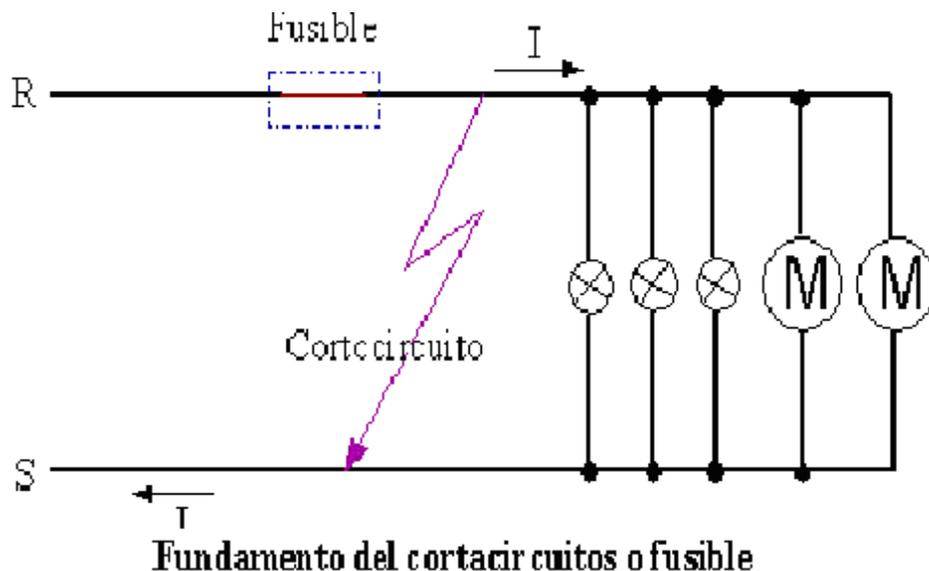


## Fusible O Cortacircuito De Alta Tensión

### 1.1 Definición De Fusible

Los fusibles o cortacircuitos, según se ve en la figura no son más que una sección de hilo más fino que los conductores normales, colocado en la entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que mas se caliente, y por tanto la primera en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno.



Los fusibles son los dispositivos de sobrecorriente más baratos y simples que se utilizan en la protección de redes de distribución. Al mismo tiempo son uno de los más confiables, dado que pueden brindar protección un tiempo muy prolongado (por arriba de 20 años) sin estar sujeto a tareas de mantenimiento. Antiguamente los fusibles eran finos hilos de cobre o plomo, colocados al aire, lo cual tenía el inconveniente de que al fundirse saltaban pequeñas partículas incandescentes, dando lugar a otras averías en el circuito. Actualmente la parte o elemento fusible suele ser un fino hilo de cobre o aleación de plata, o bien una lámina del mismo metal para fusibles de gran intensidad, colocados dentro de unos cartuchos cerámicos llenos de arena de cuarzo, con lo cual se evita la dispersión del material fundido; por tal motivo también se denominan cartuchos fusibles. Los cartuchos fusibles son protecciones desechables, cuando uno se funde se sustituye por otro en buen estado.

*El cortacircuito fusible*, o simplemente fusible, fue el primer elemento de protección que se inventó en los albores de la electrotecnia, y aún continúa siendo adoptado en las instalaciones eléctricas modernas. Básicamente está formado por una lámina o alambre calibrado, que se denomina elemento fusible, contenido en un cartucho fusible removible y emplazado en una base o soporte portafusible, que lo permite conectar en serie con el circuito a proteger.

*El elemento fusible* se construye de manera que tenga un punto de fusión menor que los conductores de la instalación protegida, y habitualmente se disponen varios sectores más estrechos, en los que se obtiene una mayor densidad de corriente. Por lo tanto, cuando circula una sobrecorriente determinada, el calor generado por efecto Joule funde los estrechamientos del elemento e interrumpe el circuito. Una vez eliminada la causa de la sobrecorriente, para reponer el circuito debe instalarse un elemento fusible nuevo.

*La construcción* de los fusibles comprende una gran variedad de modelos, con distintos tamaños, formas y métodos de montaje; y para ser utilizados con diferentes gamas de tensión, corriente y tiempos de actuación.

Así hay fusibles con montaje a rosca, a cuchilla o cilíndricos; hay fusibles de acción rápida o retardada; hay fusibles de alta capacidad de ruptura, etcétera. En ciertos casos, se fabrican en distintos tamaños, para evitar la instalación errónea de fusibles de características diferentes a las necesarias. Además, en algunos modelos se dispone una base portafusible diseñada para operar como seccionador en vacío o bajo carga, maniobrando simultáneamente los fusibles de las distintas fases.

Los cartuchos fusibles también pueden mejorarse aplicándole técnicas de enfriamiento o rapidez de fusión, para la mejor protección de los diferentes tipos de circuitos que puede haber en una instalación, por lo cual y dentro de una misma intensidad, atendiendo a la rapidez de fusión, los cartuchos fusibles se clasifican según la tabla.

## 1.2 Tipos De Cartuchos Fusibles

Tipo	Según norma	UNE
Fusibles rápidos	gF	-gl, gI, F, FN, Instanfus
Fusibles lentos	gT	T, FT, Tardofus
Fusibles de acompañamiento	aM	A, FA, Contanfus

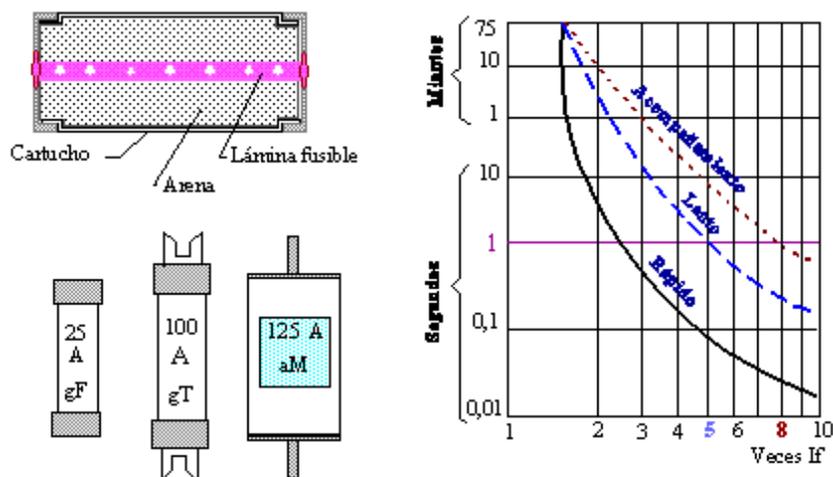
Si llamamos  $I_f$  a la intensidad a la cual ha de fundir un fusible, los tres tipos antes mencionados, se diferencian en la intensidad que ha de atravesarlos para que fundan en un segundo.

Los fusibles lentos funden en un segundo para  $I = 5 I_f$

Los fusibles rápidos funden en un segundo para  $I = 2,5 I_f$

Los de acompañamiento funden en un segundo para  $I = 8 I_f$

Los fusibles de acompañamiento (aM) se fabrican especialmente para la protección de motores, debido a que aguanten sin fundirse las puntas de intensidad que estos absorben en el arranque. Su nombre proviene de que han de ir acompañados de otros elementos de protección, como son generalmente los relés térmicos. Cada cartucho fusible tiene en realidad unas curvas de fusión, que pueden diferir algo de las definiciones anteriores, dadas por los fabricantes. En la figura, vemos algunos tipos de cartuchos fusibles, así como unas curvas de fusión orientativas, de los tres tipos existentes.



Cartuchos  
Tipos de cartuchos y curvas orientativas de fusión

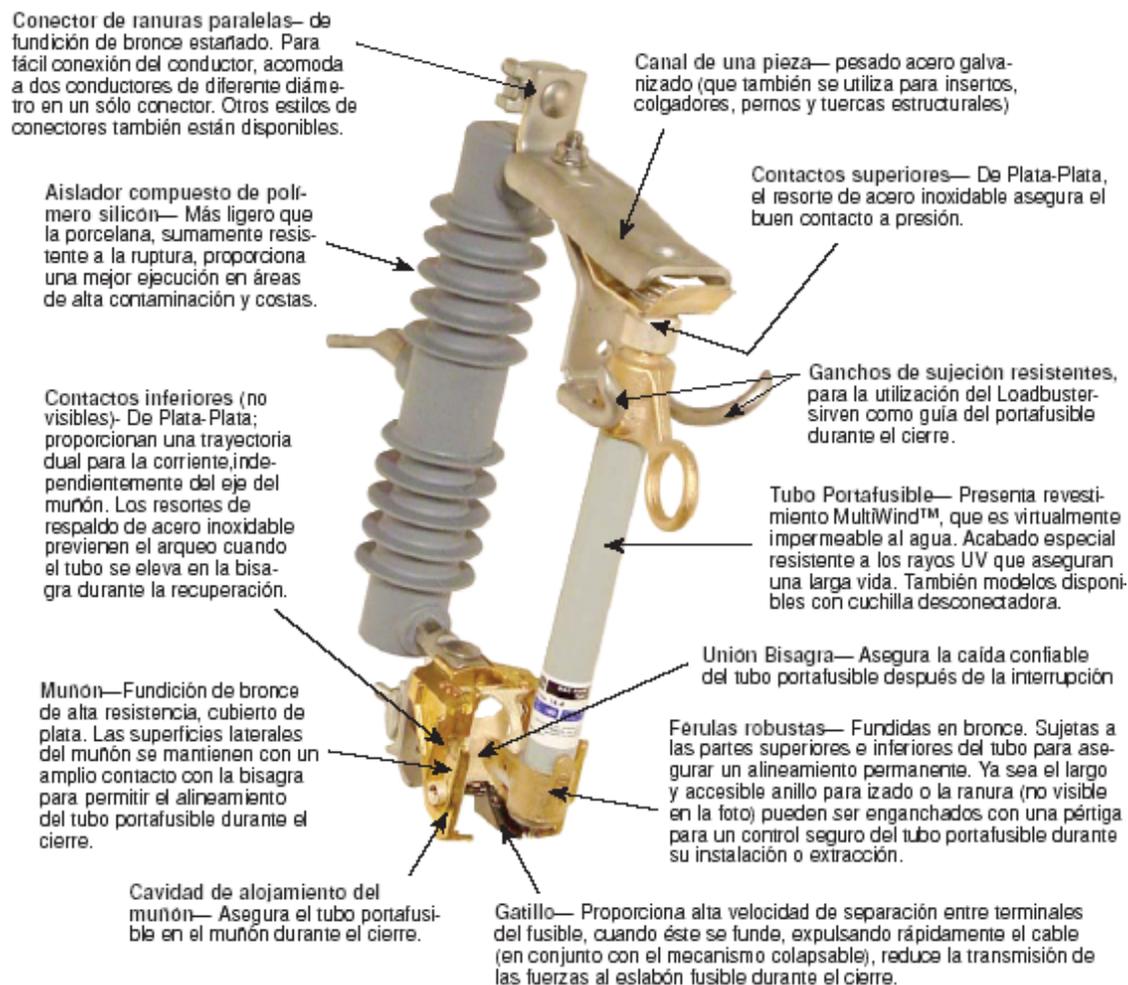
*Los fusibles lentos (gT):* son los menos utilizados, empleándose para la protección de redes aéreas de distribución generalmente, debido a los cortocircuitos momentáneos que los árboles o el viento pueden hacer entre los conductores.

