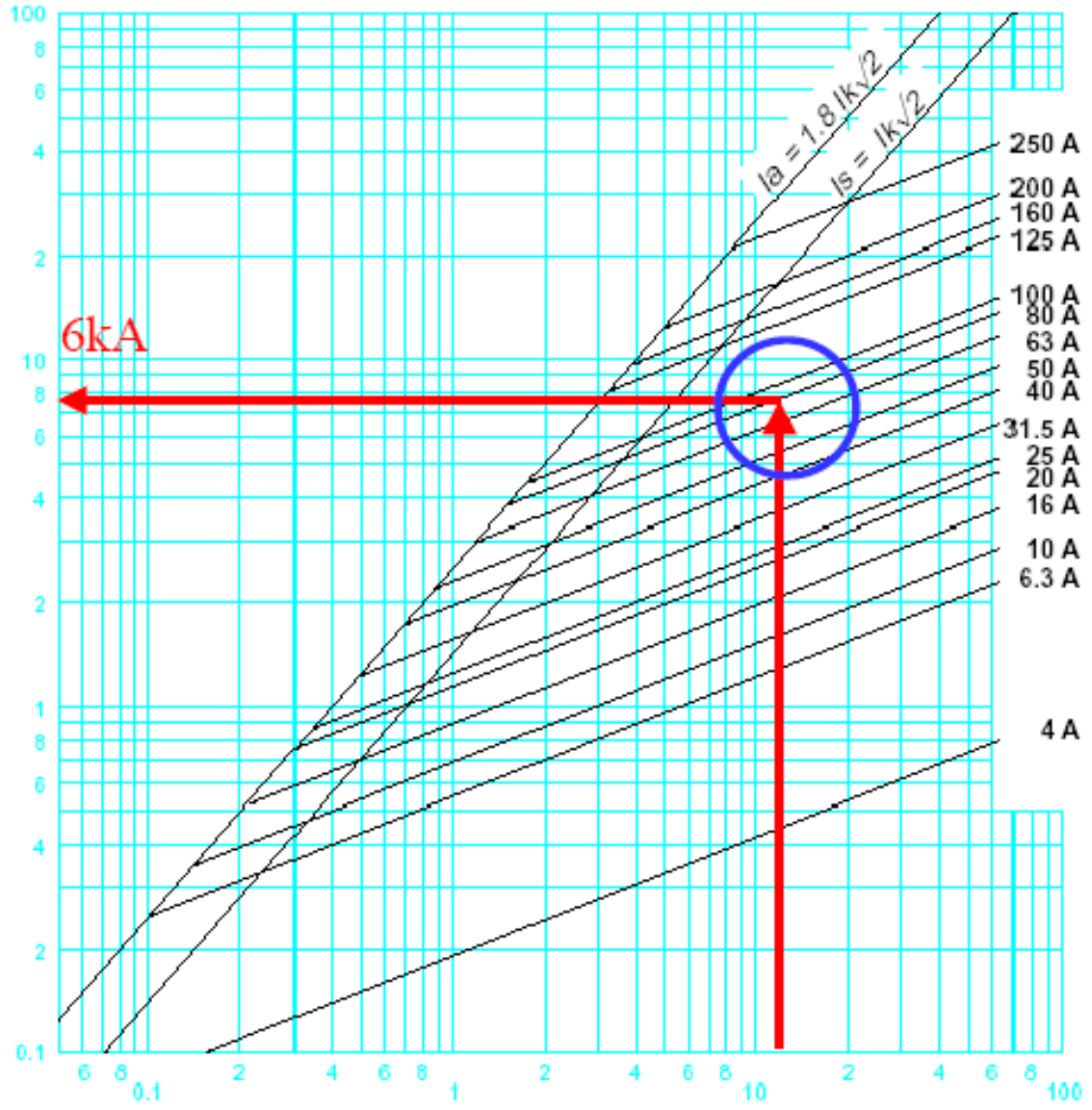
Icclim=6kA

Is=1,8x1,4142x10=25,5kA



Curvas de limitación de intensidad 3,6 - 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 kV

