

PROTECCIÓN DE SISTEMAS DE MEDIA TENSIÓN

FUSIBLES PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDIA TENSIÓN



- ***INSTITUTO DE ENERGÍA***
- ***FACULTAD DE INGENIERÍA***
- ***UNIVERSIDAD DE MENDOZA***

Prof. Ing. Roberto E. Campoy

RESEÑA HISTÓRICA DE FUSIBLES

- **Patente N° 227226 del 04/05/1880 - Thomas A. Edison**
 - **Primer fusible de potencia año 1910**
- **Fue reemplazado poco después por Interruptores Automáticos pues éstos brindaban ciertas ventajas como ser:**
 - **Repetibilidad**
 - **Calibración**
 - **No descartables una vez que operaron**
 - **Mayor velocidad de interrupción (en el pasado)**

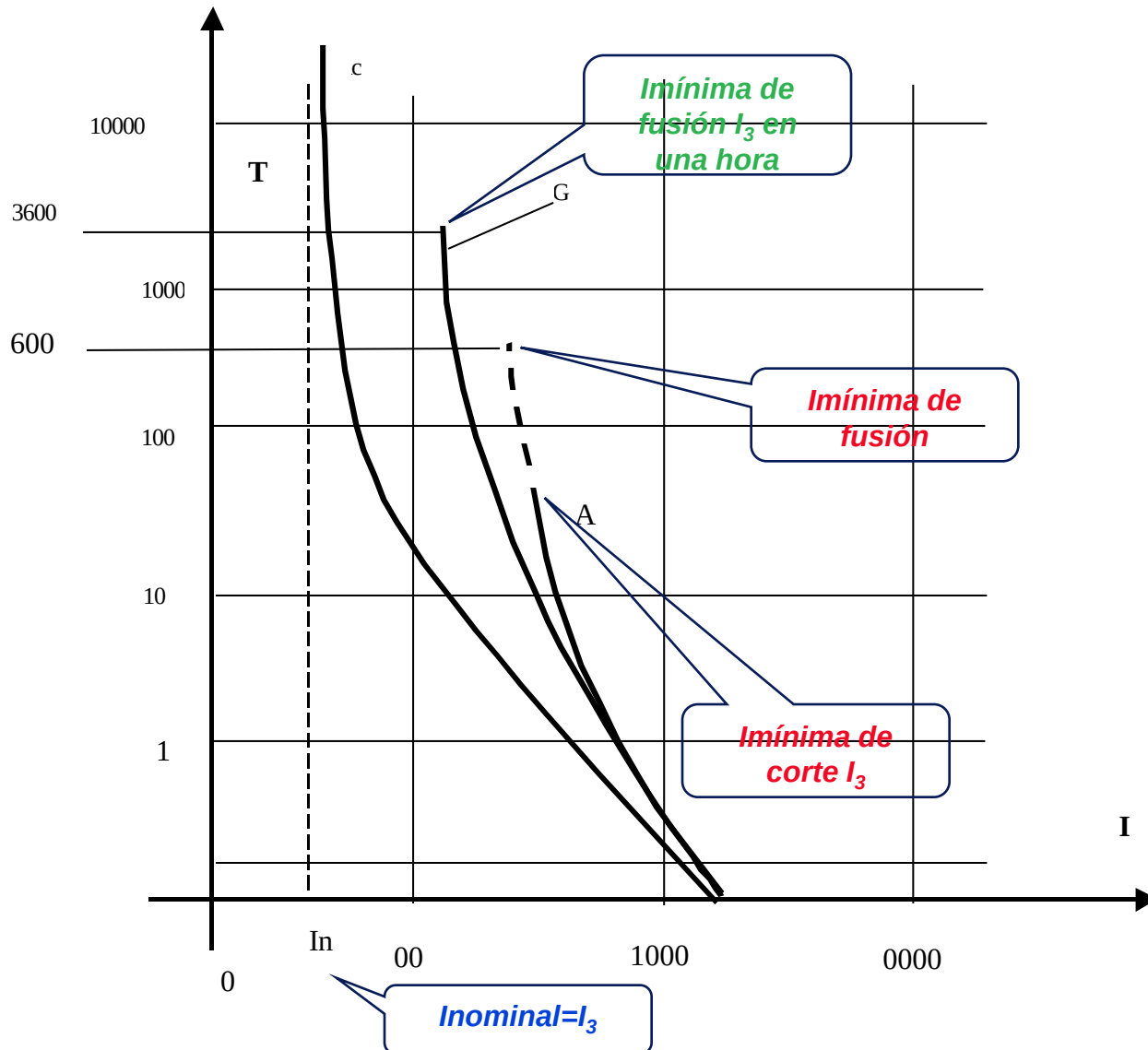
RESEÑA HISTÓRICA DE FUSIBLES

- **Año 1930-1940 se generaliza nuevamente el uso de fusibles**
- **Su incremento de uso se sustenta en lo siguiente:**
 - **Potencias y corrientes de falla cada vez mas elevadas**
 - **Interruptores de alto costo frente al de los fusibles**
 - **Alta velocidad de interrupción frente a Interruptores**
 - **Menor afectación del equipamiento a proteger durante la falla**

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE FUSIBLES

- **De expulsión:** *al fundirse el elemento fusible libera el resorte del seccionador XS y se abre los contactos de esa fase, además cortan al paso por cero.*
- **Limitadores:** *se definen en la norma IEC 60282 y se pueden clasificar en:*
 - FUSIBLES ASOCIADOS o DE RESPALDO (a) Es el más común de ellos. Poseen una **corriente mínima de corte (I_3 en las normas)** mayor que su corriente mínima de fusión (600 seg).
 - FUSIBLES PARA PROPOSITOS GENERALES (g) Son los que tienen una **corriente de corte mínima** a la que le corresponde un tiempo mínimo de fusión de una hora.
 - FUSIBLES DE RANGO TOTAL (C) Garantizan la apertura de todas las corrientes de fusión, incluyendo la capacidad de apertura de corrientes de cortocircuito. Pueden interrumpir satisfactoriamente una zona de la gama de baja sobrecarga por encima de la intensidad nominal del fusible. Estos fusibles son generalmente más costosos que los asociados. Por otro lado comparados con los asociados los de rango completo tienen pérdidas menores y por lo tanto **están especialmente indicados para su empleo en equipos encapsulados (HHC)**

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE FUSIBLES



Curva "a" fusible asociados o de respaldo.

Curva "g" fusible de Propósitos generales.

Curva "C" fusible de rango total.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE FUSIBLES

IEC 60282-1

- **DUTY 1:** I_1 : Ensayo de verificación de la corriente de apertura máxima nominal. Es su valor eficaz.
- **DUTY 2:** I_2 : Ensayo de verificación de la corriente presunta a la cual se presenta la limitación de corriente cuando un alto nivel de energía es almacenado en la inductancia del circuito.
- **DUTY 3:** I_3 : Ensayo de verificación de I_3

- Para fusibles asociados (**a**) I_3 es la corriente mínima de apertura.
- Para fusibles de propósitos generales (**g**) I_3 es la corriente que provoca la fusión en una hora.
- Para fusibles de rango total (**C**) I_3 es la corriente nominal del fusible.

Cuando actúe un fusible se deben cambiar los tres(I_d y $0,87 I_d$)

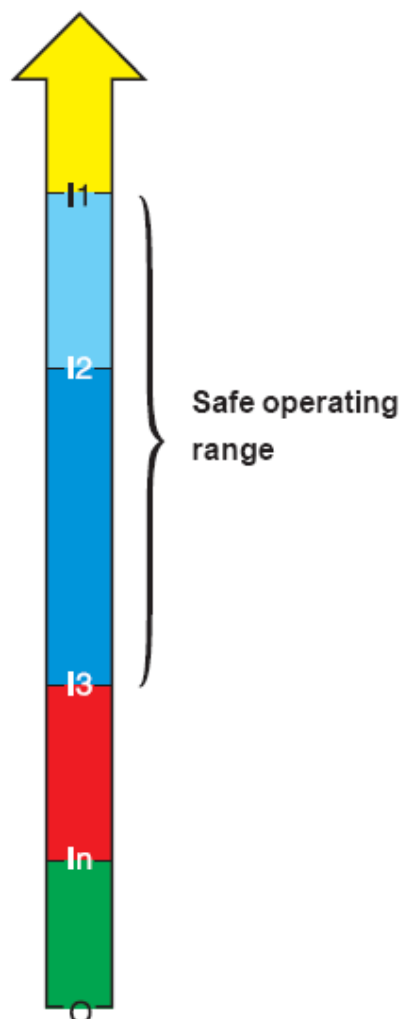


Figure 1: definition of a fuse's operating zone.

Key definitions

Un: rated voltage

This is the highest voltage between phases (expressed in kV) for the network on which the fuse might be installed.

In the medium voltage range, the preferred rated voltages have been set at: 3.6 - 7.2 - 12 - 17.5 - 24 and 36 kV.

In: rated current

This is the current value that the fuse can withstand on a constant basis without any abnormal temperature rise (generally 65 Kelvin for the contacts).

I3: minimum rated breaking current

This is the minimum current value which causes the fuse to blow and break the current. For our fuses, these values are between 3 and 5 times the I_n value.

Comment: it is not enough for a fuse to blow in order to interrupt the flow of current.

For current values less than I_3 , the fuse will blow, but may not break the current.

Arcing continues until an external event interrupts the current. It is therefore essential to avoid using a fuse in the range between I_n and I_3 .

Overcurrents in this range may irreversibly damage fuse elements, whilst still maintaining the risk of an arc which is not broken, and of them being destroyed.

Figure 1 shows the operating ranges of combined type fuses.

I2: critical currents (currents giving similar conditions to the maximum arcing energy). This current subjects the fuse to greater thermal and mechanical stresses. The value of I_2 varies between 20 and 100 times the I_n value, depending on the design of the fuse element. If the fuse can break this current, it can also break currents between I_3 and I_1 .

I1: maximum rated breaking current

This is the presumed fault current that the fuse can interrupt. This value is very high for our fuses ranging from 20 to 63 kA.

Comment: it is necessary to ensure that the network short circuit current is at least equal to the I_1 current of the fuse that is used.

All Schneider Electric fuses (type Fusarc CF) are provided of a thermal protection device. In the case of permanent overcurrents lower than I_3 and superior to the rated current (I_n), the fuse mechanical striker acts opening the device associated and avoiding any incidents due to overheatings.

In this way, the fuse not only works as a current limiter but also as a temperature limiter when combined with an external breaking device.

These types of fuses, which integrate a thermal striker, are fully compatible with standard Back UP type fuses.

Figure 1.1 shows thermal protection action zone.

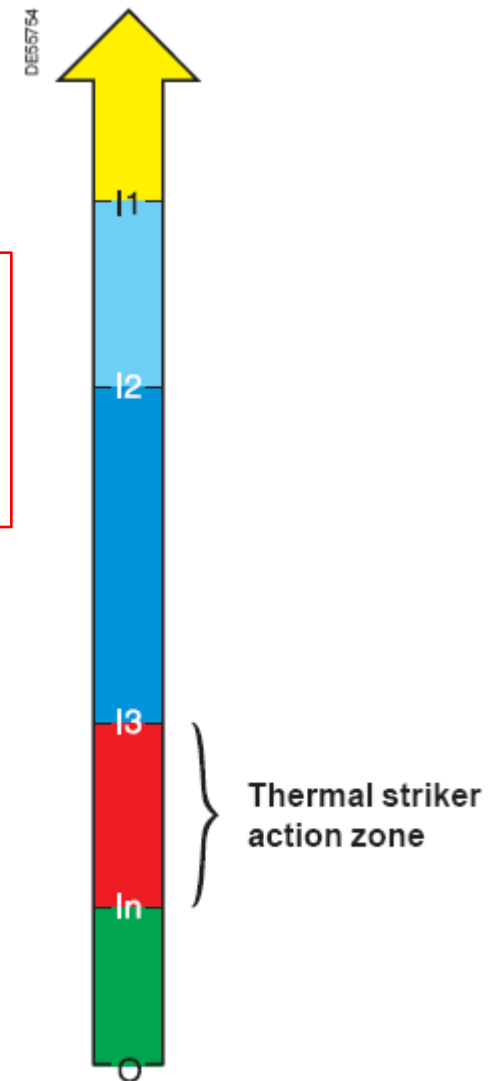
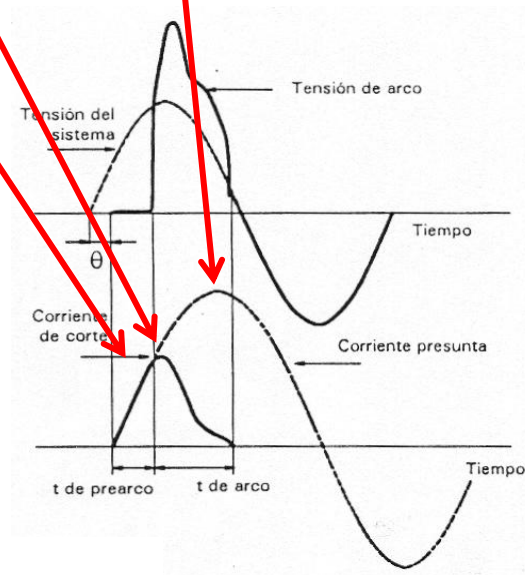