*Los fusibles rápidos (gF):* se emplean para la protección de redes de distribución con cables aislados y para los circuitos de alumbrado generalmente.

*Los fusibles de acompañamiento (aM):* como ya hemos dicho, son un tipo especial de cortacircuitos, diseñado para la protección de motores eléctricos.

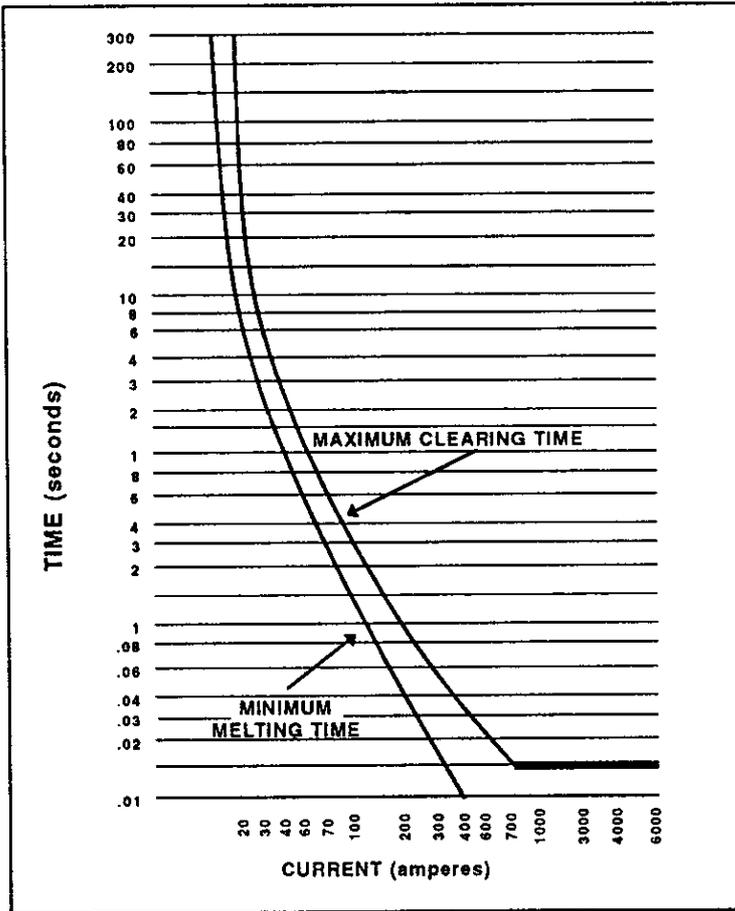
Los cartuchos fusibles de los tipos **gF** y **gT** bien elegidos, en cuanto a intensidad de fusión, se emplean también como *protección contra sobrecargas*, principalmente en instalaciones de alumbrado y de distribución, pero nunca debe de emplearse el tipo **aM**, ya que éstos, como ya se dijo, están diseñados especialmente para la protección contra cortocircuitos de los motores eléctricos.

### 1.3 Parte De Las Que Esta Formado Un Fusible



### 1.4 Características De La Amplitud De La Corriente Cortada Limitada

El fabricante deberá indicar, mediante un diagrama de limitación, los límites superiores de la corriente cortada limitada, correspondiente a cada valor de la corriente prevista de cortocircuito, hasta el poder de corte asignado del fusible en las condiciones especificadas. La característica del fusible es definida en realidad por dos curvas: la de mínimo tiempo de fusión y la de tiempo total de despeje.



Corriente en Amper.

Curvas de tiempo mínimo y máximo de fusión.

La curva de mínimo tiempo de fusión se elabora mediante tests eléctricos. La magnitud de la corriente y el tiempo que toma para fundir son registrados y plotteados. Luego se traza una curva ajustada a los puntos obtenidos representando una curva promedio de fusión. Luego se subtrae el 10% a los tiempos, y la curva obtenida así se denomina , de tiempo mínimo. Sin embargo, el fusible tiene un tiempo de formación del arco asociado con el. Este tiempo es el que toma el fusible para interrumpir el circuito luego de que el fusible funda y se obtiene así mismo por test. Los tiempos de arco, los cuales se registran para diferentes magnitudes de corriente, se suman al máximo tiempo de fusión (110% del tiempo promedio de fusión). La curva resultante se denomina de tiempo total de despeje. Estas dos curvas son los extremos de las características del fusible y son las curvas publicadas por los fabricantes.

La coordinación de dos fusibles (uno de lado fuente y otro de lado de carga) se lleva a cabo comparando las curvas respectivas. Para una falla delante del fusible (1) del lado carga hay que asegurar que este funda primero que el fusible (2) del lado de la fuente. Para ello, es práctica común tomar las condiciones más desfavorables; es decir, tomar la curva de mínimo tiempo de fusión para (2) y la de tiempo total de despeje para (1) ( ver fig). Para todas las corrientes de falla la curva de (2) debe quedar por arriba de la de (1). Un criterio ampliamente utilizado establece que el tiempo total de despeje del principal no debe exceder el 75% del tiempo mínimo del fusible back-up. Este factor compensa eso efectos tales como corriente de carga, temperatura ambiente, o fatiga del elemento fusible, causada por el efecto de calentamiento de corrientes de falla que han pasado por el fusible pero no han sido lo suficientemente elevadas para fundirlo

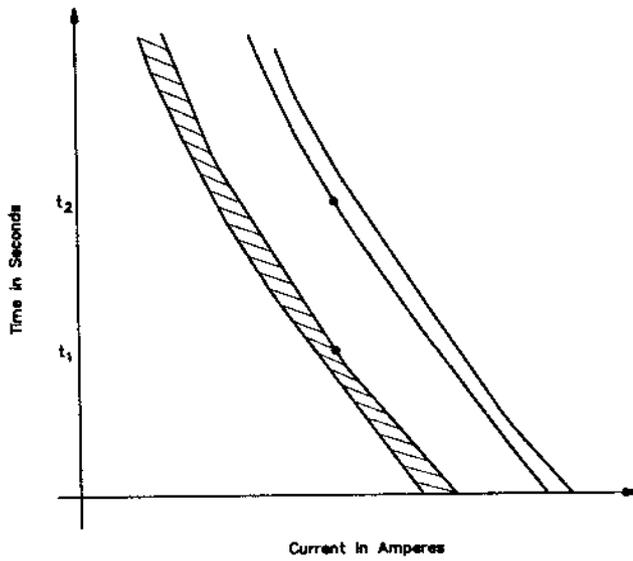


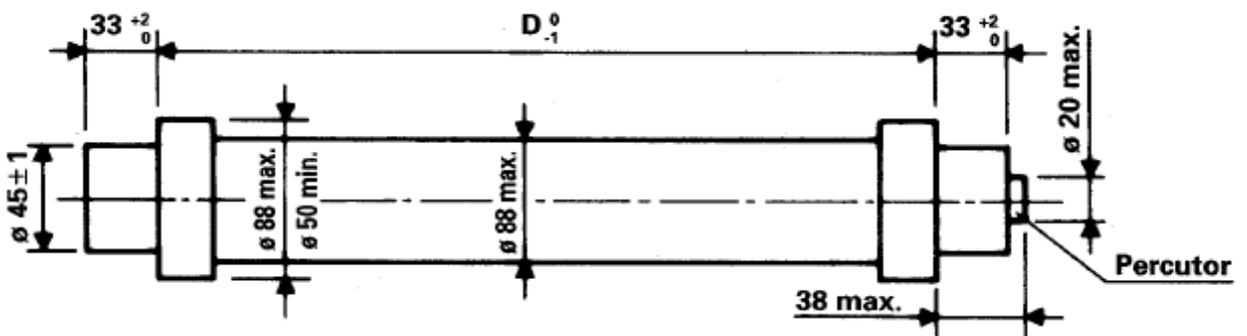
Figure 6.4 Criteria for fuse-fuse co-ordination  
 $t_1 < 0.75 t_2$

Criterio de coordinación de fusibles  $t_1 < 0.75 t_2$

Medidas Y Masas

Los fusibles satisfarán las medidas indicadas en la figura y en la tabla, el fabricante deberá indicar la masa, en kilogramos, de cada cartucho fusible, con una precisión de una cifra decimal.

Fusible limitador



Tensión asignada kV	D mm
24	442
36	537

## 1.5 Función De Los Fusibles De Alta Tensión

La función del fusible o cortacircuito de alta tensión es interrumpir el suministro a una instalación o parte de ella por la fusión de una de sus partes constitutivas, (Siendo esta la lámina del fusible) cuando la corriente que circula por éste excede un valor pre–tablecido, en un tiempo dado, diseñados para las diferentes potencias de alta tensiones. Cumpliendo así con su función principal que es la de proteger los generadores, transformadores, redes y demás componentes de un sistema eléctrico. Un fusible seleccionado en forma adecuada debe abrir el circuito por destrucción del elemento fusible, eliminando el arco establecido durante la destrucción y luego mantener las condiciones del circuito abierto con tensión nominal aplicada en sus terminales, es decir que no haya arco a lo largo del elemento fusible. A pesar de que el fusible es simple en apariencia su función es compleja. Para que actúe en forma adecuada debe:

*Censar las condiciones tratando de proteger*

*Interrumpir la corriente rápidamente*

*Coordinar con otros dispositivos de protección*

## 1.6 Condiciones Que Deben Cumplir Los Fusibles de AT

- Enfriar el metal vaporizado.
- Absorber el vapor metálico condensa.
- Extinguir el arco que pueda mantenerse en el vapor metálico conductor. La presencia de este polvo es la que confiere al fusible su alto poder de ruptura en el caso de cortocircuitos bruscos.
- Alta rigidez mecánicas.
- Brindar una buena estabilidad eléctrica para un el funcionamiento del sistema en buen estado.
- Ser resistentes a los cambios atmosféricos.
- Condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales, y Subestaciones y Centros de transformación.

## 1.7 Criterio Para Selección De Los Fusibles

El criterio de selección se apoya básicamente en la UNE 21–122 Guia de aplicación para la elección de fusibles de alta tensión destinados a utilizarse en circuitos con transformadores, si bien se han tomado en consideración otros aspectos como la utilización de una gama reducida de calibres para los centros propiedad de Iberdrola con objeto de optimizar el stock, la coordinación con relés o fusibles de derivación aguas arriba o la utilización de un calibre mínimo de 12K para fusibles de expulsión debido a la fusión intempestiva de los calibres bajos por descargas atmosféricas, entre otros.

Para la selección de un fusible tenemos que tener presente los siguientes conocimientos:

1. Tensión y nivel de aislamiento
2. Tipo de sistema
3. Máximo nivel de cortocircuito
4. Corriente de carga

## 1.8 Selección De La Corriente Nominal

La corriente nominal del fusible debe ser mayor que la máxima corriente de carga. Debe permitirse un porcentaje de sobrecarga de acuerdo a las condiciones del equipo protegido. En el caso de transformadores de potencia, los fusibles deben ser seleccionados de tal forma que su característica tiempo–corriente este por arriba de la curva de energización (inrush) y por debajo de su límite térmico. Algunos fabricantes confeccionan tablas para la asistencia en la apropiada selección del fusible para diferentes valores nominales y disposiciones.