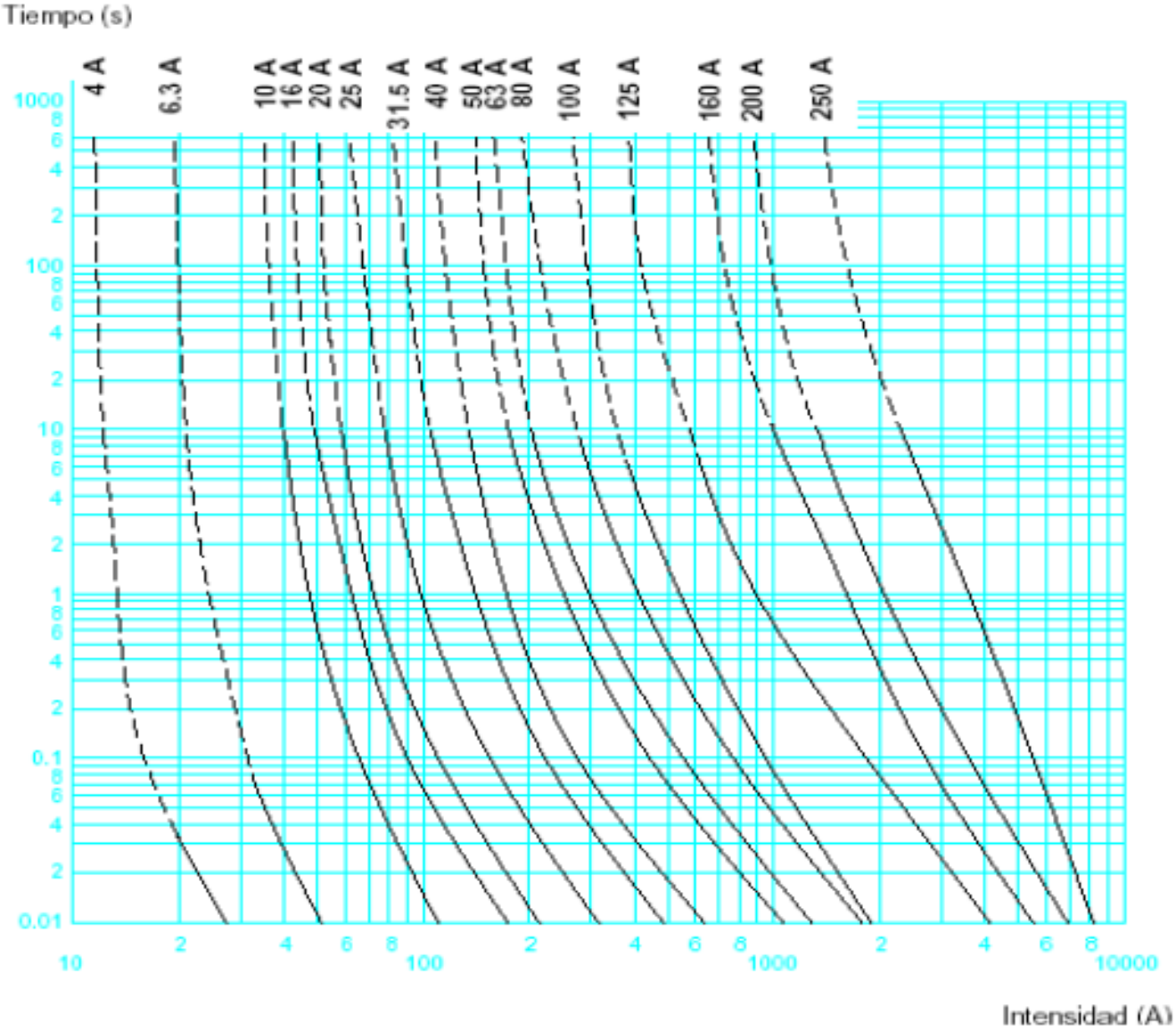
Valor máximo de la intensidad limitada (kA)



Intensidad presunta de cortocircuito (kA eficaces)