Figure 1.1: thermal protection

• **DEFINICIONES de NORMA IRAM 2245 parte I que responde a NORMA IEC 269-I**

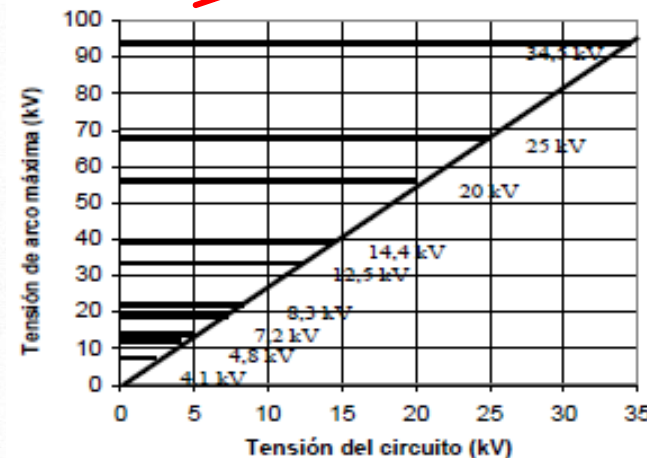
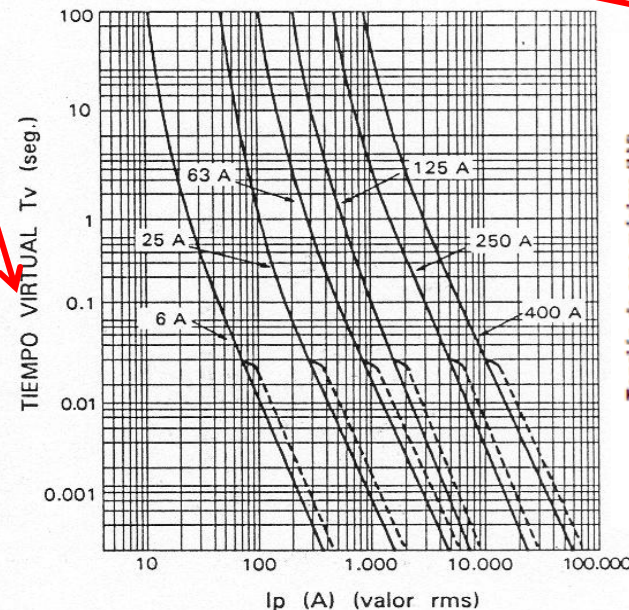
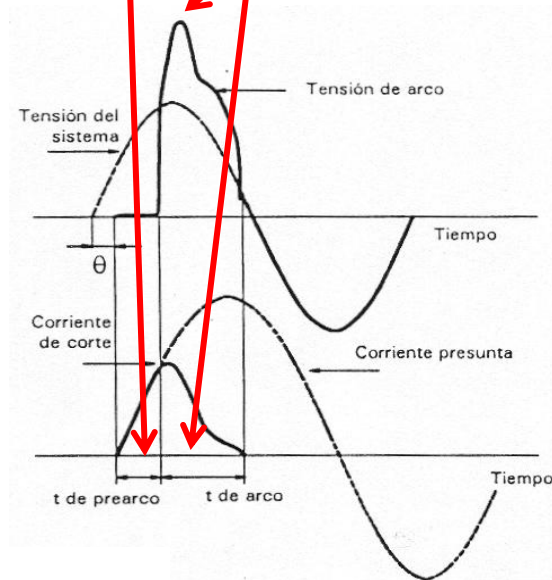
- **Características Nominales:** Designación de c/u de las magnitudes características que definen las condiciones de funcionamiento para las que ha sido diseñado el dispositivo y a partir de las cuales se determinan las condiciones de ensayo
- **I presunta de un circuito:** I que fluiría en un circuito si el cortacircuito fuera reemplazado por una lámina de impedancia despreciable
- **I presunta de ruptura:** I presunta correspondiente al instante de **iniciación del arco** durante la operación de ruptura
- **Capacidad de ruptura:** I presunta de ruptura que un cortacircuito es capaz de interrumpir **a una tensión de restablecimiento determinadas** en condiciones prescriptas
- **I de ruptura límite:** Valor máx. instantáneo alcanzado por la I durante la operación de ruptura del cortacircuito, cuando opera en forma de **evitar que la I alcance el valor máx.** al que llegaría en ausencia del cortacircuito



• Oscilogramas de operación de un fusible limitador en corriente alterna

- **Tiempo de pre-arco:** Lapso entre el comienzo de la circulación de una I suficiente como para fundir a los elementos fusibles y el instante en que se inicia el arco
- **Tiempo de arco:** Lapso entre el instante de iniciación del arco y el instante en que éste se extingue
- **Integral de Joule** $\int (I^2 t)$: La integral de $(I^2 t)$ durante el intervalo de tiempo dado
- **Tiempo virtual:** $(I^2 t)$ dividido por el cuadrado de la I presunta de ruptura generalmente indicado
- **Tensión de restablecimiento:** Tensión que aparece entre los bornes de un cortacircuito después de la ruptura de la corriente
- **Tensión de ruptura:** Valor máximo de la tensión, expresado en valor de cresta que aparece entre los bornes del cortacircuito durante la operación del fusible

Característica de corriente en función del tiempo



- Oscilogramas de operación de un fusible limitador en corriente alterna

Criterios de Selección

- La tensión de operación del elemento protegido.
- Las corrientes de maniobra.
- La posibilidad normalmente aceptada de sobrecarga del elemento protegido (transformador, motor, cable,etc).
- La necesidad de eliminar una falla en BT o MT, situada aguas arriba de las protecciones de BT o MT. Lo debe hacer dentro de un tiempo suficientemente corto.
- Cumplir con la selectividad de protecciones de BT o MT.

Puntos de operación prohibidos

- **Fusible asociado o de respaldo (a):** se extiende desde la corriente nominal hasta la corriente de apertura mínima **I₃**, dentro de esta zona se pueden observar dos comportamientos sucesivos:
 - El calentamiento excesivo puede dañar la envoltura del fusible y su entorno dentro del dispositivo de corte.
 - La corriente de arco no se autoextingue y rápidamente conduce a una falla (**blow**) si no interviene otro medio para cortar la corriente.
 - se requiere usar el fusible con percutor para el accionamiento del seccionador bajo carga.
 - Si se usa SBC, debe asociarse a un HHC o sea con protección térmica.

Puntos de operación prohibidos

- **Fusible de propósito general (g):** Son los que tienen una corriente de corte mínima I_3 a la que le corresponde un tiempo mínimo de fusión de una hora.
- **Fusible de rango total (C):** Su función esta limitada a los valores de corriente comprendidos entre su valor nominal y la de fusión, ya que no tiene una corriente mínima de apertura.
 - En la protección de transformadores las fallas son frecuentemente progresivas, comenzando con pequeñas corrientes. Este tipo de fallas puede someter a la protección a una corriente que gradualmente se incrementa más allá del valor nominal de corriente. Tal situación en un circuito protegido por fusibles puede resultar peligrosa debido al hecho sistemáticamente entrará el fusible en su zona crítica.
 - Es totalmente imprescindible evitar la solicitud de un fusible en la zona comprendida entre I_n e I_3 (falla entre espiras del devanado primario).

Fusible combinado con seccionadores

- Fusiones espurias provocadas por el envejecimiento de los materiales componentes de los fusibles o fenómenos transitorios son las principales causas de situaciones en las cuales se puede perder una fase de MT. Para evitar aperturas monofásicas se recurre al seccionador bajo carga disparado por el percutor de un fusible.
- Este modo de actuar le permite al conjunto abrir corrientes de falla de reducido valor comprendidas entre la corriente mínima de fusión e I_3 . Se elimina así el riesgo que no se abra la corriente de falla. Por otro lado como **el SBC no posee capacidad de apertura de corriente de cortocircuito ($I_A = 2\div3 I_N$)** franco, se debe elegir el fusible de modo que el seccionador no quede nunca en una situación que no pueda abrir.
- todavía existe la zona de sobretemperatura, virtualmente para todos los fusibles y el fusible combinado con SBC no asegura un medio de protección contra daños térmicos (limitador de temperatura).

Fusible combinado con seccionadores

■ Las dos funciones se encuentran separadas:

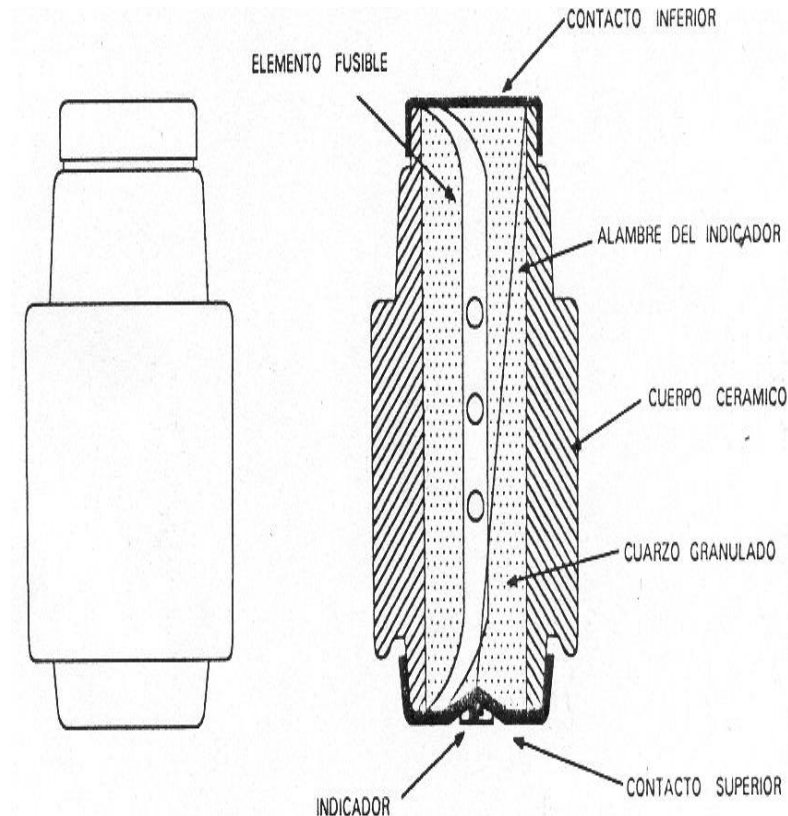
- Las grandes corrientes son cortadas por los fusibles mediante su capacidad de apertura y efecto de limitación de corrientes de cortocircuito.
- Las corrientes pequeñas son abiertas mediante el seccionador bajo carga que **es accionado por el percutor del fusible** o por otro medio.

■ Protección de MT debe cumplir con:

- Ser siempre más rápida que la protección situada aguas arriba.
- Ser tan rápida como sea posible para valores de corriente de cortocircuito franco (20 a 25 I_n) dependiendo de la impedancia de cortocircuito.
- No actuar frente a las corrientes de magnetización.
- Ser capaz de monitorear toda la zona de sobrecarga o la situada inmediatamente por encima del punto de disparo.

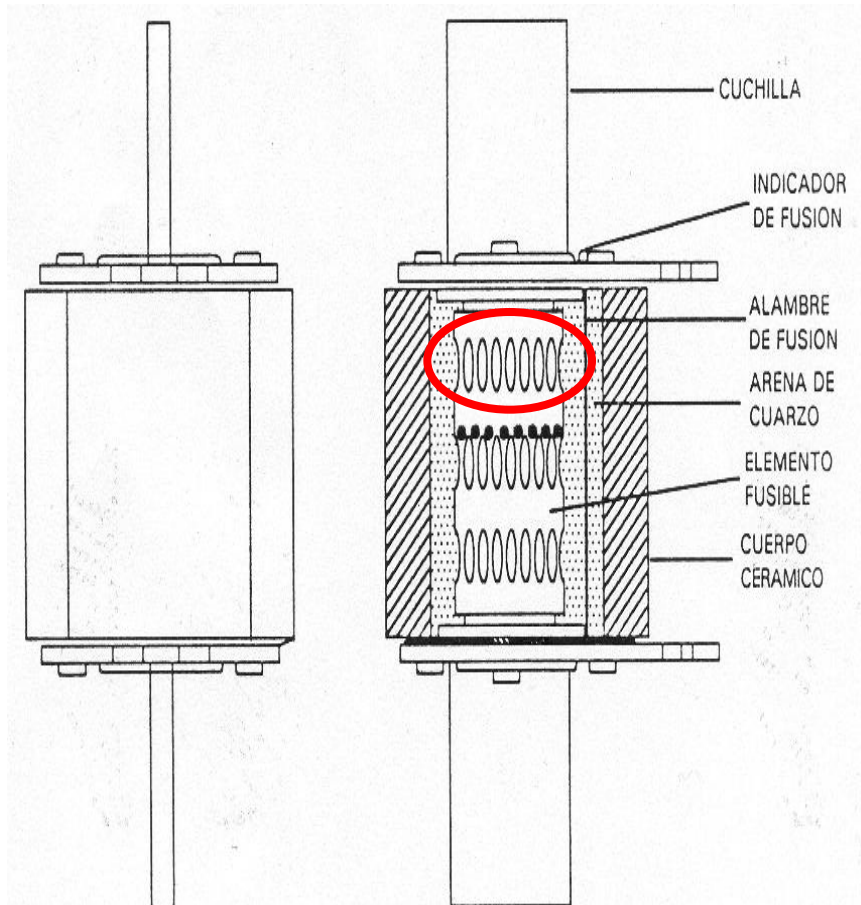
CLASIFICACION Y TIPOS CONSTRUCTIVOS

• FUSIBLES DE B.T. DIAZED (VDE 635 - 636)



- **Cuerpo cilíndrico de material cerámico**
 - **Contactos de cobre recubiertos electrolíticamente con Plata o Níquel-Estaño**
- **Elemento fusible de cobre o Plata.**
 - **Relleno con arena de cuarzo**
 - **Poseen indicador de fusión**
- **Casquillo de tamaño normalizado**
 - **Valores máximos:**
 - I: 500 A**
 - U= 600 V**
 - Cap. Rupt.= 50-70 KA**

- **FUSIBLES DE B.T. NH (VDE 636 - IEC 269)**



- **Cuerpo de esteatita o resinas formo fenólicas o encapsulado en resina epoxi.**

- **Cuchillas de bronce con recubrimiento electrolítico de plata.**

- **Elemento fusible de cobre o Plata.**

- **Relleno con arena de cuarzo.**

- **Poseen indicador de fusión.**

- **Casquillo de tamaño normalizado.**

- **Valores máximos:**

I: 1600 A

U= 600 V

Cap. Rupt.= 100-200 KA

Clasificación de fusibles N H

Los que se designan inicialmente con la letra “a” se los denomina de respaldo y con la letra “g” de propósito general

- g L = Protección de cables y aparatos en general
- a M = Protección de motores y sus accesorios
- a R = Protección de semiconductores de potencia
- g Tr = Protección de transformadores
- g B = Aplicaciones mineras



- FUSIBLES DE B.T. AMERICANO (Norma UL)