### **1.9 Selección De La Tensión Nominal**

La tensión nominal del fusible se determina a partir de las siguientes características:

- tensión máxima de fase o de línea.
- tipo de puesta a tierra.
- número de fases (tres o una).

Las características del sistema determinan la tensión vista por el fusible en el momento en que interrumpe la falla. Tal tensión debe ser igual o menor que la tensión nominal del fusible. Por lo tanto, debe aplicarse los siguientes criterios:

- En sistemas aislados, la tensión nominal debe ser igual o mayor que la tensión máxima de línea.
- En sistemas trifásicos puestos a tierra, para cargas monofásicas, la tensión nominal debe ser igual o mayor que la máxima tensión de fase y para cargas trifásicas la tensión nominal es seleccionada en base a la tensión de línea.

### **1.10 Selección De La Capacidad De Cortocircuito De Los Fusibles**

La capacidad de cortocircuito del fusible debe ser igual o mayor que la corriente de falla trifásica calculada en el punto de instalación del fusible.

### **1.11 Láminas De Fusibles De Alta Tensión**

**Láminas Fusibles Tipo Universal** Las láminas fusibles son dispositivos de protección contra sobre corrientes; se denominan Tipo Universal ya que su intercambiabilidad tanto mecánica como eléctrica, esta normalizada para todos los fabricantes. FEDELCA produce Láminas fusibles bajo las normas IEEE – ANSI y CADAPE, en los tipos H.K. y T. desde 1 amp. Hasta 200 amp., en 15 y 34.5 KV. Las láminas fusibles FEDELCA, mantienen inalterables durante el servicio, sus características de tiempo–corriente de acuerdo con las curvas normalizadas. Su temperatura de trabajo es baja; para atender el objetivo de estabilidad de propiedades, se utiliza en el elemento fusible, metales o aleaciones que no están sujetas a oxidaciones progresivas y con temperaturas de trabajos inferiores a 100°C con punto de fusión en 230°C.



### 1.12 Tipos Específicos De Láminas Para Fusibles De AT

Tipos de láminas fusibles para alta tensión de acuerdo a su tiempo de respuesta: h, k y t. Estas podrán entregarse en botón fijo y botón removible de 15.0 kv. y 34.5 kv.

- **Tipo h:** las láminas fusible tipo h presentan una relación de tiempo – corriente más rápida que el tipo k en el corte y en perturbaciones bruscas.
- **Tipo k:** las láminas fusibles tipo k se fabrican cumpliendo con las normas nacionales e internacionales ANSI, NEMA, IEEE, para los valores máximos y mínimos: 300, 10 y 0,1 segundos, atendiendo en estas, especificaciones técnicas y los valores normalizados para lograr una intercambiabilidad adecuada. Los fusibles tipo k se clasifican dentro de los rápidos.
- **Tipo t:** las láminas fusibles tipo t se fabrican cumpliendo con las normas nacionales e internacionales ANSI, NEMA, IEEE, para los valores máximos y mínimos: 300, 10 y 0,1 segundos, atendiendo en estas, especificaciones técnicas y los valores tiempo corriente normalizados para lograr al igual que los tipo k una intercambiabilidad adecuada. Los fusibles tipo t se clasifican dentro de los lentos o retardados.

## Clasificación De Los Fusibles Según La Corriente Y El Tiempo De Desconexión

### • Principales Tipos De Fusibles De AT

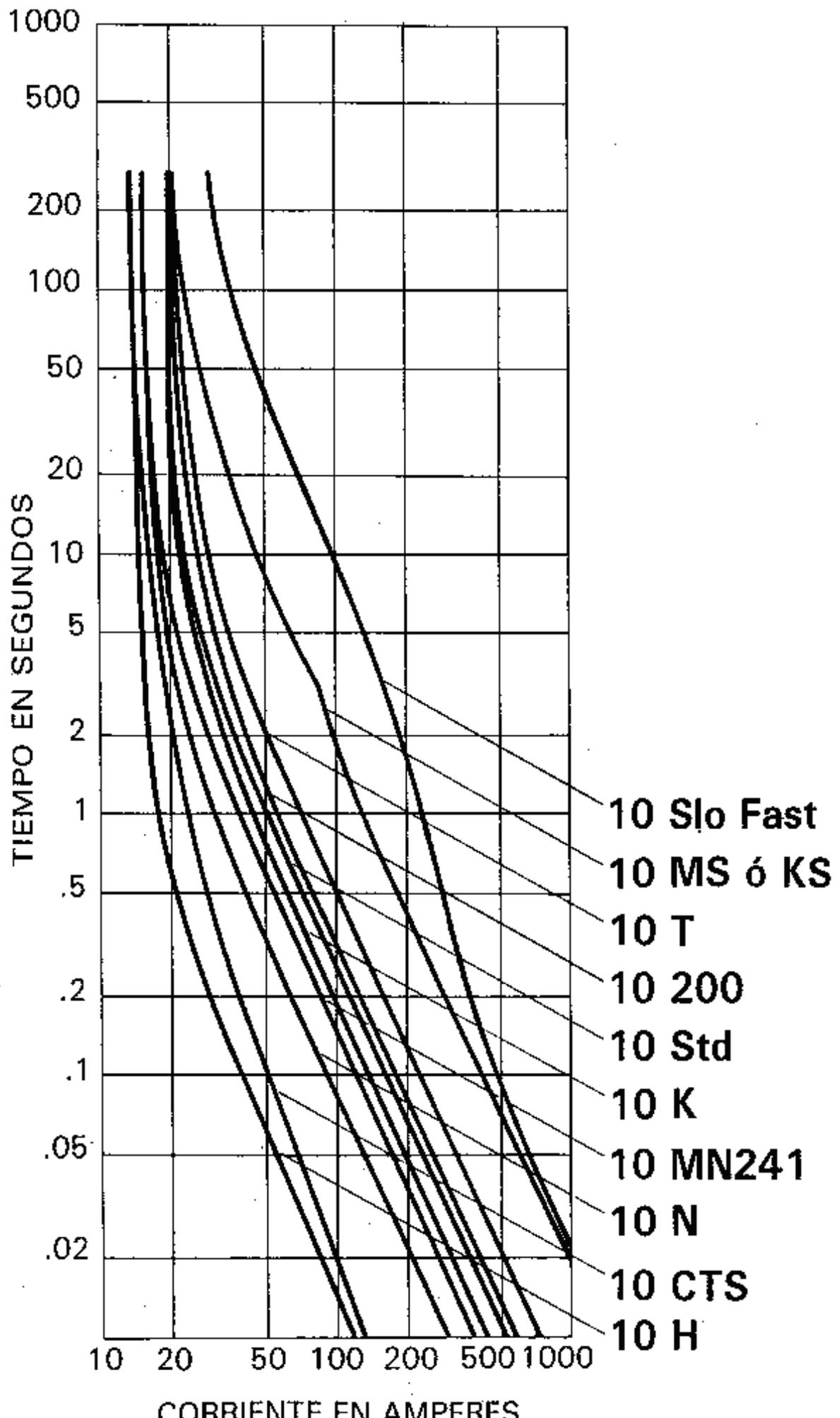
La diferencia entre fusibles está determinada por la relación de velocidad, la cual se define como la relación entre las corrientes de fusión para 0.1 s y 300 s en fusibles hasta 100 A y 0.1 s y 600 s en fusibles por arriba de 100 A. Por ejemplo, un fusible T de 6 A tiene una corriente de fusión de 130 A para 0.1 s y 12 A para 300 s lo que resulta en una relación de velocidad de 10.8. Los fusibles lentos tienen una relación de velocidad entre 10.0 y 13.0. Los fusibles rápidos tienen una relación de velocidad entre 6.0 y 8.1. A continuación se listan los tipos de link fusibles que existen hoy en día en el mercado según normas AYEE, ANSI C.37.40,41,42,46,47 y 48, IRAM 2400, NIME y NEMA:

- **Fusible tipo K:** Conducen hasta 150% de su  $I_n$  sin daños (relación de velocidades 6 a 8).
- **Fusibles Tipo T:** Más lentos que los K (relación de velocidad 10 a 13).
- **Fusible tipo Std:** Intermedia entre los K y T; son permisivos a las fluctuaciones de corriente (relación de velocidad 7 a 11).
- **Fusible Tipo H:** Conducen hasta el 100% de su  $I_n$  sin daño; tienen característica de fusión muy rápida (relación de velocidad 7 a 11).
- **Fusible Tipo N:** Conducen hasta el 100% de su  $I_n$  sin daños. Son más rápidos aún que los H
- **Fusible Tipo X:** Provistos de un elemento dual; son permisivos a las fluctuaciones de la corriente (relación de velocidad 32).
- **Fusible Tipo Sft:** Provisto de elemento dual; no actúan ante fallas temporarias en trafos.
- **Fusibles Tipo MS o KS:** Respuesta ultralenta y mayor permisividad de corriente que los T; bueno como protección de línea (relación de velocidad 20).
- **Fusibles Tipo MN241 AYEE:** Conducen hasta el 130% de su  $I_n$  sin daños; poseen un resorte extractor necesario en los seccionadores MN241 AYEE.
- **Fusibles tipo DUAL:** son fusibles extralentos, cuya relación de velocidad es de 13 y 20 (para 0.4 y 21 amperios, respectivamente).

Para satisfacer requerimientos especiales tales como la protección primaria de trafos de distribución, se han desarrollado fusibles por debajo de 10 A. Fusibles de 1, 2, 3, 5 y 8 A están dentro de esta categoría. Estos fueron diseñados específicamente para proveer protección contra sobrecargas y evitar operaciones innecesarias durante corrientes transitorias de corta duración asociadas con el arranque de motores y descargas

**Relación De Velocidad:** es la relación entre la corriente de fusión a 0.1 segundos y la de 300 segundos. (Para fusibles de capacidad mayor a 100 amperios, se toma el valor de 600 segundos.)

### 2.2 Grafico Comparativo De Velocidades Entre Distintas Curvas Mínimas De Fusión En Una Misma Corriente Nominal De Elemento Fusible.



### **2.3 Fusibles limitadores de corriente asociados para AT hasta 36 kV**

Se trata de fusibles de alto poder de ruptura para la protección de centros de transformación, generalmente de tipo interior, de potencia igual o inferior a 1000 kVA y como forma de integración de las derivaciones particulares a la red subterránea de Iberdrola. Estos fusibles deben cumplir con la norma UNE EN-60282-1 Fusibles limitadores de corriente para alta tensión y la NI 75.06.31 Fusibles limitadores de corriente asociados para AT hasta 36 kV.

### **2.4 Fusible De Expulsión**

Están diseñados para uso exterior exclusivamente. Los fusibles CXP están disponibles para tensiones de 8 kV, 15/20 kV y 25 kV. La aplicación principal de los fusibles CXP es proteger unidades individuales de condensadores en equipos estándar de intemperie. Estos fusibles tienen una capacidad energética de 30.000 Julios en paralelo. No son aplicables normalmente para más de 20.000 Julios de energía en paralelo, equivalentes a 6000 kVAR.