Curva Característica de Fusible de MT Tipo CF

Curvas características tiempo-intensidad 3,6 - 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 kV

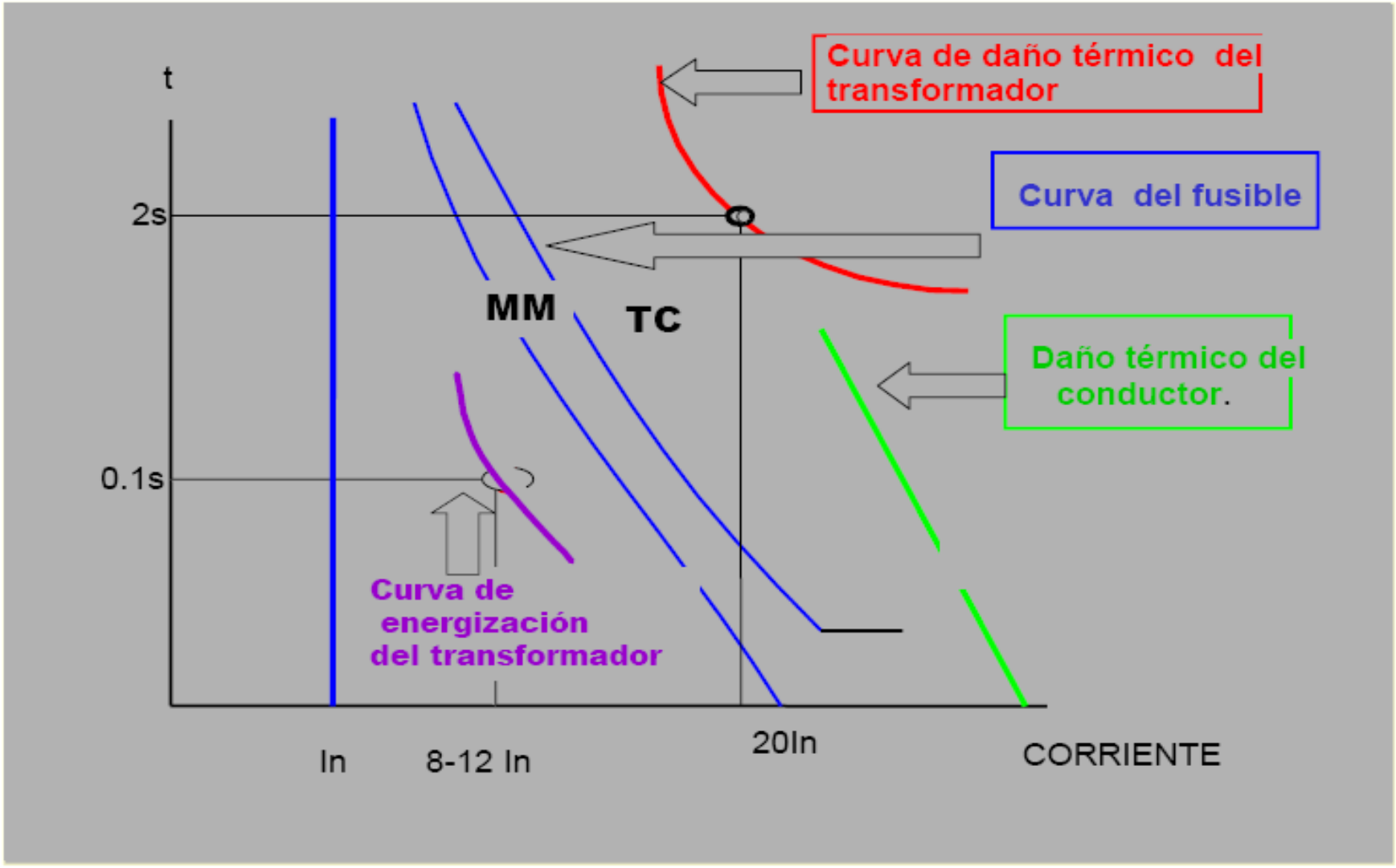


Fusibles como Protección de transformadores de distribución

Consideraciones

- **In del transformador**
- **Curva del daño térmico del transf. Dato típico:(20In--2seg.)**
- **Curva de daño térmico de los conductores(catálogo de fab.)**
- **Curva de energización del trafo.(Inrush y carga fria) dato típico (8 a 12In----0.1 seg.) (IEC-76)**

Curvas Típicas del Transformador



Aplicación: Elegir el fusible adecuado un transformador de 630kVA.10/0.23 kV, sabiendo que el fusible debe ser limitador de corriente en MT.