- **Cuerpo aislante de papel impregnado**

- **Cuchillas de bronce o casquillos según su corriente nominal**

- **Elemento fusible reemplazable**

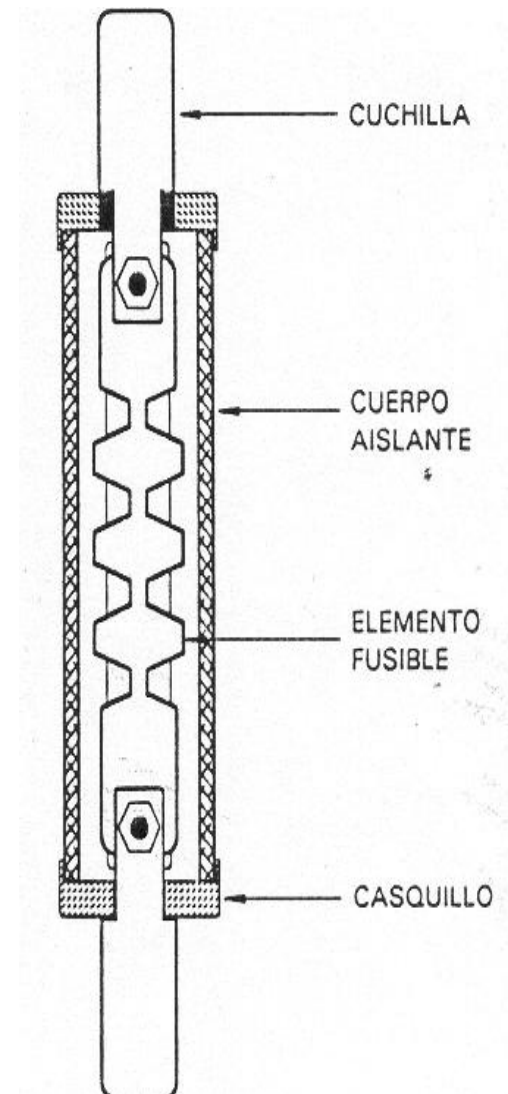
- **Se lo designa como fusibles tipo H.**

- **Valores máximos:**

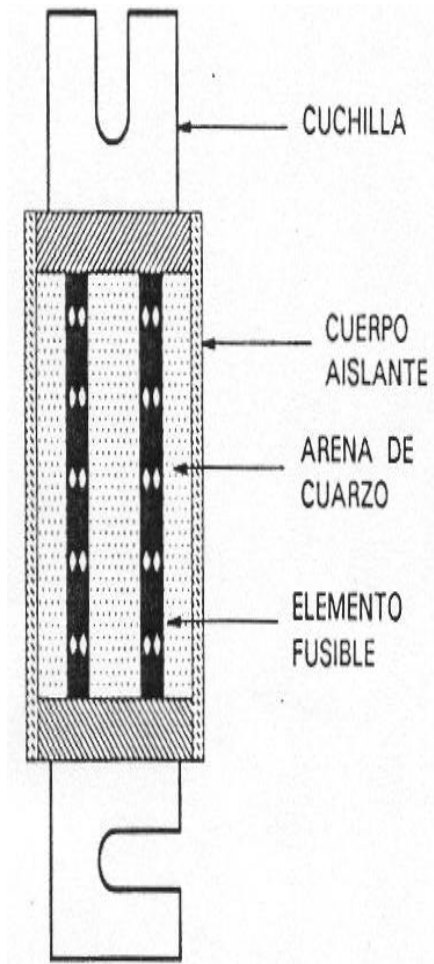
$I = 600 \text{ A}$

$U = 250 \text{ y } 600 \text{ V}$

Cap. Rupt. = 10 KA



- FUSIBLES DE B.T. A,C,R, AMERICANO (Norma UL)



- **Cuerpo cilíndrico de fibra de vidrio impregnada en resinas**
- **Material extintor de arena de cuarzo**
- **Cuchillas planas aptas para abulonar**
- **Se lo designa como fusibles tipo J y L de A.C.R.**
- **Valores máximos:**

I= 600 A (Clase J)

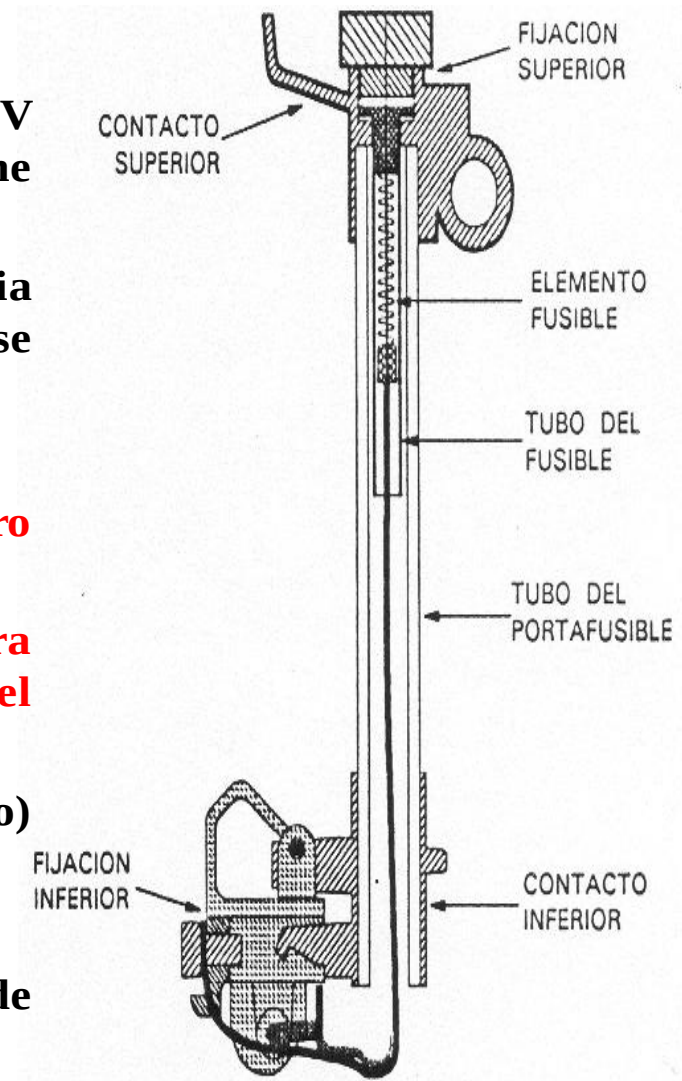
I=600-6.000 A (Clase L)

U= 600 V

Cap. Rupt.= 100-200 KA

• FUSIBLES DE M.T. DE EXPULSION

- Se emplean con tensiones de 13,2 a 33 KV llamados seccionadores-fusibles de desenganche automático
- Cuando operan son visibles a distancia facilitando la identificación del sector en que se encuentra la falla
- Se los usa comúnmente en LAMT
- El elemento fusible está alojado en un cilindro aislante impregnado con resina fenólica
- Durante la actuación calienta el tubo y libera gases desionizantes que facilitan el apagado del arco
- Hay fusibles del tipo K (rápido) y T (lento) renovables
- El tubo soporta 4 a 12 operaciones.
- Existen los llamados explosivos (ya dejados de usar)



FUSIBLES DE M.T. DE EXPULSION

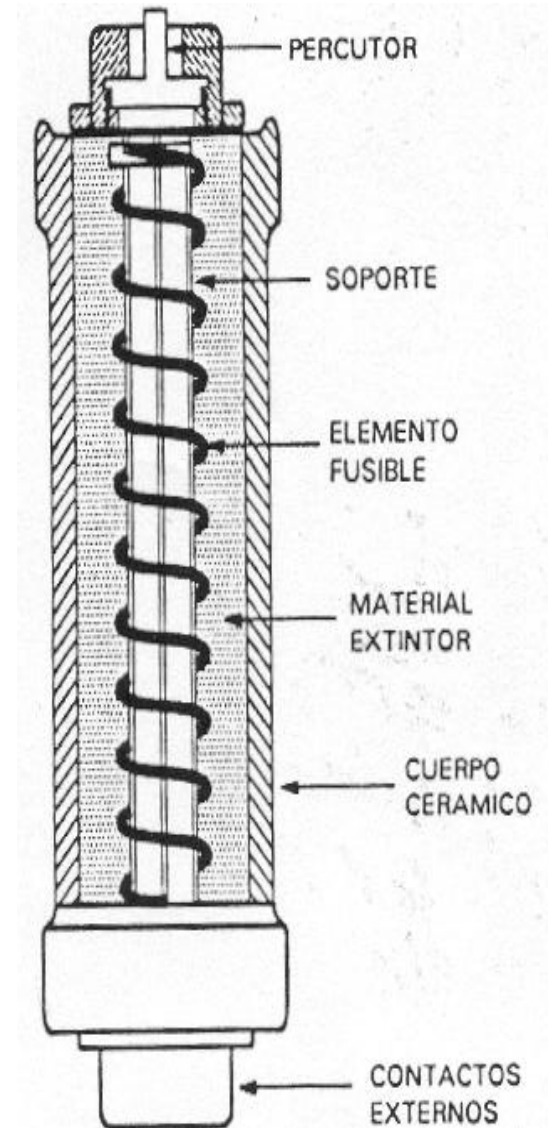


SECCIONADOR AUTODESCONECTADOR CON FUSIBLES DE M.T. DE EXPULSION



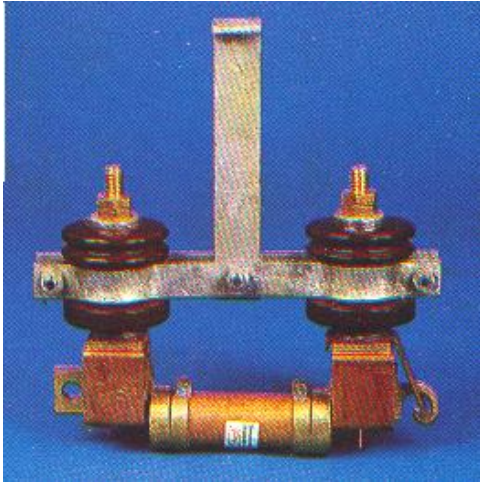
- **FUSIBLES DE A.T. TIPO HH (VDE 670, IEC 60282)**

- Fundamentalmente son de 2 tipos: Longitudinal y de elemento en espiral
- Elemento fusible de plata con estricciones o reducciones progresivas de sección
- Elementos fusibles de láminas o hilos ubicados dentro del cuerpo aislante rodeado de arena de cuarzo
- Poseen indicador de operación y posee funciones de disparador de actuación apertura de seccionador o interruptor
- El dispositivo de elemento longitudinal tiene eslabón fusible plegado en forma de zig-zag, facilitando las dilataciones y contracciones por cargas alternativas

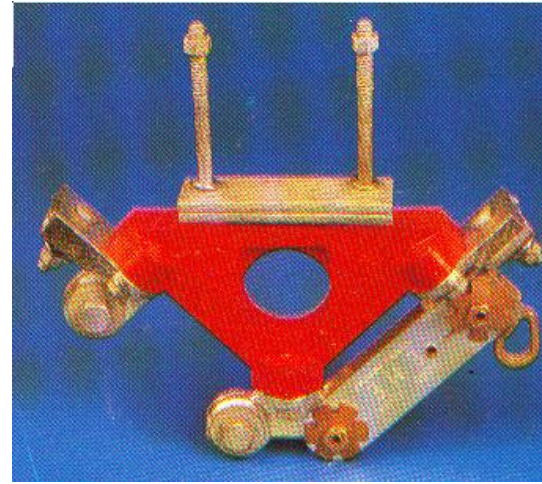


FUSIBLE HH [MT Y AT]

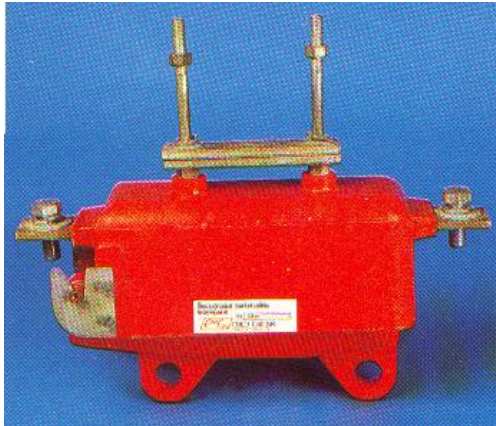




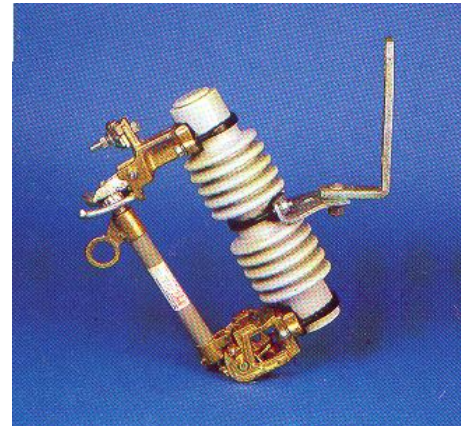
FUSIBLE MN 233 [BT]



FUSIBLE MN 700 [BT]