Características Asignadas

Tensión nominal (kV) 8 – 25

Intensidad nominal (A) 100



### **2.5 Fusibles De Expulsión–Seccionadores, Con Base Polimérica, Hasta 36 Kv**

*Campo de aplicación*

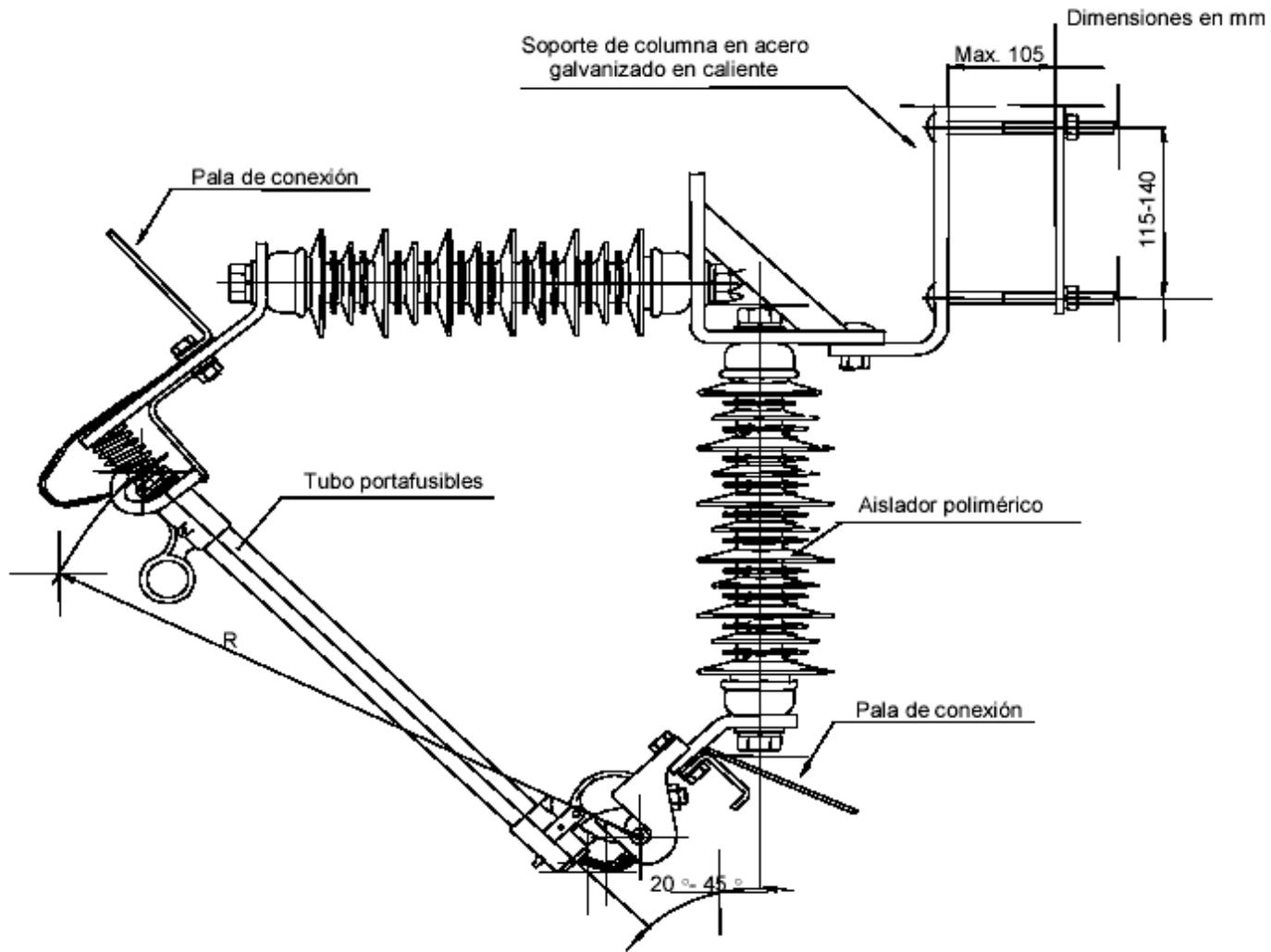
Las características que deben cumplir y los ensayos que deben satisfacer los cortacircuitos fusibles de expulsión, seccionadores con base polimérica, con apertura automática visible (en adelante denominados solamente cortacircuitos), previstos para ser instalados en líneas aéreas de alta tensión hasta 36 kV. La instalación de estos elementos deberá de estar de acuerdo con el Reglamento Sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales, subestaciones y Centros de transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).

### **2.6 Características Constructivas De Los Fusibles De Expulsion**

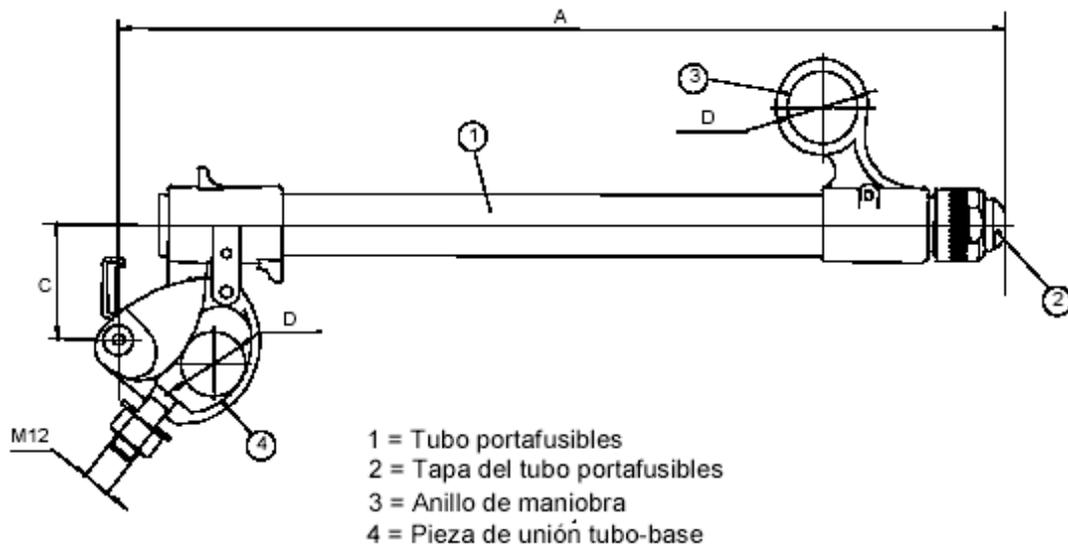
Los cortacircuitos serán de clase A, según definición del apartado de la Norma UNE 21 120-2; y a continuación se reiteran los principales puntos que definen además estos elementos.

### *Diseño de los diferentes componentes de un fusible de expulsión*

Los cortacircuitos completos, en su posición de montaje, responderán a los diseños básicos indicados en la figura.



*Portafusible.*— El portafusible responderá al diseño que se indica en la figura. Llevarán acortadores de arco.



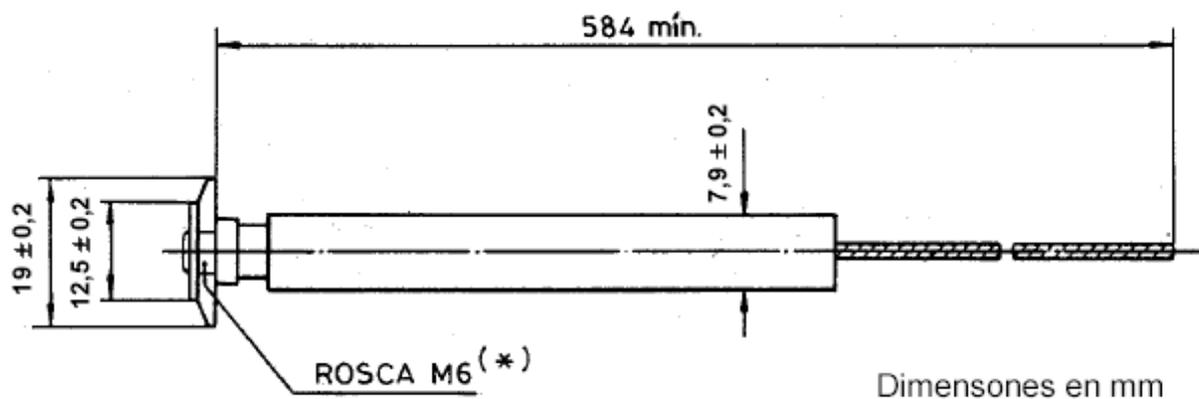
Tensión asignada kV	A mm	D (mínimo) mm	C mm
24	380±2	23	43±6
36	468±2	23	43±6

Dimensiones de los tubos portafusible La cota A, se entiende en la posición de montaje. El tornillo de M-12 de la figura 3, podrá tener un tipo de rosca diferente, siempre y cuando tornillo y tuerca sean imperdibles.

*Cuchilla de seccionamiento*, Opcionalmente, el tubo del portafusible

Podrá sustituirse por una cuchilla de seccionamiento.

*Fusibles*.— Las medidas de los fusibles, responderán al diseño que se indica en la figura



\* La longitud roscada será como mínimo 4 mm

*Dimensiones De Los Fusibles*

*Valores asignados*

Tensión asignada. 24 kV y 36 kV.

Intensidad asignada. Son las indicadas en la tabla

Intensidades asignadas

Base	Fusibles	Portafusible	Cuchilla seccionadora	Poder de corte kAef.
A	A	A	A	
200	12-20-25-	100	200	8