Según CNE T IV

Inf =1.5 In trafo **,(si el valor de cálculo no corresponde en el catalogo se usa el inmediato superior)**

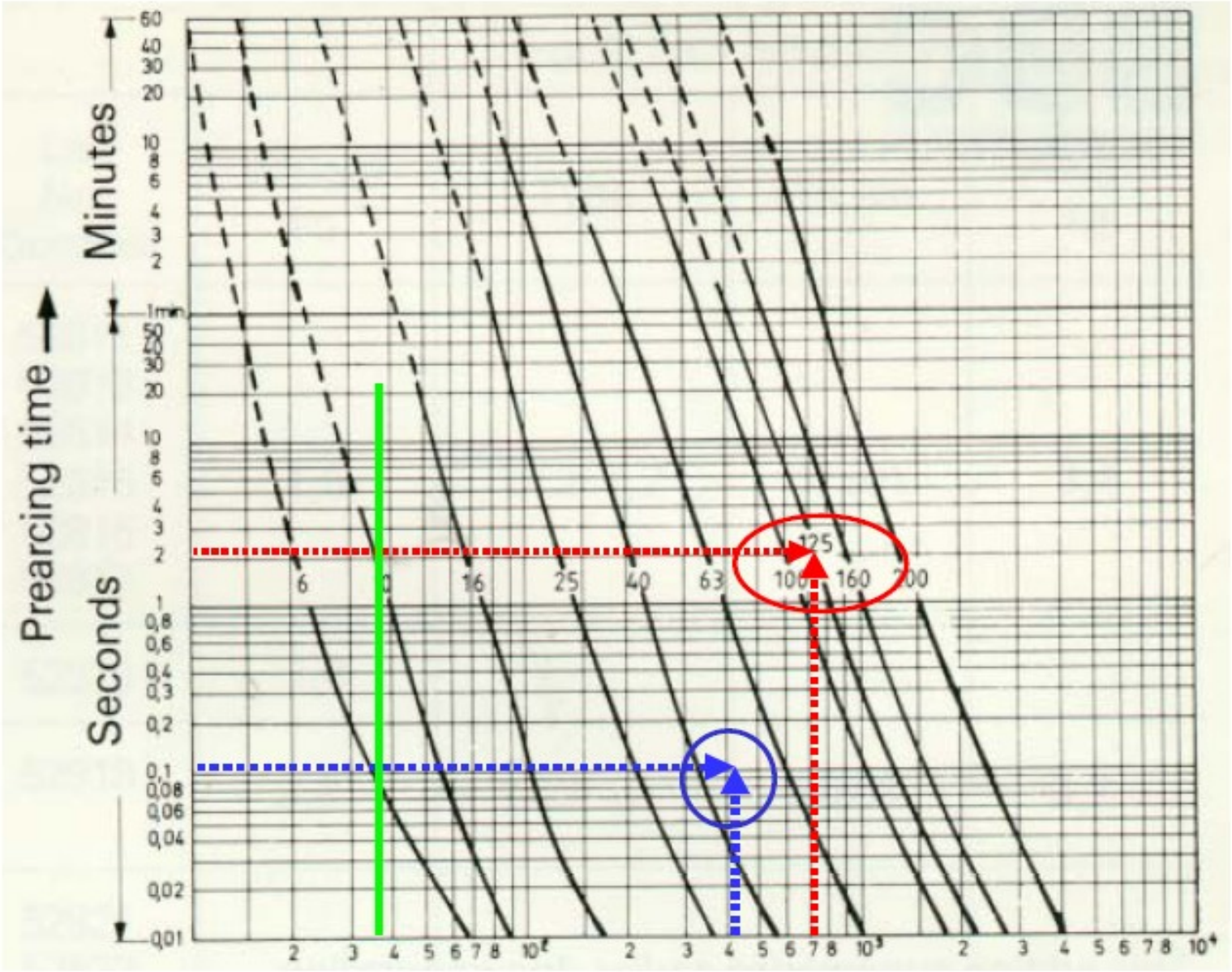
Solución:

InT =630/1.73x10 =36.4A

Inf =1.5x36.4=54,6A normalizando según catalogo
Infn=63A

Datos técnicos del fusible:

Tipo : CEF, Limitador de corriente
Un : 12kV tensión asignada
I1 : Imax de fusible de ensayo 50kA
I3 : Mínima corriente de corte 190 A
Pn : Potencia disipada a la In 78W



In=36,4A 437A 628A

Line voltage (kV)	TRANSFORMER RATING (kVA)																
	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
	HIGH VOLTAGE FUSE-LINK I_N (A)																
3	25	25	40	40	63	63	63	100	100	100	160	200	200	250*	315*		
5	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	100	160	200	200	250*	315*
6	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	100	160	200	200	250*
10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	100	160	200
12	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	160	160
15	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	125
20	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100
24	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100
30	10	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	40	2x40	2x40
36	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	2x40	2x40

Low voltage	LOW VOLTAGE FUSE-LINK I_N (A)																
220 V	80	100	125	160	200	250	250	315	400	500	630						
380 V	50	63	100	100	125	125	200	250	250	350	400	400	500	630			
500 V	40	50	80	80	100	100	160	160	200	250	350	350	400	500	630		

* CMF - fuse-link

Choice of fuse-link for protection of transformer

Fusibles para protección lado de BT

Clasificación De Los Fusibles en BT

Para Baja Tensión:

- **Clasificación según características funcionamiento**
- **Identificación mediante letras, la primera letra define la clase de función y la segunda el tipo de equipo a proteger.**