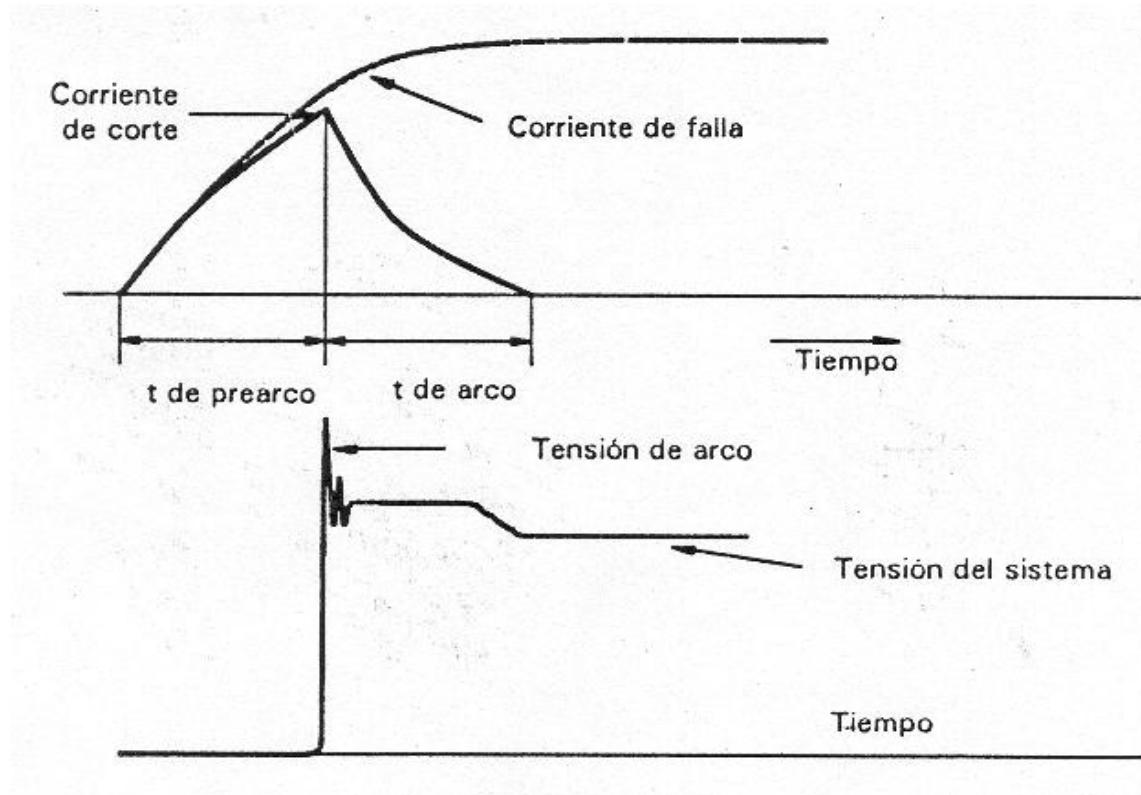
FUSIBLE APR (NH) [BT]



**FUSIBLE EXPULSION
MN 242 [MT]**

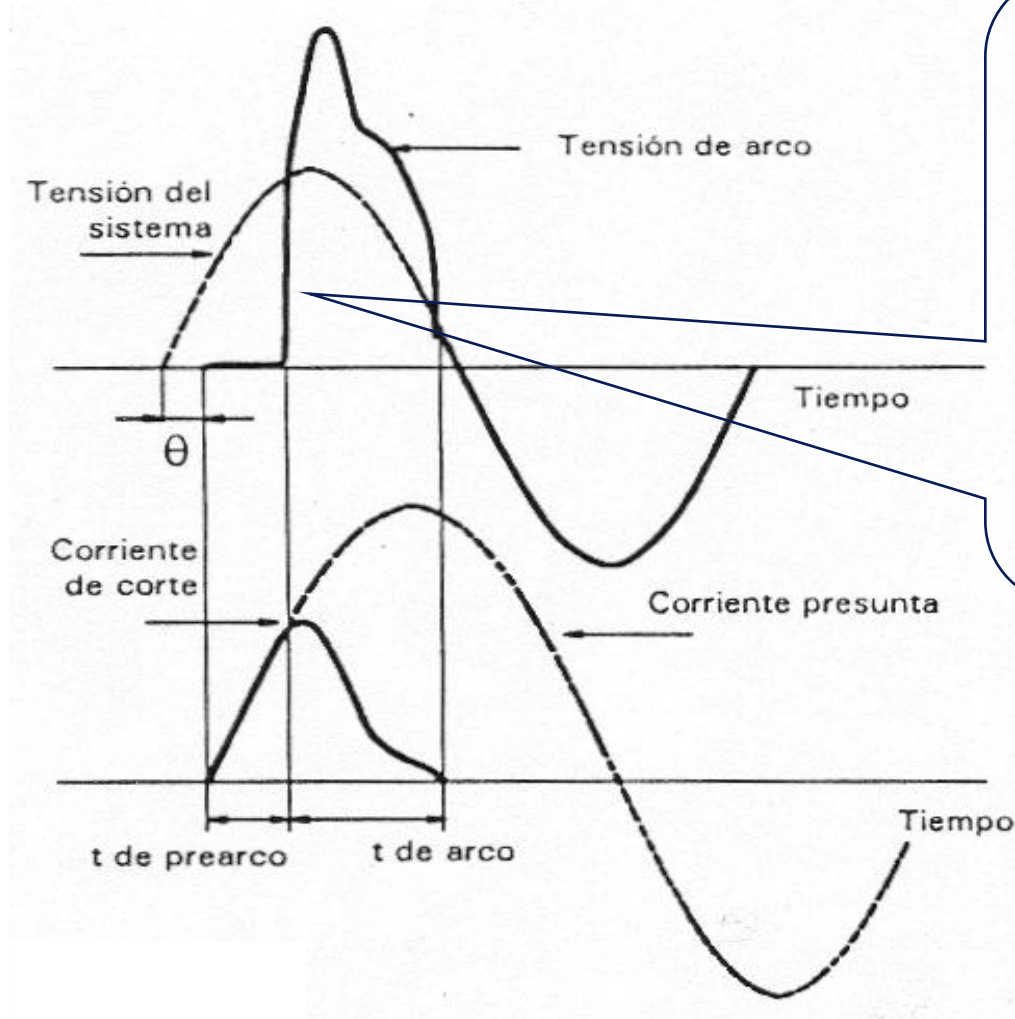
PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION

• OSCIOGRAMAS TÍPICOS DE TENSION Y CORRIENTE



- Oscilogramas de operación de un fusible limitador en corriente continua

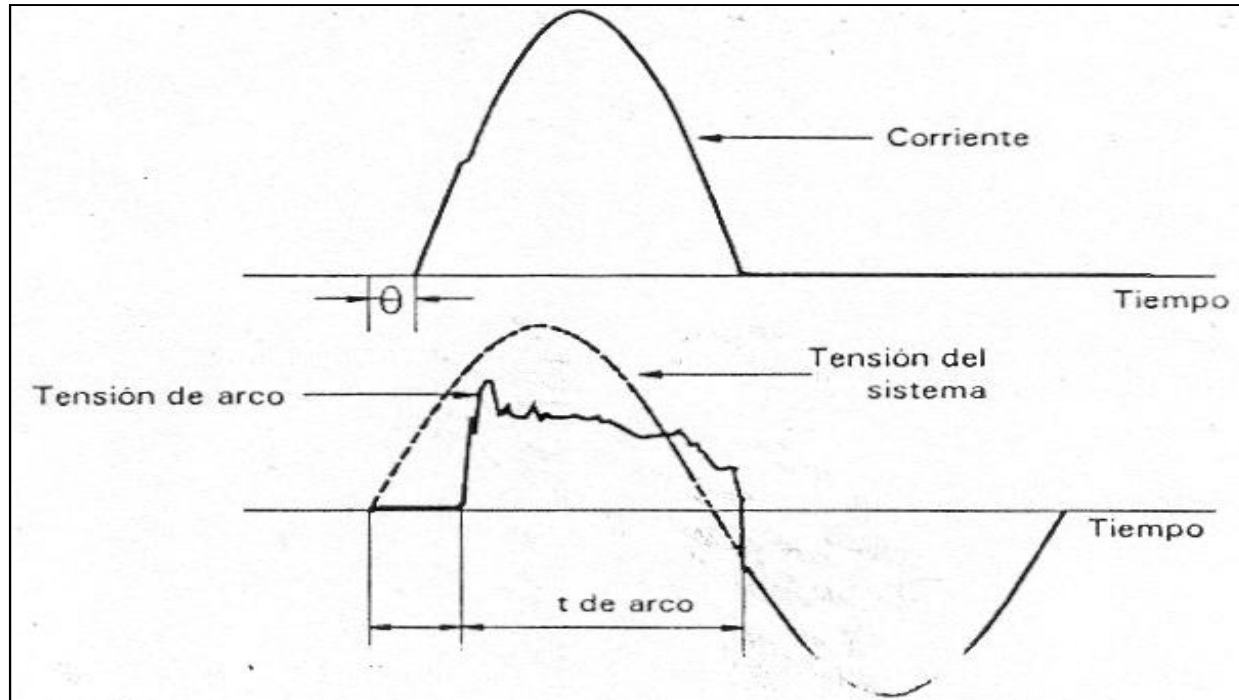
PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION



La diferencia con el corte de i_{es} en IAP, es que en el fusible la **TTR se inicia en el momento del comienzo del tiempo de arco, una vez finalizado el tiempo de prearco. Esto es así puesto que en el fusible no hay separación de contactos.**

- Oscilogramas de operación de un fusible limitador en corriente alterna

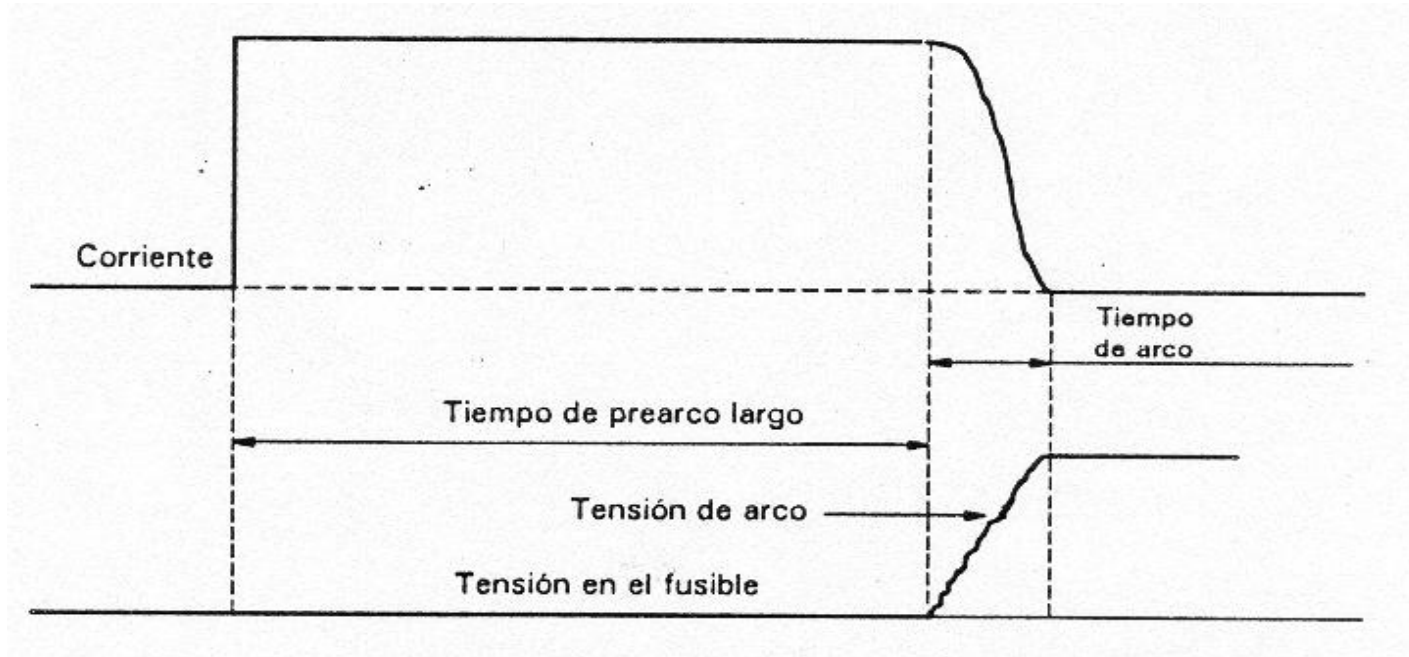
PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION



- Oscilogramas de operación de un fusible no limitador
- La interrupción se produce en un pasaje natural por cero de la corriente de falla
- El tiempo mínimo de operación está limitado a un semiciclo.
- Este tipo de fusibles no puede ser utilizado en corriente continua, en razón de su inhabilidad para interrumpir corrientes sin pasajes naturales por cero

PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION

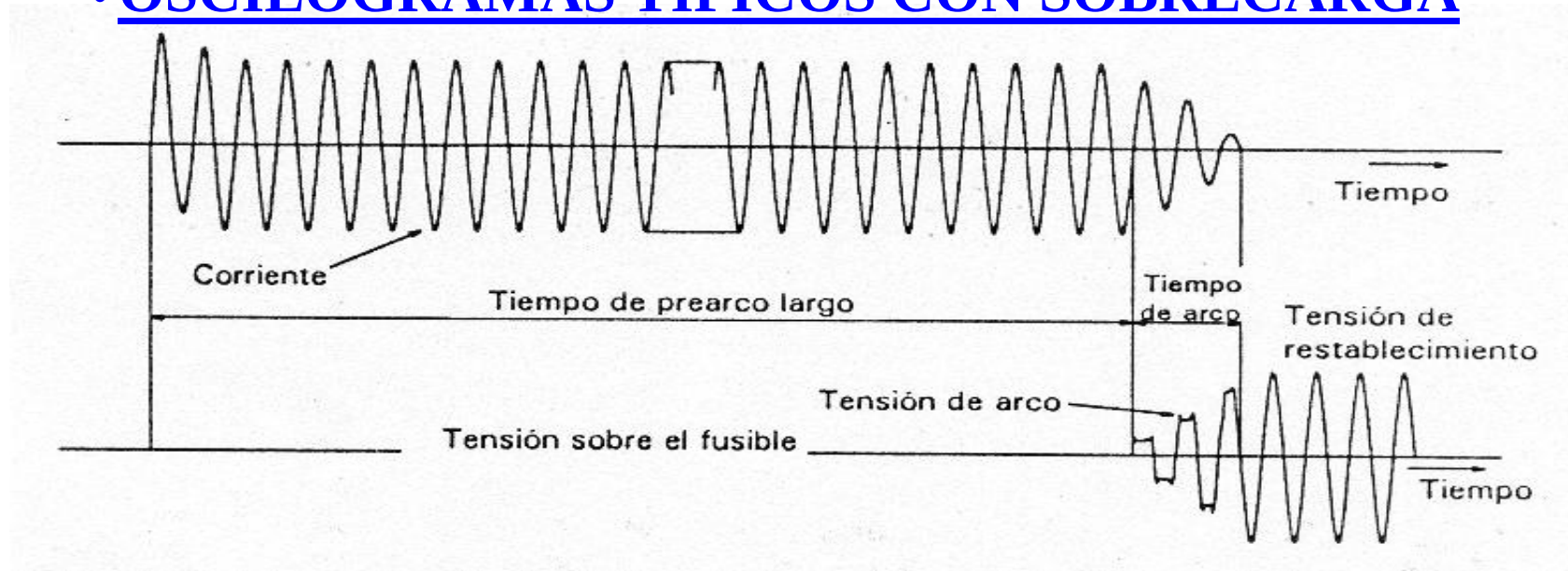
• OSCILOGRAMAS TIPICOS CON SOBRECARGA



- Oscilograma de operación con sobrecarga en corriente continua.Corresponde a una corriente de falla leve
- Se produce un lento sobrecalentamiento y un largo tiempo de prearco respecto al de arco

PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION

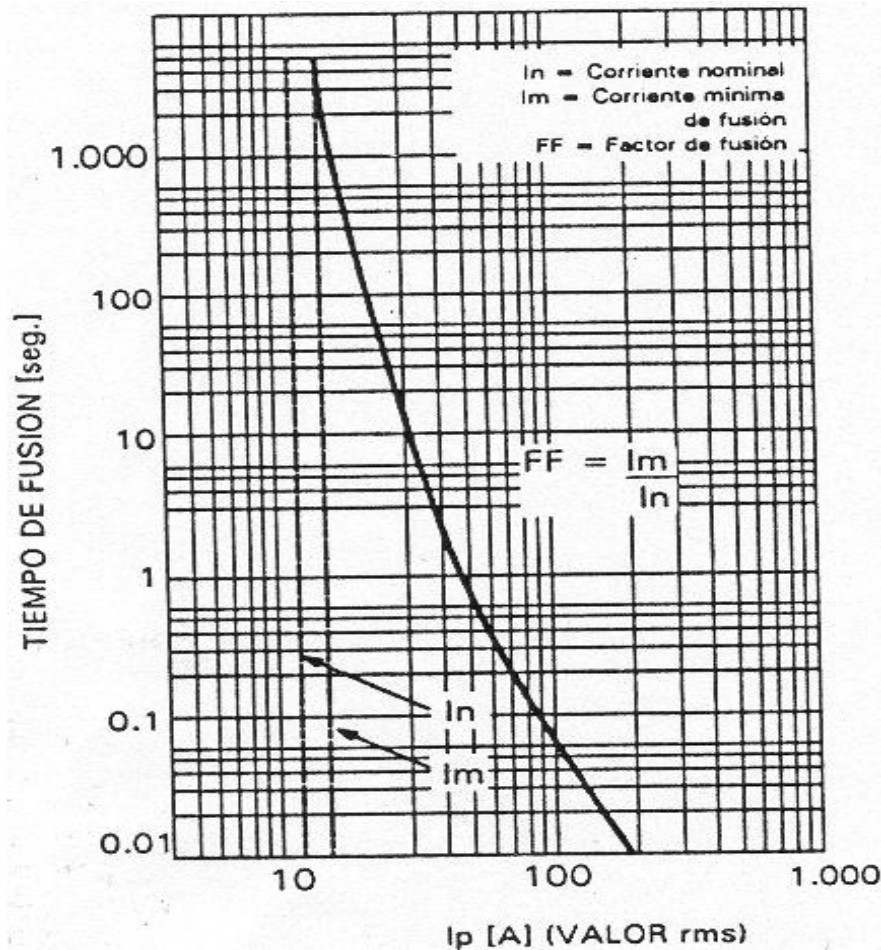
• OSCILOGRAMAS TIPICOS CON SOBRECARGA



- Oscilograma de operación con sobrecarga en corriente alterna. Se requiere algunos semiciclos para la interrupción definitiva. Se produce un lento sobrecalentamiento y un largo tiempo de prearco respecto al de arco este último resulta ser despreciable

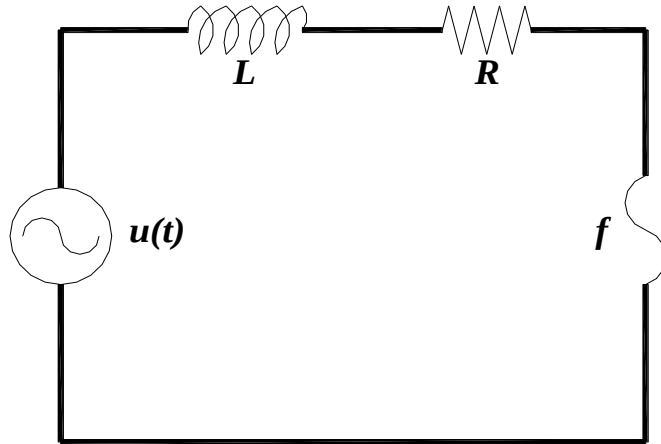
PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION

PERIODO DE PREARCO



- Cuando la I que fluye por un fusible es menor que la mínima I de fusión, se incrementa la temperatura hasta que se establece un régimen térmico estacionario. **El calor generado es balanceado por el calor disipado al exterior.**
- Cuando la I es incrementada a un valor mayor de la fusión del fusible, el calor generado es mayor al disipado y la temperatura del elemento aumenta hasta llegar a la fusión.
- Mientras mayor sea la corriente presunta, menor será el tiempo de fusión.

PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION



PERIODO DE ARCO

$$U(t) = R i + L \frac{di}{dt} + U_f$$

$u(t)$ = tensión de fuente

R = Resistencia del circuito

L = es la inductancia del circuito

U_f = tensión de arco a los bornes del circuito

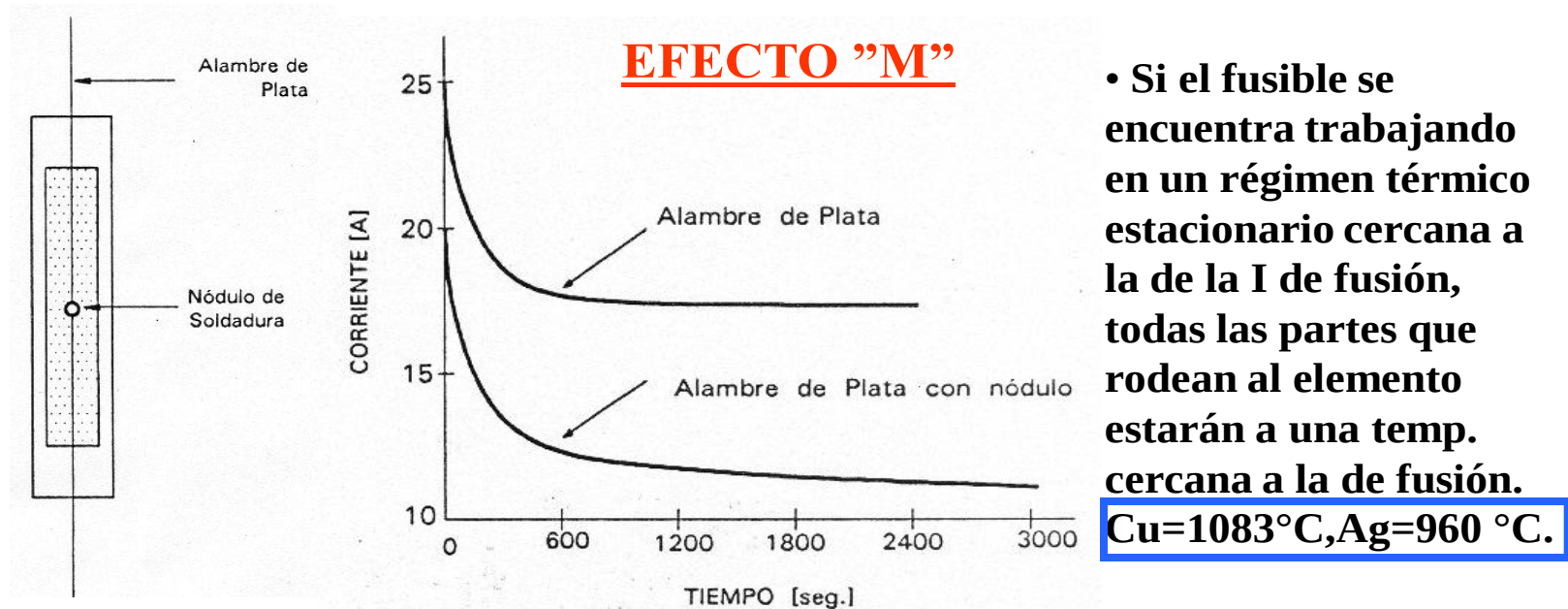
• Si $U_f > u(t) - R i$ la derivada di/dt se hace negativa para mantener la igualdad, esto quiere decir que la corriente toma una pendiente decreciente produciéndose el efecto de limitación de corriente.

• Para una rápida interrupción del cortocircuito es deseable una gran tensión de arco. Pero hay un límite para esta sobretensión pues es vista por los dispositivos cercanos.

• La forma de limitar estas sobretensiones es mediante el empleo de láminas o hilos con estricciones, en cada una de ellas se producirá un arco controlando de esta forma el pico inicial de tensión de arco.

• La arena de cuarzo absorbe gran parte de energía, al fundirse produce un compuesto vítreo conocido como **fulgurita** el cual es un muy buen aislante eléctrico.

PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION

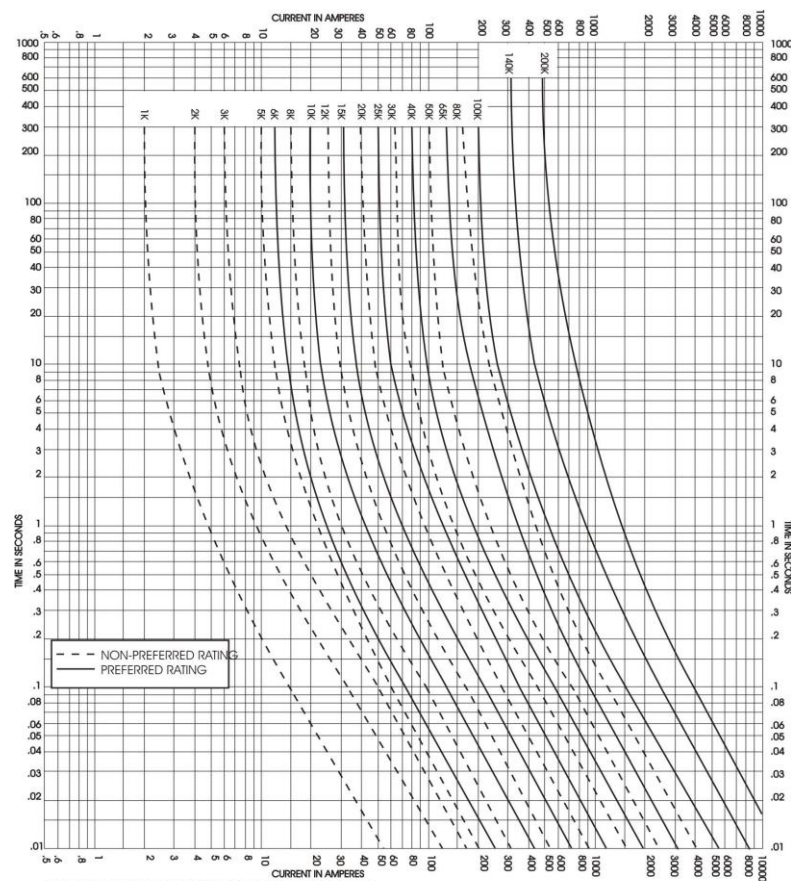


- Esta situación dificultará el apagado del arco porque el material extintor estará a una elevada temperatura.
- Este inconveniente se evita con la aplicación del efecto "M" (1939 A. W. METCALF).
- Esto consiste en colocar un nódulo de soldadura de estaño en el centro del elemento fusible, como se ve en la figura.
- La mínima I de fusión en este caso es del 60% respecto de un elemento que no tiene efecto "M".
- El nódulo provoca que al elevarse la temperatura se produzca una amalgama que provoca disminuir la temperatura de fusión a $345^{\circ}C$ para la plata.

Curvas características de los fusibles de MT

- Serán doble logarítmica.
- Las características tiempo-corriente del fusible están dadas a una temperatura ambiente de **20°C**.
- Se mostrará la relación entre el tiempo de pre-arco (tiempo de fusión) desde que aparece la corriente hasta que comienza el arco en el fusible y su corriente prospectiva.
- Para fusibles asociados se extenderá en línea punteada desde la corriente mínima de apertura o de corte hasta los 600 s.
- Para las curvas tiempo corriente se tomarán los siguientes rangos:
 - Fusibles asociados: desde 0,01 s hasta 600 s
 - Fusible para propósitos generales: desde 0,01 s hasta 1 h

CURVAS CARACTERISTICAS DE FUSIBLES TIPO “K”



MINIMUM MELTING TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

Curves of EF fuse links. Basis for data: ANSI/IEEE C 37.41 and ANSI/IEEE C 37.42. Tests at low Volts a.c., starting at 23°C with no initial load. Minimum test points plotted so variations should be plus.

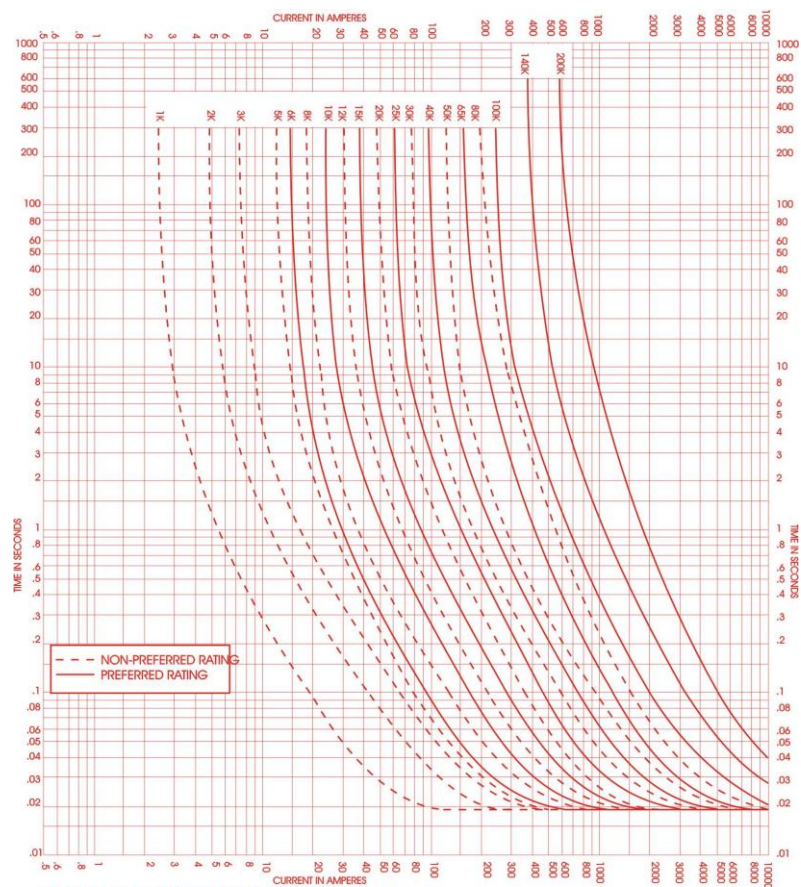
TYPE K

TCC28-02
page 1



August 1996

TIEMPO MÍNIMO



TOTAL CLEARING TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

Curves of EF fuse links. Basis for data: ANSI/IEEE C 37.41 and ANSI/IEEE C 37.42. Tests at rated Volts a.c., starting at 23°C with no initial load. Maximum test points plotted so variations should be minus.