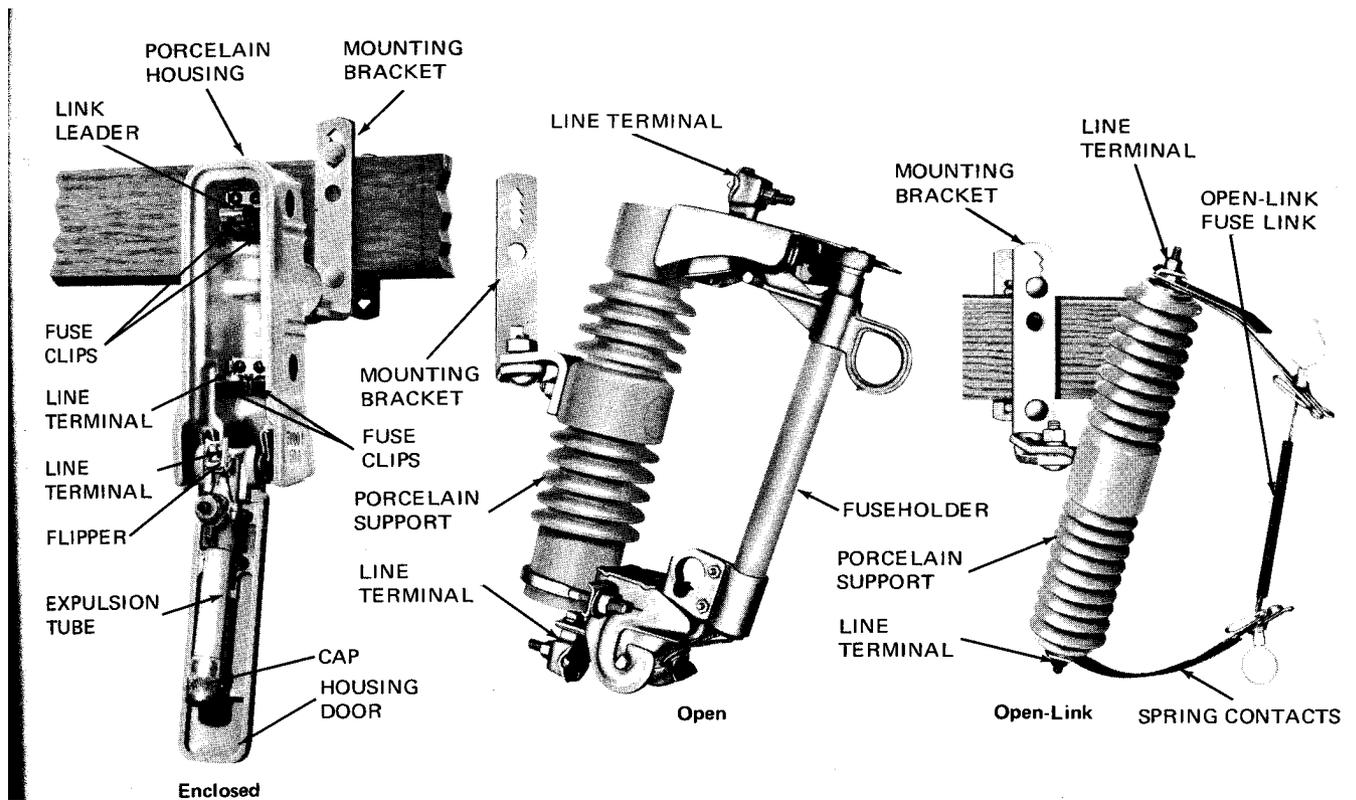
Nivel de aislamiento. – Serán los indicados en la tabla

Nivel de aislamiento

Tensión asignada	Tensión soportada a los impulsos de tipo rayo kV (valor de cresta)		Tensión soportada bajo lluvia frecuencia industrial kV (valor eficaz)	
	A tierra	Sobre la distancia de seccionamiento	A tierra	Sobre la distancia de seccionamiento
kV	(NA)	(NAS)		
24	125	145	50	60
36	170	195	70	80

## 2.7 Otros Tipos De Fusibles De Expulsión

Como se mencionó anteriormente los fusibles expulsión deben utilizarse conjuntamente con otro dispositivo para operar apropiadamente. El más típico es el cutout, disponible en eslabón abierto (open link), abierto (open) y diseño cerrado.



El largo y el diámetro del elemento son determinantes de las características del fusible. Mientras más largo el fusible más rápido operará para bajos niveles de corriente de cortocircuito. Para niveles altos de corrientes de cortocircuito, la elevación de temperatura es muy rápida y el calor no puede ser disipado desde el centro del elemento fusible. Como consecuencia, el tiempo de fusión en el rango de altas corrientes de falla no depende fuertemente del largo del elemento sino del diámetro. El fusible de expulsión, como su nombre lo implica, expulsa gases durante su operación.

Un fusible de expulsión típico utiliza una sección de elemento fusible relativamente corta para censar la sobrecorriente e iniciar el arco requerido para la interrupción. Anexado a este elemento fusible corto hay un elemento conductor de mayor sección, denominado guía del fusible, el cual conecta al fusible al resto del equipamiento como sea requerido. Durante la presencia de una falla, el elemento fusible se fundirá causando un arco dentro del cartucho del fusible. Cuando se produce el arco, se desprenden rápidamente gases desde sustancias especiales (usualmente fibras) localizadas muy cercanamente al elemento fusible. La función primaria de los gases desprendidos es desionizar y apagar el arco generado por los gases ionizados y permitir la formación de un medio dieléctrico que pueda atenuar la tensión de reestablecimiento.

Una de las principales ventajas de estos dispositivos es que pueden ser recargados con un link fusible relativamente económico. Existe una amplia variedad de tipos y tamaños de links fusibles que podrían utilizarse en el mismo compartimiento del fusible.

## 2.8 TABLA DE CAPACIDAD DE FUSIBLE

SECCION DEL CONDUCTOR	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	AMPERES	CAPACIDAD DEL FUSIBLE
0,50	0,80	4	---

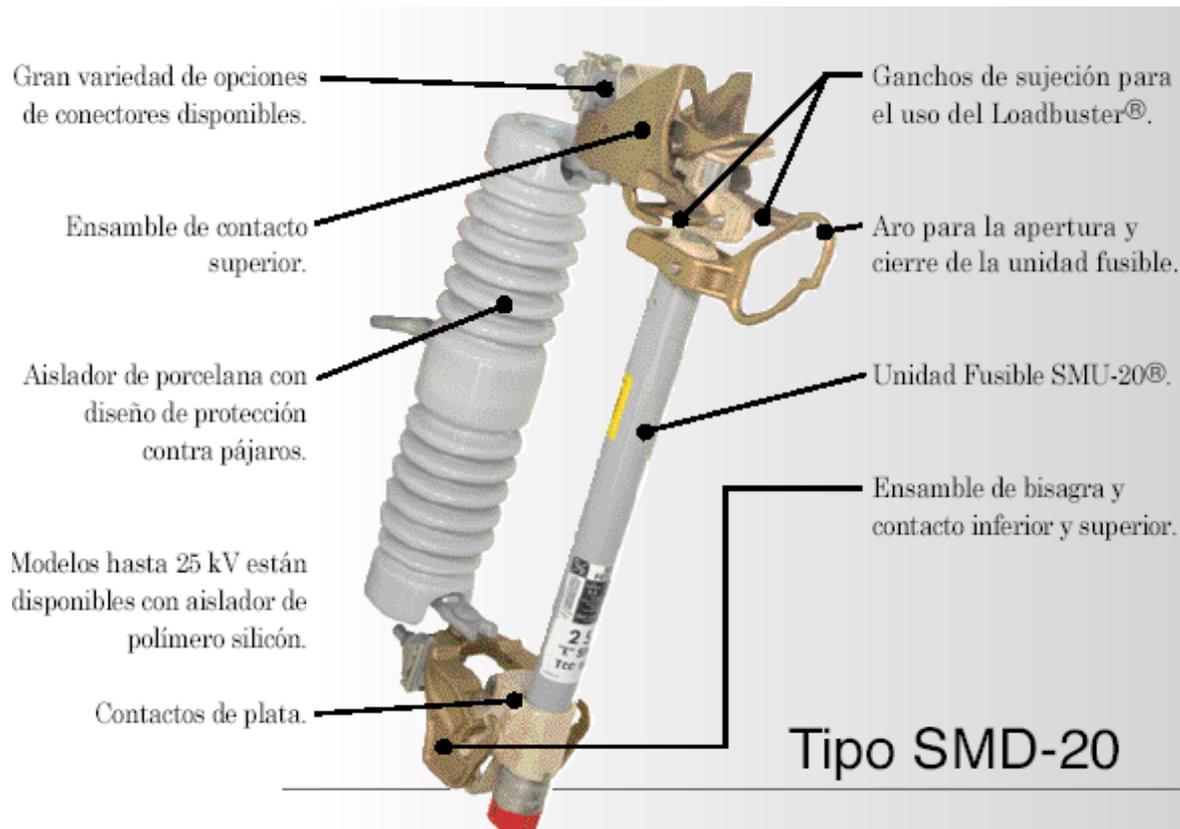
0,75	0,98	5,5	---
1,00	1,13	7	6
1,50	1,39	9,5	10
2,50	1,78	14	15
4	2,26	20	20
6	2,77	27	25
10	3,57	39	35
16	4,52	56	50
25	5,65	80	80
35	6,67	100	100
50	8,00	130	125
70	9,45	170	160
95	11,05	210	200
120	12,35	230	225
150	13,82	270	260
185	15,35	310	300
240	17,50	380	350
300	19,50	450	430
400	22,60	560	500
500	25,25	660	600
625	28,20	780	700
800	31,90	940	850
1000	35,70	1100	1000

• **Fusibles de Potencia tipo SMD–20, SMD–40 Y SMD**

Los fusibles para distribución eléctrica en exteriores tipo SMD, están reconocidos internacionalmente por su magnífica protección de transformadores, líneas, cables y bancos de capacitores en subestaciones de distribución y en alimentadores aéreos. Los fusibles de potencia SMD–20 y SMD–40 con sus unidades de fusibles SMU, proveen protección para un amplio espectro de fallas. Los productos detectan e interrumpen todas las fallas –grandes, medianas y pequeñas (hasta la mínima corriente de fusión); con voltaje de línea a línea o de línea a tierra, en el fusible; si la falla es en el lado primario o en el lado secundario del transformador independientemente del tipo de conexión de los devanados del transformador

*Fusibles De Potencia Tipo SMD–20*

Se ofrecen en la modalidad de montaje en poste para uso en líneas aéreas, así como también, en tres diferentes modelos tipo estación, en voltajes hasta 38 kV y una capacidad de corriente hasta de 200 Amperes. Las capacidades interruptivas son las siguientes