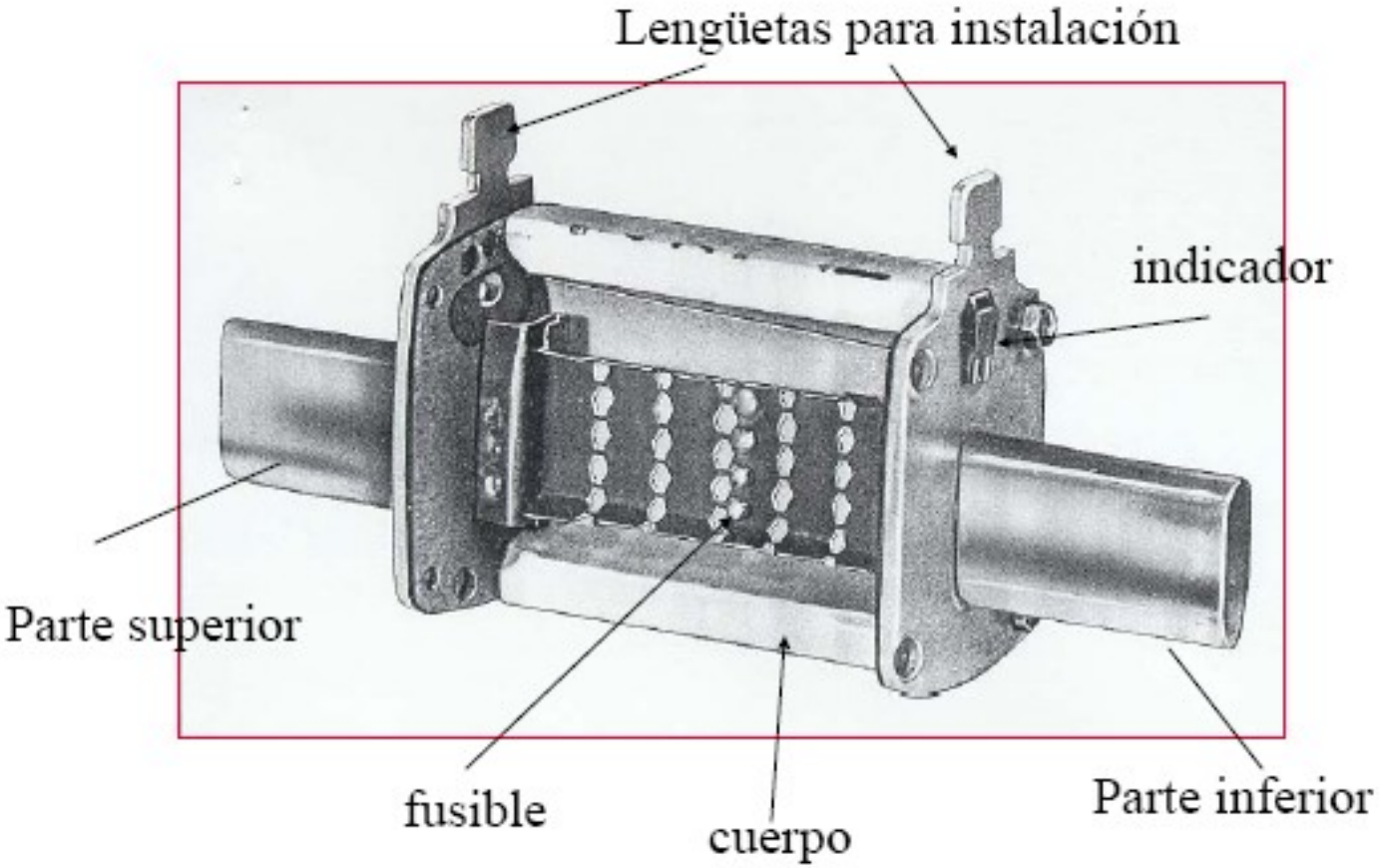
- Fusible gL :De uso general y empleados para proteger cables y conductores, adecuado para sobrecarga y cortocircuitos.

- Fusible aM :De acompañamiento. Se usa para proteger motores y debe usarse acompañado de un elemento térmico para la protección de sobrecarga.

- Fusible gR :De uso general y para protección de semiconductores.

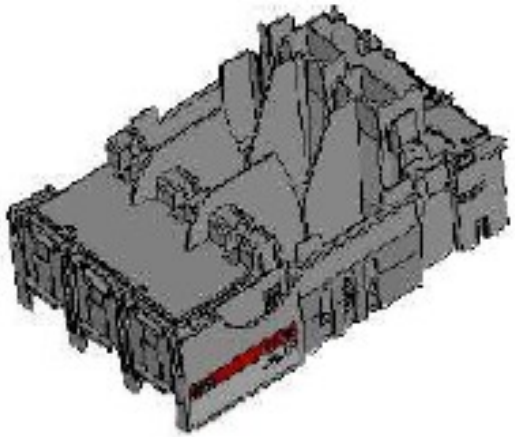
- El fusible mas usado es el tipo gL. (sirve para cortocircuito y sobrecarga)

Partes de un fusible NH



Tipos según el numero de polos

- 3pole
- fuse bases
- 4pole



Tipos según la posición

- Horizontal

- Vertical

Tabla 7.II, Coordinación selectiva entre fusibles tipo NH

(horizontal: fusible aguas abajo, vertical: fusible aguas arriba)

	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125	160	200	224	250	315	400	500	630	800	1000	1250
10																						
16	*																					
20	*	*																				
25	*	*	*																			
36	*	*	*	*																		
50	*	*	*	*	*																	
63	*	*	*	*	*	*																
80	*	*	*	*	*	*	*															
100	*	*	*	*	*	*	*	*														
125	*	*	*	*	*	*	*	*	*													
160	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
200	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*											
224	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X										
250	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X									
315	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X								
400	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X							
500	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
630	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
800	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
1000	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
1250	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		