TYPE K

TCC28-02
page 2



August 1996

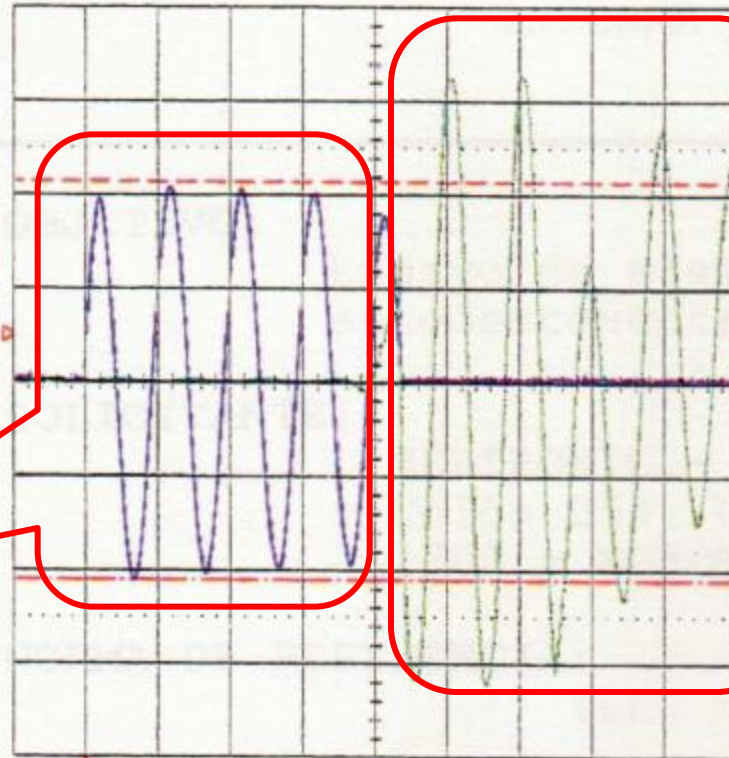
TIEMPO MÁXIMO

25-Apr-95
18:51:31

1
20 ms
200 mV
850 mV

2
20 ms
2.00 V
8.50 V

*Tiempo de
prearco
74 mseg*



*Tiempo total
88 mseg*

20 ms
1 2 V DC
2 2 V DC
3 2 V DC
4 10 mV DC

1 DC 0.100 V

5 kS/s

STOPPED

FUSITRON® Fuse-Links 15 K

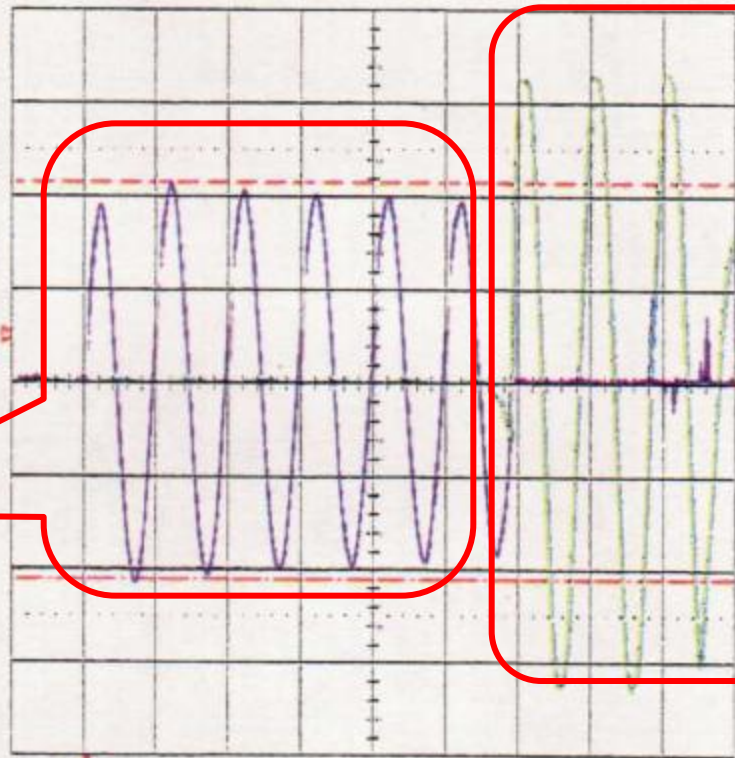
OSCILOGRAMA N° 9.-

INFORME DE ENSAYO N° 424/95

25-Apr-95
18:59:22

1
20 ms
200 mV
850 mV

2
20 ms
2.00 V
8.50 V



*Tiempo de
prearco
110 mseg*

*Tiempo total
116 mseg*

20 ms
1 2 V DC
2 2 V DC
3 2 V DC
4 10 mV DC



1 DC 0.100 V

5 KS/s

STOPPED

FUSITRON® Fuse-Links 15 STD

OSCILOGRAMA N° 9.-

FUSIBLES DE EXPULSIÓN

MARCA	FUSIBLE LENTO 40 A (S)					
	500 A		1500A		3000 A	
	tdmín mseg	tdmáx mseg	tdmín mseg	tdmáx mseg	tdmín mseg	tdmáx mseg
MEPTRONIC	150	200	15/20	40	10	20
J-TROL	350	800	40/50	80	20	40/50
CAVANNA	300	400	20	60	10	20
MEPTRONIC	150	220	20/30	40	10	20

MARCA	FUSIBLE RÁPIDO 40 A (K)					
	500 A		1500 A		3000 A	
	tdmín mseg	tdmáx mseg	tdmín mseg	tdmáx mseg	tdmín mseg	tdmáx mseg
MEPTRONIC	150	180	15/20	30	10	20
J-TROL	120	150	20	30/40	10	20
CAVANNA	110	150	10	40	10	20
MEPTRONIC	140	180	10/20	40	10	20

OBSERVACIONES:

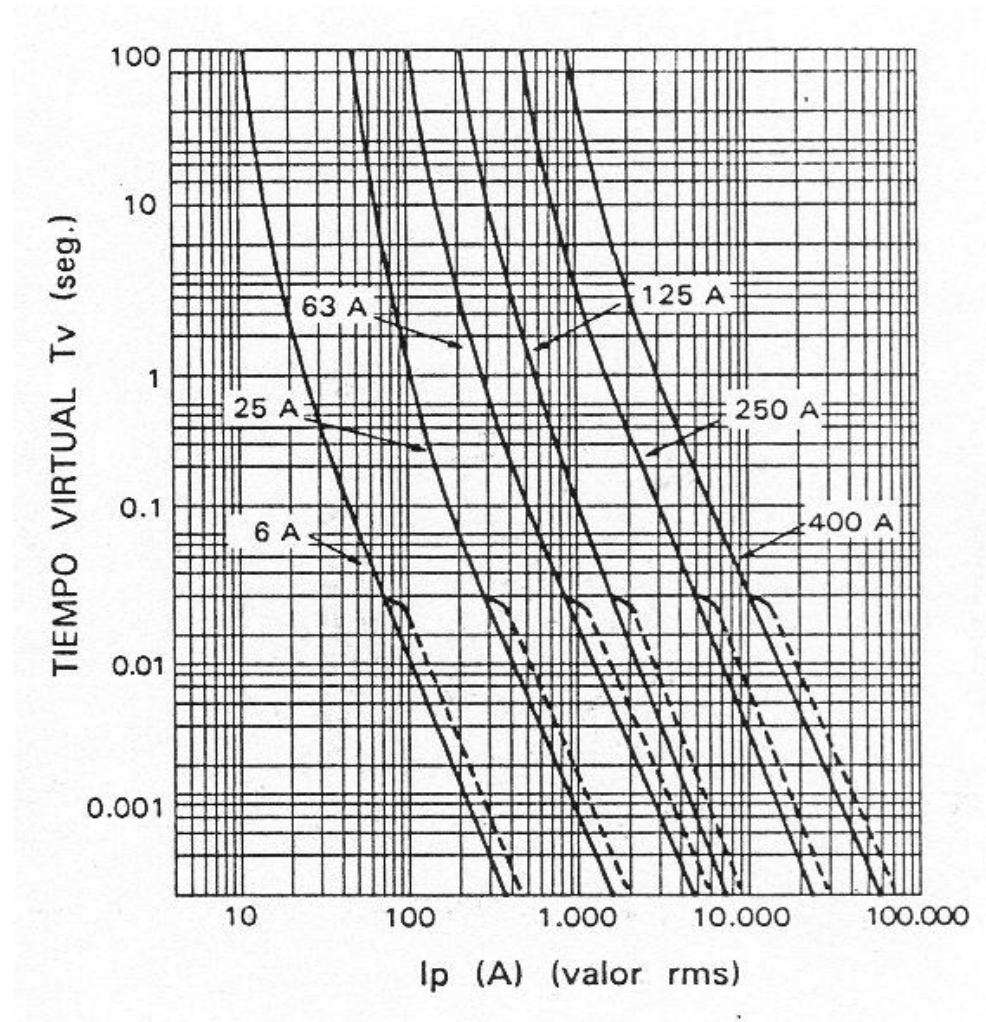
Las siguientes tablas muestran los márgenes de tiempo de disparo existentes, considerando los distintos fabricantes y tomando los mínimos mínimos y los máximos máximos.

tdmín 500 A		tdmín 1500 A		tdmín 3000 A	
FL	FR	FL	FR	FL	FR
De 150 a 350 mseg	De 110 a 150 mseg	De 15 a 50 mseg	De 15 a 20 mseg	De 10 a 20 mseg	10 mseg

tdmáx 500 A		tdmáx 1500 A		tdmáx 3000 A	
FL	FR	FL	FR	FL	FR
De 200 a 800 mseg	De 150 a 180 mseg	De 40 a 80 mseg	De 30 a 40 mseg	De 20 a 50 mseg	20 mseg

CURVA CARACTERÍSTICA FUSIBLE MT (HH) Y BT (NH)

Característica de corriente en función del tiempo



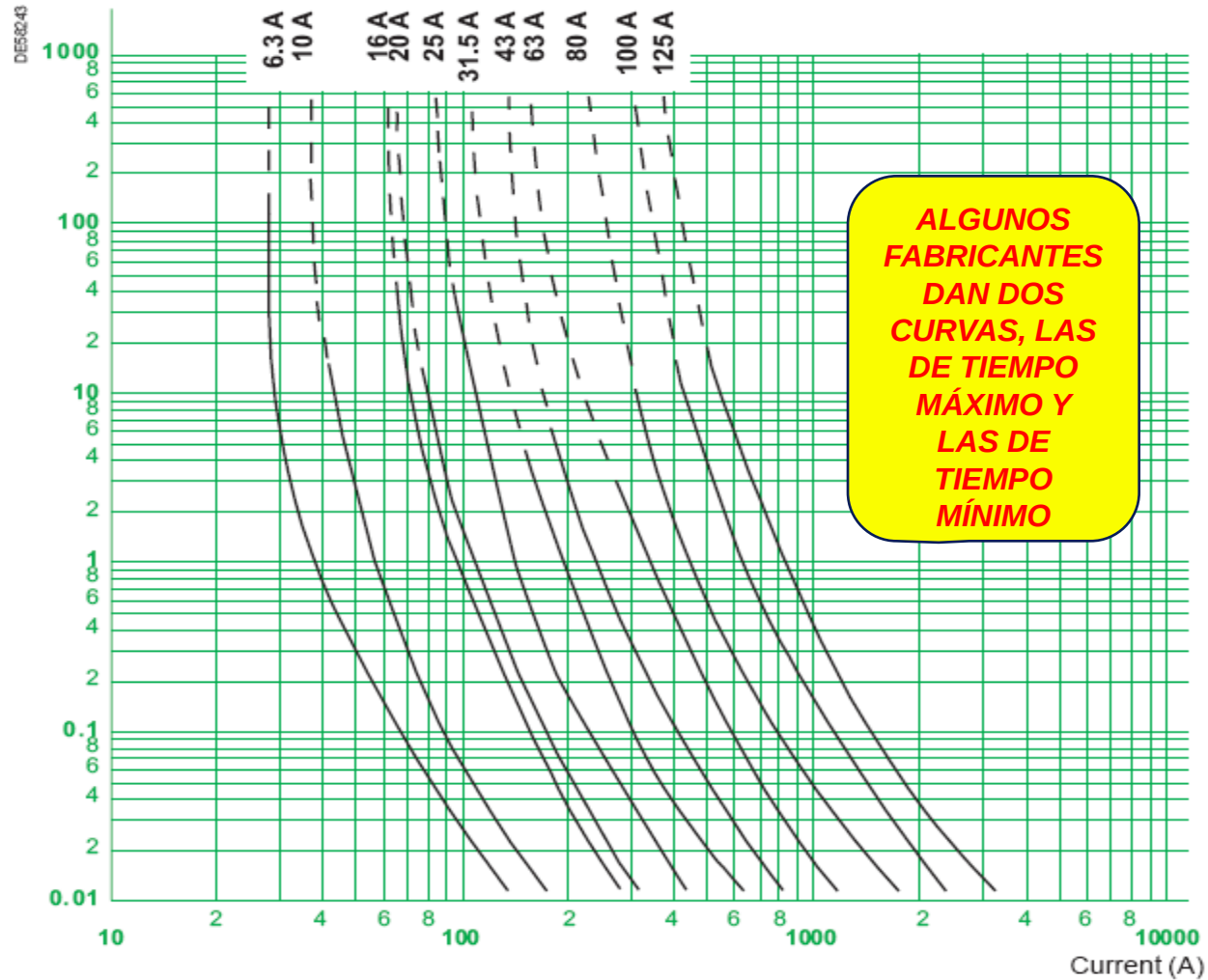
- La gráfica corresponde a
 $I_p = f(t_v)$
siendo el tiempo virtual
 $t_v = (\int i^2 dt) / I^2$