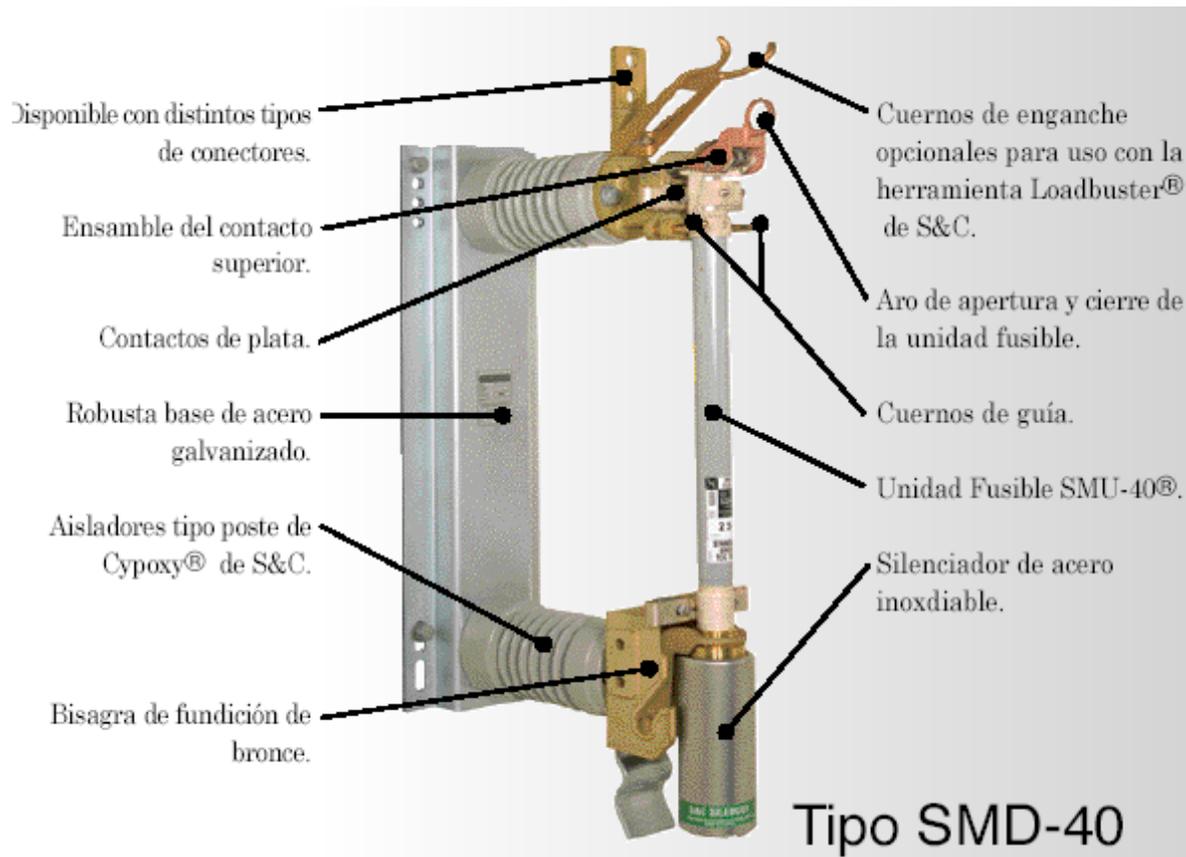


**Voltaje,kV. Capacidad Interruptiva, Amperes, RMS, Simétricos**

Nominal	Máximo	60 Hz	50 Hz
14.4	17.0	14 000	11 200
25	25	12 500	10 000
34.5	38	10 000	8 000

*Fusibles De Potencia Tipo SMD-40*

Se ofrecen en posición vertical para uso en subestaciones, en voltajes hasta 29 kV y una capacidad de corriente continua de 400 Amperes. Las capacidades interruptivas son las siguientes:



**Voltaje, kV Capacidad Interruptiva, Amperes,**

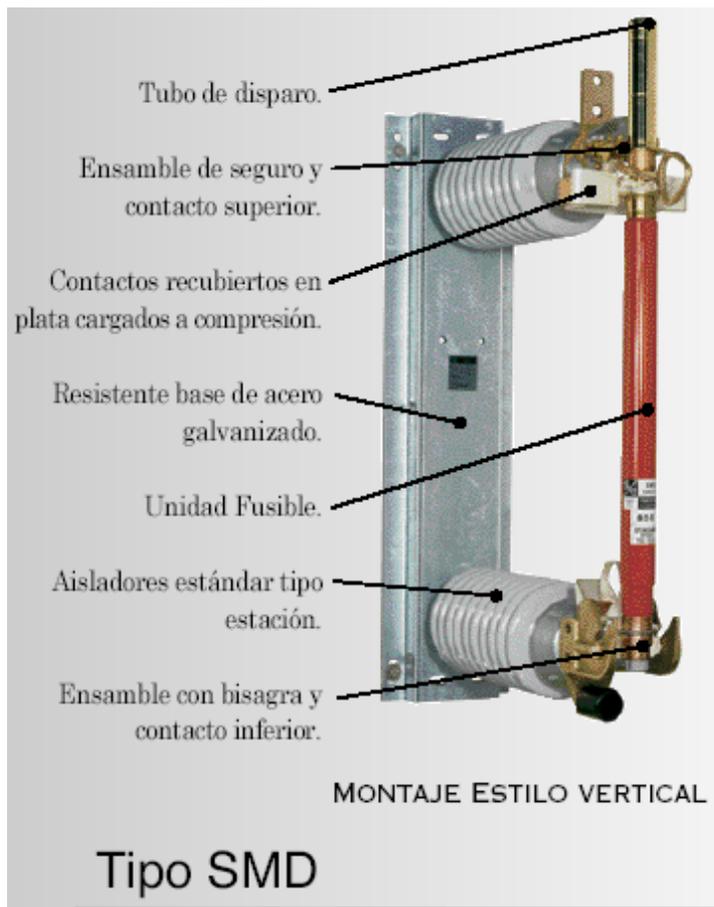
**RMS, Simétricos**

Nominal	Máximo	60 Hz	50 Hz
4.8	5.5	25 000	20 000
14.4	17.0	25 000	20 000
25	29	20 000	16 000

Los fusibles tipo SMD-40, usan la misma y probada técnica de interrupción de fallas de los fusibles SMD-20. Un silenciador de acero inoxidable virtualmente elimina el ruido y las fuerzas de reacción comúnmente asociadas con los fusibles de potencia exteriores. Estos fusibles de bajo peso son fácilmente manejables usando una pértiga universal equipada con una abrazadera

#### *Fusibles De Potencia Tipo Smd*

Los Fusibles de Potencia Tipo SMD proporcionan una protección confiable y económica para transformadores y bancos de capacitores en subestaciones exteriores. Están disponibles en las siguientes capacidades. Al igual que todos los diseños de fusibles de Potencia SMD han pasado por pruebas exhaustivas y completas para establecer sus capacidades y confirmar su capacidad de protección del espectro completo de fallas. Estos fusibles detectan todas las fallas grandes, medianas, y pequeñas, incluso hasta la corriente mínima de fusión y proporcionan una interrupción de circuito confiable, bajo los más severos voltajes transitorios de recuperación que se puedan encontrar. Las Unidades Fusibles SMD no se afectan por la antigüedad, corrosión, vibración, o sobretensiones que calientan al elemento hasta casi el punto de fusión, son indeteriorables, asegurando la integridad continua de un sistema de protección y coordinación cuidadosamente diseñado.



Capacidades 50/60-Hz				
kV		Amperes, RMS		
Nominal	Máximos	NBAI	Máximos	Interruptivos, Simétricos
5.5	38	200	100E	6700
			200E	17 500
			300E	33 500
46	48.3	250	100E	5 000
			200E	13 100
			300E	31 500
69	72.5	350	100E	3 350
			200E	8 750
			300E	17 500
			300 E	25 000
115	121	550	250E	10 500
138	145	650	250 E	8 750
		ó 750		

## 2.10 Fusible Tipo Xs, Aplicaciones, Usos Y Características

### Aplicación

*Un Cortacircuito Insuperado*

**Los Cortacircuitos Tipo XS utilizados junto con los Eslabones Fusibles Positrol proporcionan Protección contra el Espectro Completo de Fallas para sistemas de distribución aéreos con capacidades desde 4.16 kV hasta 25 kV aplicable ya sea a transformadores aéreos, capacitores, cables o líneas, a Protección contra el Espectro Completo de Fallas significa que los Cortacircuitos Tipo XS interrumpen todas las fallas desde la corriente más baja que funde el eslabón fusible hasta la corriente interruptora de máxima capacidad, aunque la falla esté en el primario o secundario del transformador con voltaje línea a línea o línea a tierra a lo largo del cortacircuito independientemente de las conexiones de bobinado del transformador y con la capacidad de manejar la gama completa de severidades de voltaje transitorio de recuperación asociadas a estas condiciones.**

**Los Eslabones Fusibles Positrol poseen características de tiempo/corriente de fundición que son precisas no sólo al principio sino de una forma continuada; esta permanente precisión se consigue principalmente a través del diseño y construcción del elemento fusible. Los elementos plateados o cromo-niquelados en los Eslabones Fusibles Positrol son trazados por troqueles precisos para alcanzar diámetros exactos, asegurando así la precisión inicial. Los Eslabones Fusibles Positrol presentan una construcción no soldable los elementos son forjados a sus terminales para producir una conexión permanente que no sea afectada por vibraciones, corrosión o envejecimiento. Todos los Cortacircuitos Tipo XS emplean la expulsión sencilla solo hacia abajo y hacia fuera una característica de especial importancia cuando los escapes deben mantenerse fuera de las otras fases en circuitos que están sobreconstruidos. La construcción imprescindible de la tapa del tubo portafusible además, elimina el costo extra de su reposición. Los Cortacircuitos Tipo XS han sido diseñados expresamente para un superior rendimiento mecánico. La instalación del fusible es sencilla, incluso con guantes protectores. Los tubos portafusible del cortacircuito Tipo XS son fácilmente insertados en la bisagra del cortacircuito y fácilmente cerrados, sin necesidad de un cuidadoso manejo ó manipulación por parte del personal operario incluso desde ángulos extremos y bajo adversas condiciones climáticas y de luz. Los Cortacircuitos Tipo XS pueden ser abiertos y el tubo portafusible extraído, con la misma facilidad.**

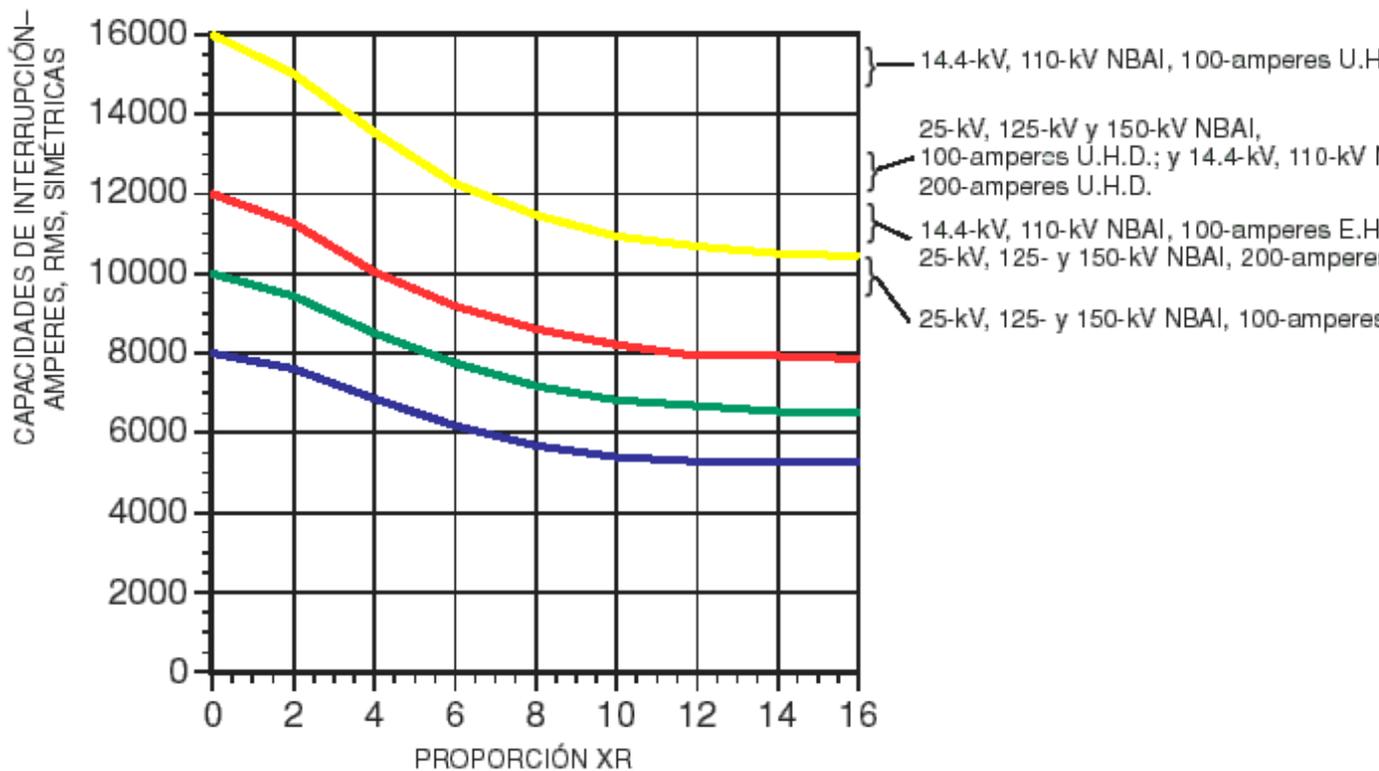
## **2.11 Capacidades De Voltaje Y De Interrupción De Los Fusible XS**

Los Cortacircuitos Tipo XS tienen asignado un único valor de voltaje nominal (no duales, inclinados, o con capacidades de la clase de sistema de voltaje), y pueden ser aplicadas, sin restricciones, en todos los sistemas trifásicos que tengan voltaje de operación máximo (línea a línea) menor o igual que el voltaje máximo del cortacircuito. Reconociendo que bajo ciertas condiciones de falla, los cortacircuitos pueden ser expuestos a voltajes en exceso en voltajes de sistemas línea a neutro condiciones de falla que los cortacircuitos deberían despejar sin depender de dispositivos de respaldo, se ha probado los Cortacircuitos Tipo XS a voltaje de sistema de línea a línea total a lo largo de un amplio espectro de corrientes de falla disponibles, utilizando tensiones transitorias de recuperación realistas, representativos de aquellos que verán los cortacircuitos en el servicio actual. En cambio, la mayoría de los fabricantes de cortacircuitos con capacidades de voltaje duales, limitan la aplicación trifásica de estos cortacircuitos, solamente a sistemas con conexiones en estrella aterrizada. Pero incluso en aplicaciones tan restringidas los cortacircuitos pueden todavía ser expuestos a voltajes en exceso de los voltajes de sistema, de línea a neutro bajo ciertas condiciones de falla, como apuntábamos arriba y como se reconoce en los estándares. En estos casos, los cortacircuitos pueden no despejarse, necesitando por ello un dispositivo de respaldo para operar.

Las capacidades de interrupción de los Cortacircuitos Tipo XS han sido establecidas por pruebas realizadas de acuerdo con la IEEE C37.41–2000. Donde están las capacidades de interrupción simétricas, y asimétricas, para las aplicaciones trifásicas o monofásicas de los Cortacircuitos Tipo XS. Las capacidades simétricas para los cortacircuitos de estilo aéreo montado en postes están basadas en una proporción X/R de 8 ó 12, dependiendo de la capacidad de voltaje del cortacircuito y la capacidad de interrupción de corriente (como se especifica por la IEEE C37.41–2000) proporciones máximas realistas para lugares donde los cortacircuitos se aplican normalmente en un alimentador de distribución típico. Mayores capacidades de interrupción simétricas se aplican, por supuesto, en lugares donde la proporción X/R es menor. Las curvas en el gráfico de

abajo indican las capacidades simétricas de los Cortacircuitos Tipo XS con otras proporciones X/R.

## Capacidad de Interrupción Simétricas con Varias Proporciones XR



### Capacidades De Interrupción

Los Cortacircuitos Tipo XS están diseñados para su utilización con el Loadbuster, la herramienta portátil rompe carga, que tiene una capacidad de interrupción de 600 amperios nominal, 900 amperios máximo. Cuando se usan con el Loadbuster, los Cortacircuitos Tipo XS son adecuados para las siguientes labores de conmutación monopolar en líneas vivas de sistemas de distribución aéreos tanto monofásicos como trifásicos hasta 25 kV:j

### Conmutación De Transformadores

Hasta corrientes de carga del transformador e incluyendo la capacidad de carga pico de emergencia del eslabón fusible, así como corrientes magnetizantes del transformador, asociadas con las cargas apropiadas.

### Conmutación De Líneas

Repartición de cargas (conmutación en paralelo o en anillo) y caídas de carga de corriente ascendente incluyendo la capacidad de carga pico de emergencia del eslabón fusible o la capacidad de corriente continua de la cuchilla desconectadora; también caídas en las líneas (corrientes de carga típicas para sistemas de distribución de éstas capacidades de voltaje).

### Conmutación De Cables

Repartición de cargas (conmutación en paralelo o en anillo) y caídas de carga de corriente ascendente incluyendo la capacidad de carga pico máxima de emergencia del eslabón fusible o la capacidad de corriente

continua de la cuchilla desconectadora; también caída de tensión en el cable (corrientes de carga típicas para sistemas de distribución de éstas capacidades de voltaje). Conmutación de bancos de condensadores ó transformadores trifásicos, en vacío o ligeramente cargados, conectados en delta o estrella–estrella no aterrizados en el primario (o transformadores monofásicos conectados línea a línea) trifásicos en rangos de 150 Kva. o menos, ó monofásicos de 50 Kva. o menos ó de cualquier otra capacidad de Kva. Cuando se combinen con líneas o cables en vacío donde el voltaje máximo del sistema de operación sea mayor a 22 kV. La conmutación monofásica deberá efectuarse solamente si cada fase está cargada con un 5% ó más, ó si el banco de condensadores o el transformador está aterrizado provisionalmente durante la conmutación, en el neutro primario.

## **2.12 Características Mecánicas De Los Fusible Tipo Xs**

La construcción mecánica del Cortacircuito Tipo XS es fuerte y robusta; está diseñado para soportar las fuerzas interruptivas de fuertes corrientes de falla y para soportar los típicos esfuerzos a los cuales puede ser sometido por el personal que lo opera.

### *Excelente Transferencia De Corriente*

El tubo portafusible se sujeta en el contacto superior mediante un seguro tipo trinquete accionado por resorte autoalineante. El trinquete presenta superficies revestidas de plata realizadas para una acción de limpieza inherente dando lugar a una mínima resistencia eléctrica entre el contacto superior y la tapa del tubo portafusible revestida de plata. Los contactos inferiores plateados también presentan superficies realizadas para una acción de limpieza inherente, y están respaldados por resortes pretensados de acero inoxidable para una eficiente transferencia de corriente entre los contactos y el muñón del tubo portafusible plateado.

## **2.13 Características De Rendimiento Mecánico De Los Fusible Xs**

### *Sencilla instalación de los Eslabones Fusibles.*

Aún empleando guantes protectores. El diseño cuidadoso de las proporciones del gatillo permite que sea sostenido en su lugar, mientras la tuerca de retención, de dimensiones generosas, está siendo apretada.

### *Fácil Inserción Y Extracción De Tubo Portafusible.*

No es necesario un cuidadoso manejo o manipulación para instalar el tubo en el cortacircuito o para desmontarlo. La férula inferior del tubo portafusible puede ser enganchada con pértiga ya sea por su largo y accesible anillo ó su igualmente accesible ranura de pértiga. Ambos ofrecen un control seguro del tubo portafusible bajo todo tipo de condiciones. Las anchas y visibles orejas en la bisagra, se enganchan a la férula inferior del tubo portafusible, haciendo sencilla la inserción del tubo.

### *Excelente Alineación En El Cierre.*

Desde cualquier ángulo y bajo condiciones adversas de luz y clima. De nuevo, no es necesario un cuidadoso manejo o manipulación del tubo portafusible. En la primera etapa del cierre, cuando el tubo es lentamente girado a un ángulo menor de 90 grados desde la posición de cerrado, el tubo portafusible es controlado por anchas superficies de guía de la bisagra para que no se incline hacia la derecha o izquierda. Cuando el tubo se cierra contra el contacto superior, este es además controlado por los ganchos de sujeción de la herramienta Loadbuster®. Al final del proceso de cierre la tapa del tubo portafusible asienta perfectamente y se sitúa en ángulo recto en el seguro tipo trinquete. A diferencia de los llamados seguros positivos, no se soltará debido a un rebote.

### *No Ruptura De Los Eslabones Fusibles.*

Durante el cierre, la parte superior del tubo portafusible puede estar expuesta a fuerzas de impacto muy altas que pueden romper el eslabón fusible en algunos cortacircuitos. Pero la alta relación de reducción del sistema de leva y gatillo de los Cortacircuitos Tipo XS, permite que este impacto pueda ser absorbido antes de que alcance al eslabón fusible. Esta protección del eslabón fusible de las fuerzas de impacto en el cierre no perjudica la expulsión en fracción de segundos, del eslabón fusible cuando es cortado por una corriente de falla. (La expulsión es causada por un disparo de carga de resorte y no se basa en la fuerza del escape o del desplomo de la unión bisagra.)

*Acción De Caída Completamente Confiable.*

Independientemente del nivel de corriente de falla. Para asegurar la caída del tubo portafusible tras la interrupción del circuito incluso después de largos periodos de inactividad los Cortacircuitos Tipo XS utilizan un sistema de leva y gatillo con resorte de alta velocidad, que rápidamente retira el cable cortado del eslabón fusible. Los resortes del contacto superior también contribuyen al desplome, empujando el tubo portafusible hacia abajo y hacia fuera en la posición abierta.

## **2.14 Modo De Operación De Los Fusibles XS**

*Fijación:*

Extenderse a lo largo de la parte delantera del cortacircuito y enganchar el ancla del Loadbuster al gancho de sujeción más alejado del cortacircuito, y luego enganchar su anillo con el gancho del anillo del Loadbuster. El seguro del anillo del Loadbuster previene desacoplamiento inadvertidos del anillo del cortacircuito y del gancho del anillo del Loadbuster.



*Tirar:*

Un firme tirón hacia abajo del Loadbuster a su máxima elongación abre el cortacircuito de la forma normal

mientras la corriente es desviada a través del Loadbuster. En un punto predeterminado en la acción de apertura, el Loadbuster se dispara, interrumpiendo positivamente el circuito.



*Retirar:*

El Loadbuster se desengancha retirando primero su ancla del gancho de sujeción del cortacircuito. Luego, con la cuchilla en la posición abierta, el Loadbuster es retirado del anillo con un simple movimiento rotatorio.



*La interrupción del circuito* es independiente de la velocidad con que es operada la herramienta o adbuster. Todo lo que se necesita es un firme tirón sin titubeos, sin sacudir, hasta que la herramienta es extendida a su máxima elongación. El seguro de restablecimiento retiene la herramienta en la posición abierta para retirarlo del cortacircuito y hasta que se libera para restablecer el Loadbuster para su siguiente operación.

## **2.15 Diferentes Tipos De Fusible Del Tipo XS**



Estilo Aéreo Montado en Postes de Carga Extra Pesada, con capacidad de 14.4 kV nominales, 15 kV máximos, 110 kV NBAI, 100 amperes continuos, 10,000 amperes de interrupción RMS asimétrica, distancia de fuga mínima a tierra de 8 1/2 pulgadas (216 mm).