CURVA CARACTERÍSTICA FUSIBLE MT (HH) Y BT (NH)

Time/current characteristic curves

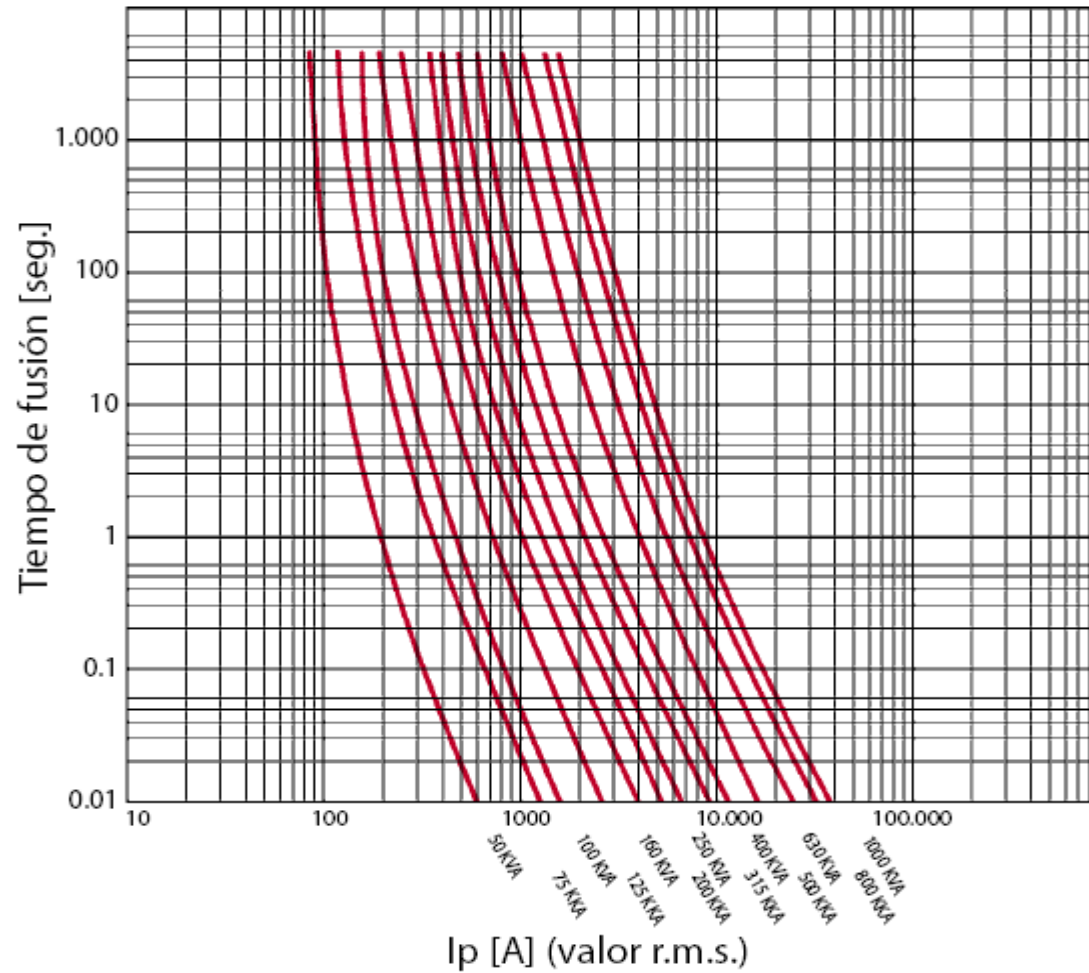
7.2 - 12 - 17.5 - 24 - 36 kV

Time (s)



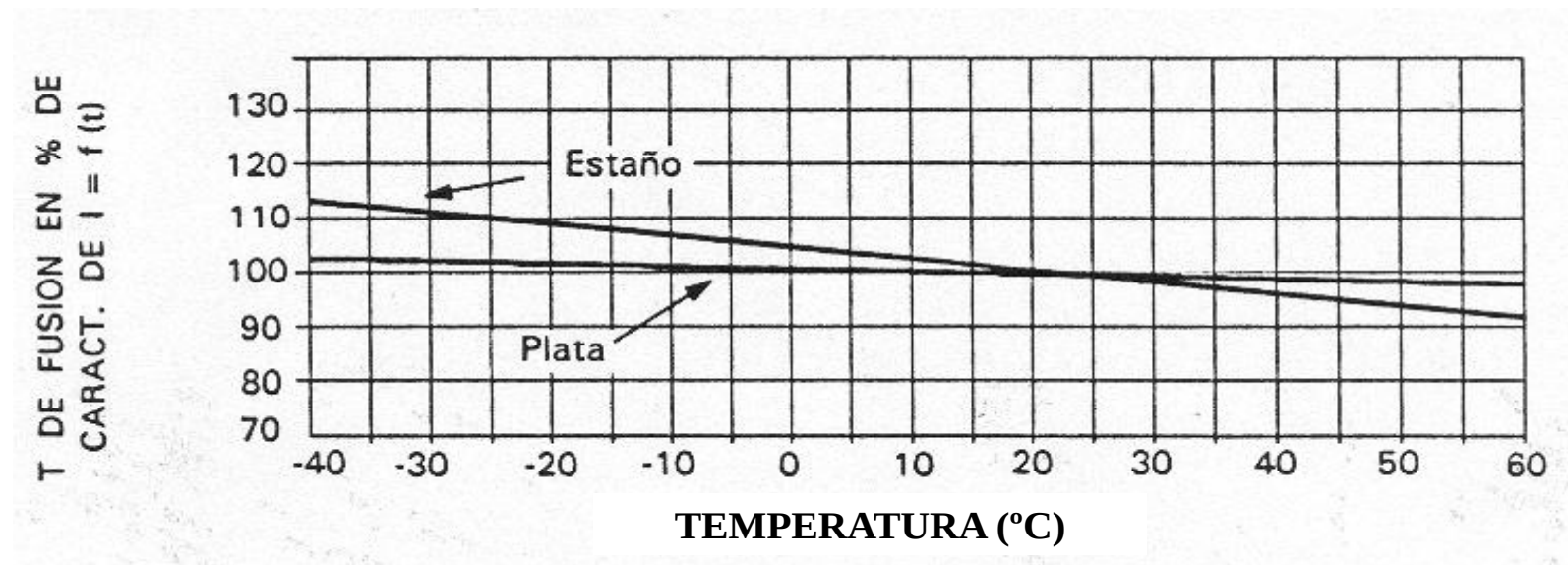
CURVA CARACTERÍSTICA FUSIBLE MT (HH) Y BT (NH)

Curva de corriente /
tiempo de operación gTr



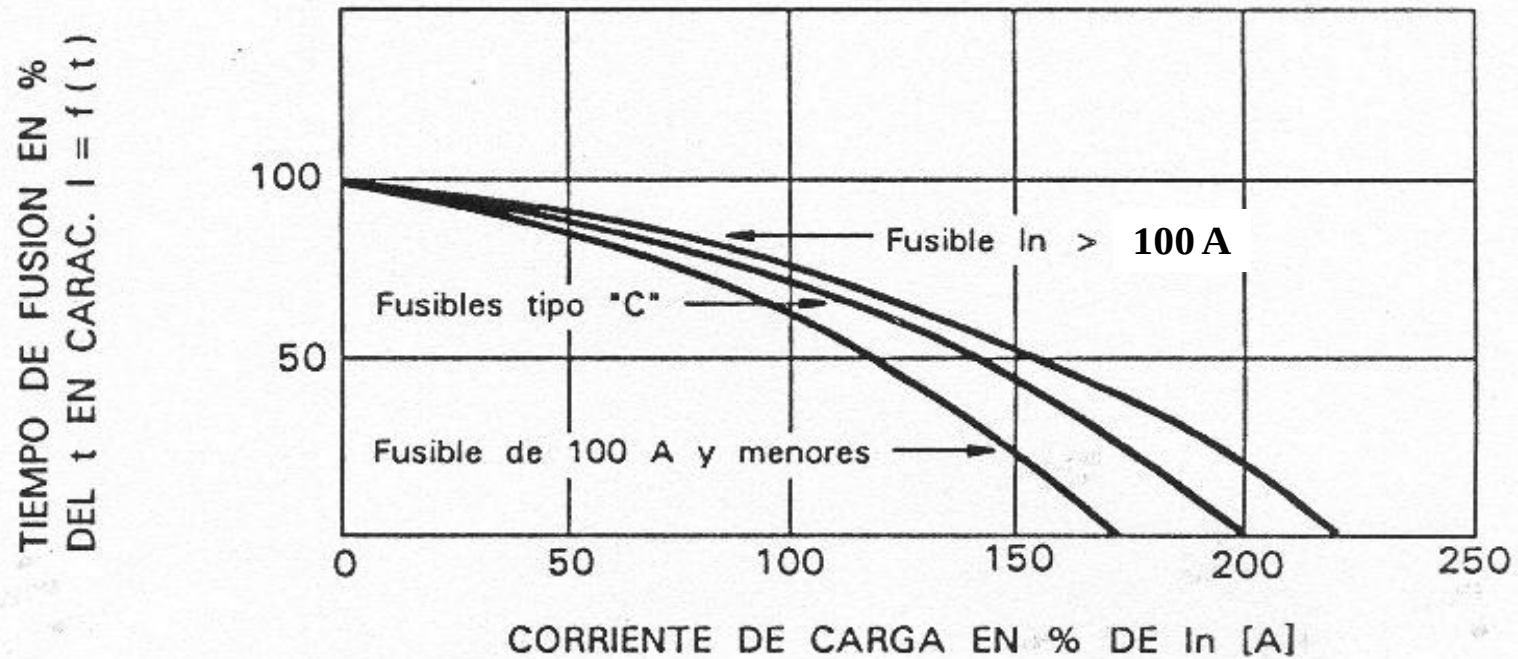
Corrección por temperatura ambiente

- Se emplea una gráfica que da el porcentaje de operación medido de la curva característica $I_p = f(t_v)$ en función de la temperatura ambiente.

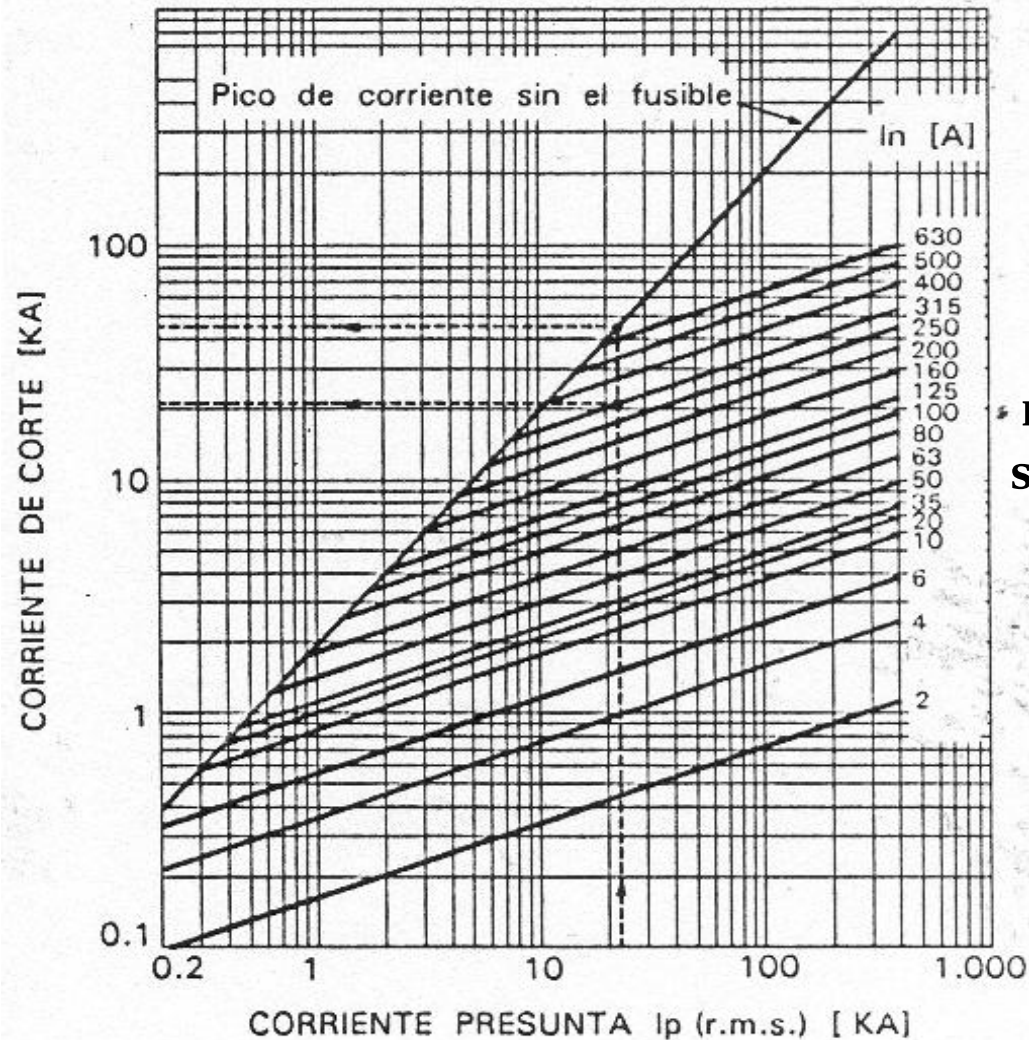


Corrección por carga inicial

- Se emplea una gráfica de porcentaje del tiempo de la curva $I_p = f(t_v)$ en función de la corriente de precarga en porciento de la nominal.