Estilo Aéreo Montado en Postes de Carga Ultra Pesada, con capacidad de 25 kV nominales, 27 kV máximos, 125 kV NBAI, 200 amperes continuos, 10,000 amperes de interrupción RMS asimétrica, distancia de fuga mínima a tierra de 11 pulgadas (279 mm).



Estilo Aéreo Montado en Postes de Carga Extra Pesada, con capacidad de 25 kVn nominales, 27 kV máximos, 150 kV NBAI, 100 amperes continuos, 8,000 amperes de interrupción RMS asimétrica, distancia de fuga mínima a tierra de 17 pulgadas (432 mm).1



Estilo Aéreo Montado en Postes de Carga Ultra Pesada, con capacidad de 25 kVn nominales, 27 kV máximos, 150 kV NBAI, 100 amperes continuos, 12,000 amperes de interrupción RMS asimétrica, distancia de fuga mínima a tierra de 17 pulgadas (432 mm).



Estilo Aéreo Montado en Poste, Desconectador, con capacidad de 25 kV nominales, 27 kV máximos, 150 kV NBAI, 300 amperes continuos, distancia de fuga mínima a tierra de 26 pulgadas (660 mm).



Estilo Aéreo Montado en Postes de Carga Ultra Pesada, con capacidad de 14.4 kV nominales, 15 kV máximos, 110 kV NBAI, 100 amperes continuos, 16,000 amperes de interrupción RMS asimétrica, distancia de fuga mínima a tierra de 8 ½ pulgadas (216 mm).



Estilo Aéreo Montado en Postes de Carga Ultra Pesada, con capacidad de 25 kVd nominales, 27 kV máximos, 150 kV NBAI, 100 amperes continuos, 12,000 amperes de interrupción RMS asimétrica (16,000 amperes en un solo tiro), distancia de fuga mínima a tierra de 17 pulgadas (432 mm).



Estilo Aéreo Montado en Postes de Carga Ultra Pesada, con capacidad de 25 kVj nominales, 27 kV máximos, 150 kV NBAI, 100 amperes continuos, 12,000 amperes de interrupción RMS asimétrica, distancia de fuga mínima a tierra de 30 pulgadas (762 mm).

## **2.16 Coordinación Entre Dispositivos De Protección**

En la coordinación de las características tiempo–corriente de los distintos tipos de dispositivos de protección, deben emplearse los siguientes criterios básicos:

La protección principal debe despejar una falla permanente o temporaria antes de que opere la protección back–up, o continuar operando hasta que el circuito sea desconectado. Sin embargo, se verá luego el caso especial de coordinación entre un reconectador y un fusible. La pérdida de suministro causada por una falla permanente debería restringirse a la menor parte posible del sistema por el tiempo más corto posible.

## **2.17 Coordinación Fusible–Fusible**

El mecanismo inicial de operación de un fusible es la fusión del elemento. Este mecanismo depende de los tres siguientes factores:

Magnitud de la corriente

Duración de la corriente

Propiedades eléctricas del elemento

## **2.18 Coordinación Reconectador–Fusible**

Los criterios de coordinación dependen la ubicación relativa de los dispositivos, es decir, ya sea si el fusible está del lado de la fuente y actúa como back–up de un reconectador del lado de la carga o viceversa.

## 2.19 Fusible Del Lado De La Fuente

En este caso todas las operaciones del reconectador deben ser más rápidas que el tiempo mínimo del fusible. Esto puede realizarse a través del uso de factores de multiplicación en las curvas tiempo–corriente de reconectador para compensar la fatiga del fusible producida por el efecto de calentamiento acumulativo generado por las operaciones sucesivas del reconectador. La curva así modificada por el factor apropiado se torna más lenta pero, aún así, sería más rápida que la curva del fusible. Esto se ilustra en la fig.

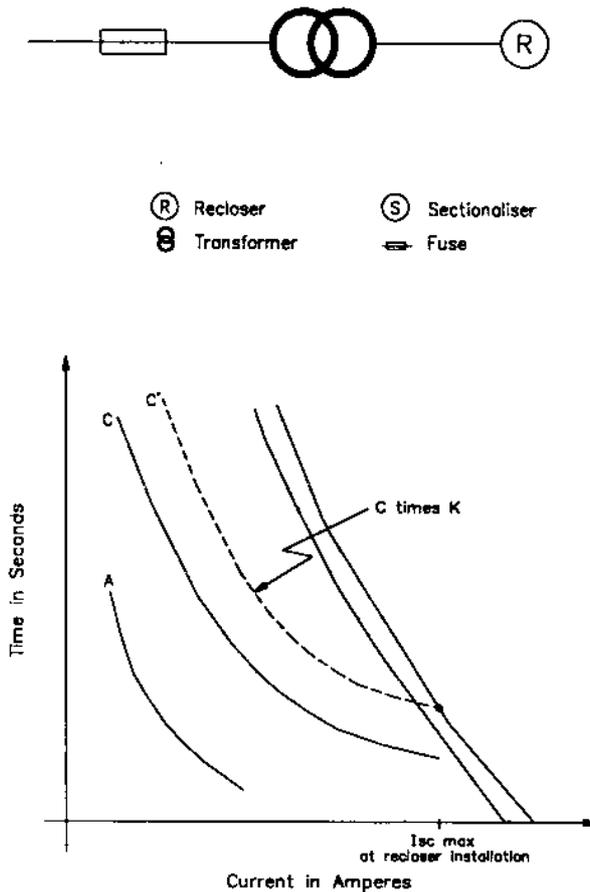


Figure 6.5 Criteria for source-side fuse and recloser co-ordination  
 $t_1 < 0.75 t_2$

Criterio de coordinación fusible lado fuente – reconectador,  $t_1 < 0.75 t_2$

Estos factores de multiplicación dependen del tiempo de recierre en ciclos y del número de intentos de recierre. En la tabla sigt. Se dan algunos valores propuestos

Factor K para fusibles lado fuente

Table 6.1 *K factor for source-side fuse link*

Reclosing time in cycles	Multipliers for:		
	two fast, two delayed sequence	one fast, three delayed sequence	four delayed sequence
25	2.70	3.20	3.70
30	2.60	3.10	3.50
50	2.10	2.50	2.70
90	1.85	2.10	2.20
120	1.70	1.80	1.90
240	1.40	1.40	1.45
600	1.35	1.35	1.35

The *K* factor is used to multiply the time values of the delayed curve of the recloser

Table 6.2 *K factor for the load-side fuse link*

Reclosing time in cycles	Multipliers for:	
	one fast operation	two fast operations
25-30	1.25	1.80
60	1.25	1.35
90	1.25	1.35
120	1.25	1.35

The *K* factor is used to multiply the time values of the recloser fast curve

### *Hydraulic reclosers*

Es conveniente mencionar que si el fusible está del lado de alta tensión de un transformador de potencia y el reconectador el lado de baja, ya sea la curva del fusible o el del reconectador debe desplazarse horizontalmente según el eje de las corrientes para tener en cuenta la relación de transformación.

## **2.20 Fusible Del Lado De Carga**

El procedimiento para coordinar un reconectador lado fuente y un fusible lado carga se lleva a cabo teniendo en cuenta las siguientes reglas:

El tiempo mínimo del fusible debe ser mayor que la curva rápida del reconectador por el factor de multiplicación, y teniendo en cuenta las mismas consideraciones anteriores. El tiempo total del fusible debe ser menor que la curva del reconectador sin la aplicación de factor de multiplicación; el reconectador debe tener al menos dos o más operaciones con retardo para evitar la pérdida de servicio en caso que el reconectador dispare cuando el fusible opera.

La aplicación de estas dos reglas se ilustra en la fig. sigt.

Factor *K* para fusibles lado carga

*Table 6.1 K factor for source-side fuse link*

Reclosing time in cycles	Multipliers for:		
	two fast, two delayed sequence	one fast, three delayed sequence	four delayed sequence
25	2.70	3.20	3.70
30	2.60	3.10	3.50
50	2.10	2.50	2.70
90	1.85	2.10	2.20
120	1.70	1.80	1.90
240	1.40	1.40	1.45
600	1.35	1.35	1.35

The *K* factor is used to multiply the time values of the delayed curve of the recloser

*Table 6.2 K factor for the load-side fuse link*

Reclosing time in cycles	Multipliers for:	
	one fast operation	two fast operations
25-30	1.25	1.80
60	1.25	1.35
90	1.25	1.35
120	1.25	1.35

The *K* factor is used to multiply the time values of the recloser fast curve

### *Hydraulic reclosers*

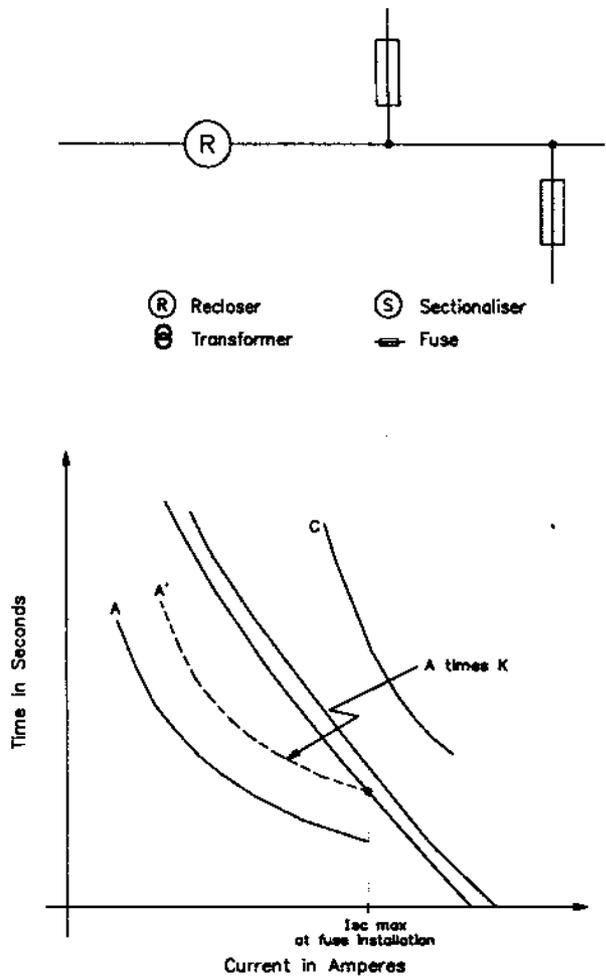


Figure 6.6 Criteria for recloser and load-side fuse co-ordination

Criterio de coordinación fusible lado carga – reconectador, Se obtiene una mejor coordinación entre un reconectador y fusibles ajustando el reconectador con dos operaciones instantáneas seguidas de dos temporizadas. En general, la primera operación de un reconectador despeja el 80% de las fallas temporarias, y la segunda despejara un 10% adicional. Los fusibles de carga se definen para operar antes de la tercera apertura, despejando fallas permanentes. Se obtiene una coordinación menos efectiva utilizando una operación instantánea seguida de tres operaciones temporizadas.

**Planta y subestación**

33

Corriente en Amper

Tiempo

(seg.)

Fusible 1

Fusible 2

Tiempo

(seg)

Tiempo total de despeje

Mínimo tiempo de fusión