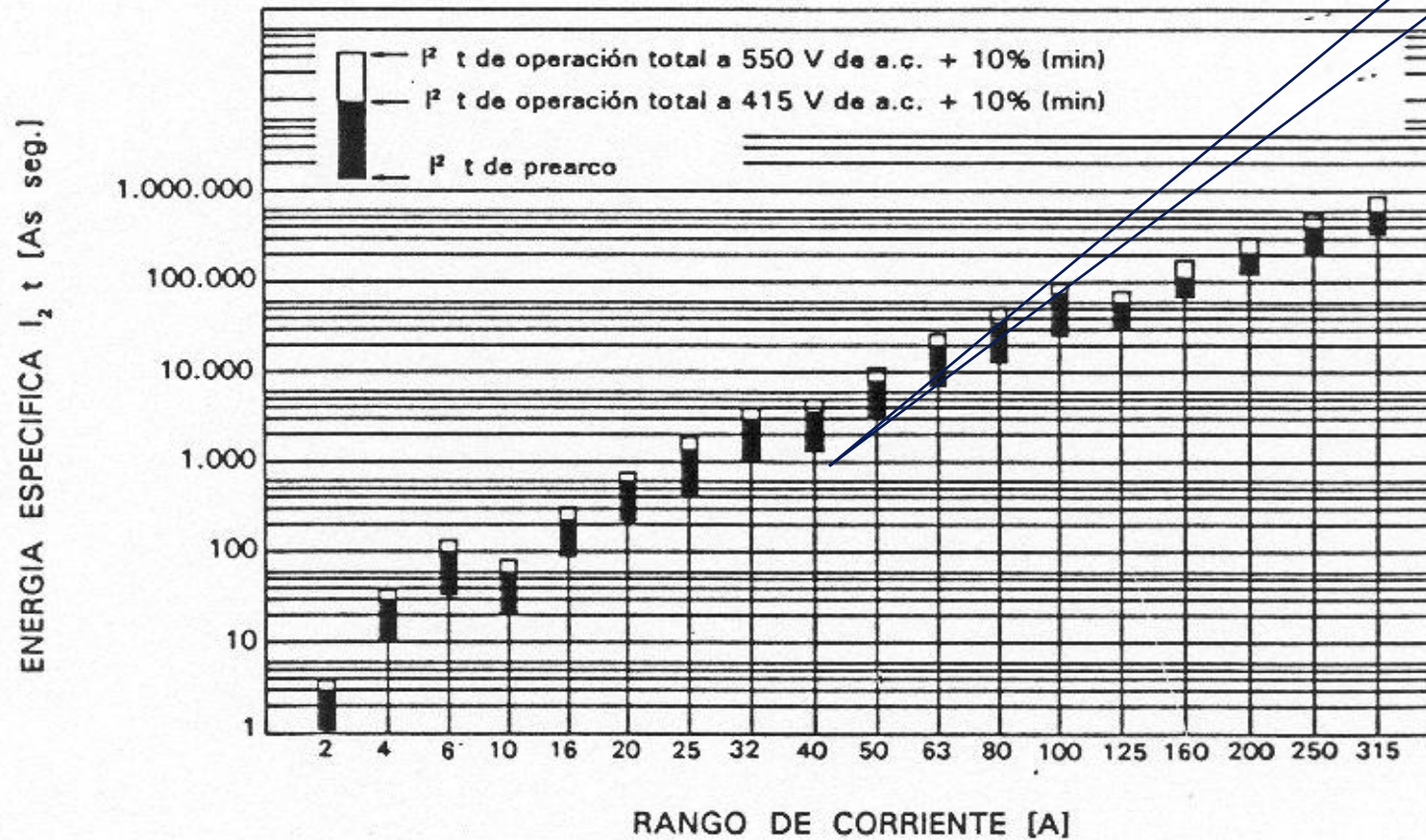
Característica de limitación de corriente de cortocircuito



- El fabricante debe indicar cual es el valor máximo de corriente que su fusible permitirá pasar por el circuito protegido

Curvas Características de energía específica aportadas por el fabricante

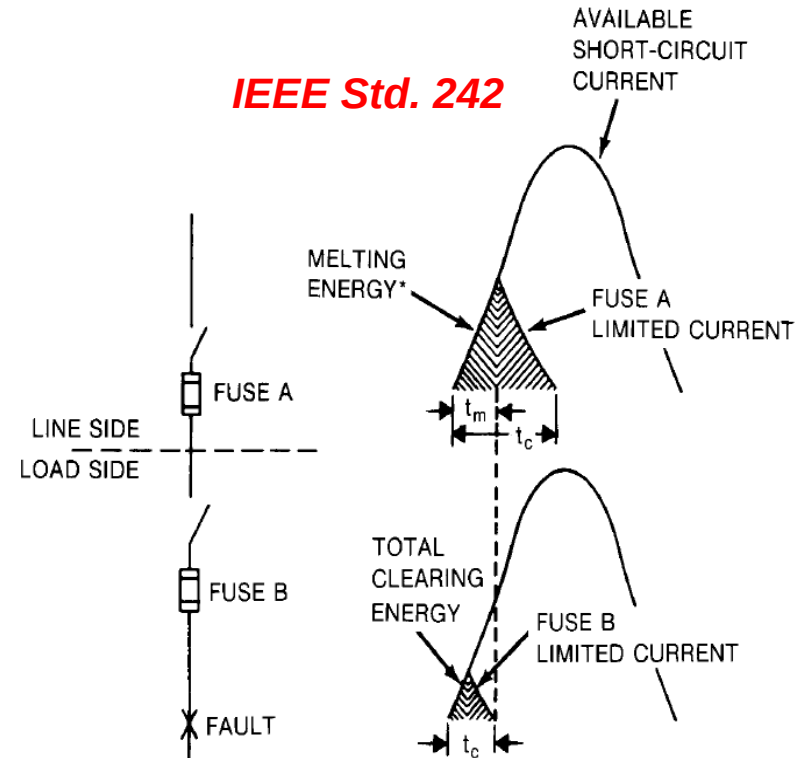
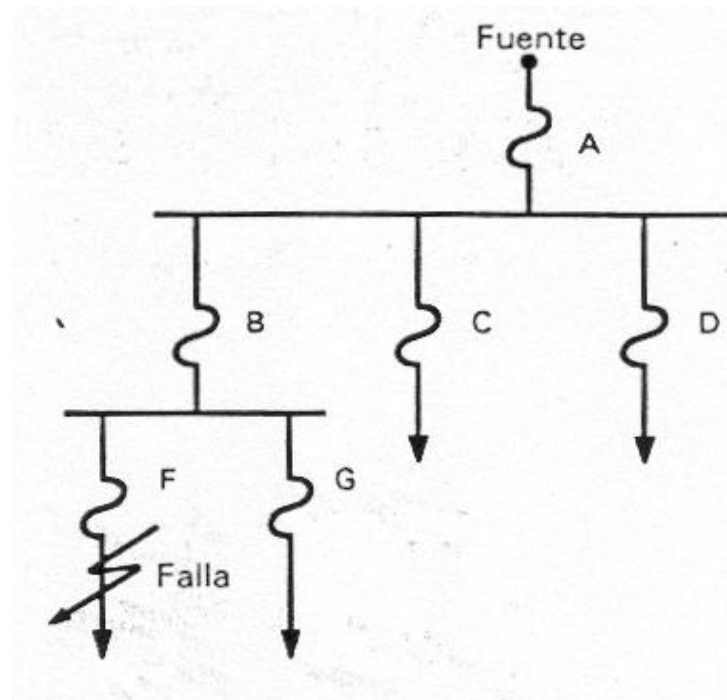
Es la
energía
que recibe
el elemento
protegido



COORDINACION Y SELECTIVIDAD

Coordinación selectiva entre fusibles

- Es la habilidad de un dispositivo protector a interrumpir la alimentación de un circuito fallado, sin alterar o interferir los restantes circuitos sanos, alimentados por las mismas fuentes



*INDICATES, BUT DOES NOT EQUAL, ENERGY.

Figure 83 — Selectivity of Fuses; Total Clearing Energy of Fuse B Must Be Less Than Melting Energy of Fuse A

- Los fusibles A y B del lado de la alimentación deben permanecer inalterables, ya que si no ocurre así y opera el fusible B deja sin alimentación al ramal sano G, y peor aún si opera el A, pues saca de servicio a todo el sistema.

Una relación 2:1 (1,6) entre las corrientes nominales del fusible mayor y del menor, en general suministra un muy buen grado de selectividad.

En general hay que recurrir a los datos de los fabricantes para asegurarse la selectividad.

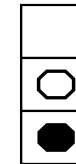
- Las propiedades más importantes de los fusibles son:

- 1) Constancia de las características para todos los fusibles del mismo tipo. Esto se logra con alto control en la fabricación.
- 2) No deterioro con el uso normal, debe ser inalterable con el tiempo dentro de cierta tolerancia.

Información dada por el fabricante en base a las tensiones del sistema

- Se ingresa con las corrientes nominales del fusible protegido (del lado de la carga) y del fusible protector (del lado de la fuente)

		FUSIBLE MENOR															
		10	16	25	35	50	63	80	100	125	160	200	225	250	315	355	400
FUSIBLE MAYOR	10																
	16	•															
	25	•															
	35	•	•														
	50	•	•														
	63	•	•	•	○	•											
	80	•	•	•	•	•	○										
	100	•	•	•	•	•	•	○									
	125	•	•	•	•	•	•	•									
	160	•	•	•	•	•	•	•	○	○							
	200	•	•	•	•	•	•	•	•	•	○						
	225	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
	250	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
	315	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	○	○	○			
	355	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	400	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	○	•	



No selectivo

Selectivo hasta 380 V

Selectivo hasta 600 V

- Existe una regla práctica que para que coordinen debe cumplirse que:

$$I_n (\text{anterior}) \geq 1,6 I_n (\text{posterior})$$

Información dada por el fabricante en base a la tensión y corriente de cortocircuito

Corriente de cortocircuito expresada en múltiplos de la corriente nominal del fusible protegido.	Relación mínima corriente nominal protector a protegido con:		
	220 V	380 V	500 V
... - $10 I_n$	1,25	1,25	1,25
$10 I_n$ - $30 I_n$	1,25	1,25	1,60
$30 I_n$ - $100 I_n$	1,25	1,60	1,60
$100 I_n$ - $1000 I_n$	1,60	1,60	2,00
$1000 I_n$ - ...	2,00	2,00	2,50

Información dada por el fabricante en base a las corrientes de cortocircuito

		F U S I B L E M A Y O R						
		10	15	20	25	30	40	45
F U S I B L E	3	980	1300	1630	2100	2600	3250	4200
	5	980	1300	1630	2100	2600	3250	4200
	7		850	1600	2100	2600	3250	4200
	10			780	1650	2600	3250	4200
M E N O R	15				1000	1900	3250	4200
	20					1200	2250	4000
	25						1400	3000

Caso práctico para protección de transformadores

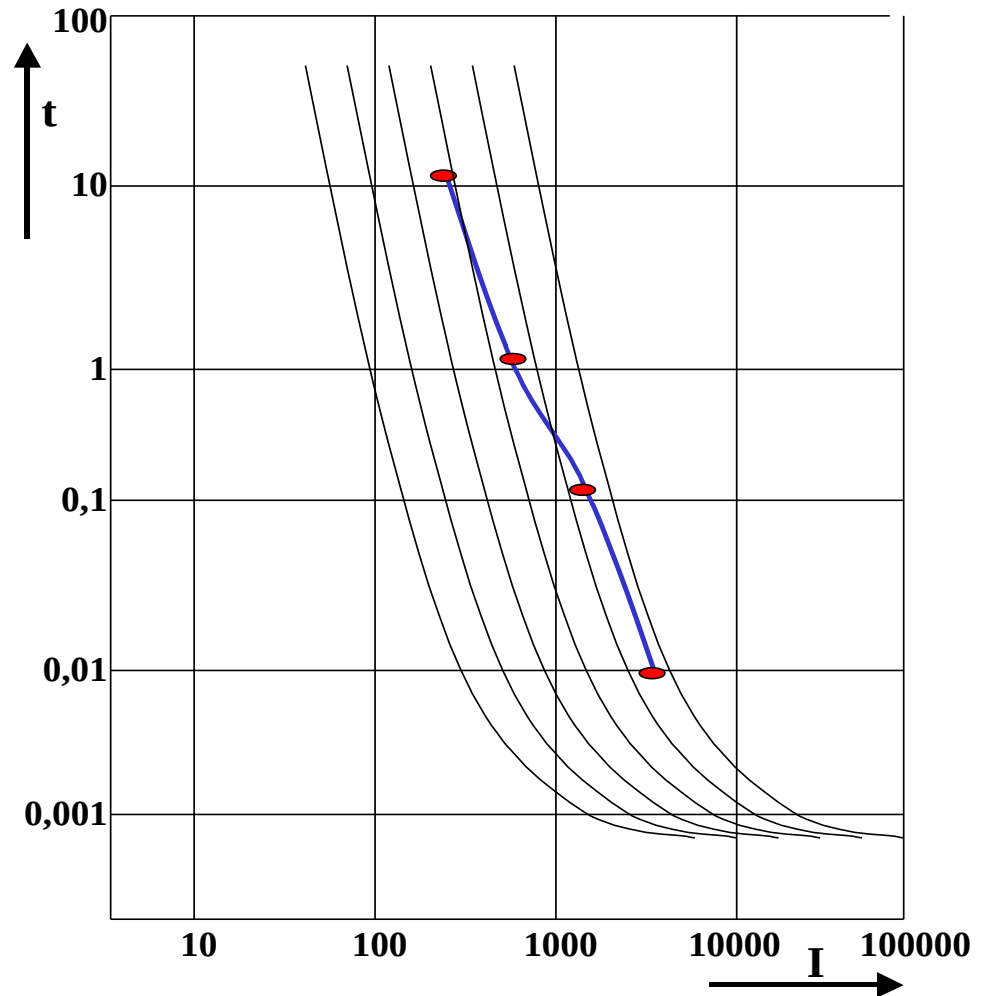
Nº veces la I_n	Tiempo
3	10 s
6	1 s
12	100 ms
25	10 ms

CASO PARA TRAFO DE:

S= 100 KVA

I_n = 150 A

I (A)	Tiempo
450	10 s
900	1 s
1800	100 ms
3750	10 ms



***MUCHAS
GRACIAS***

Prof. Ing. Roberto Campoy