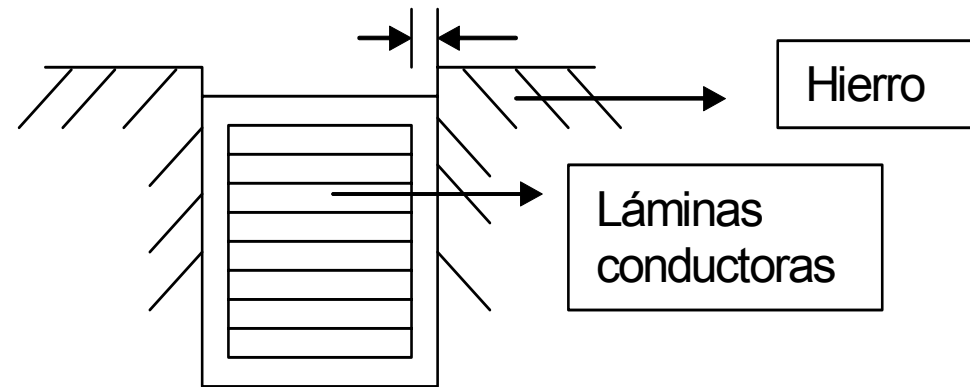


1. FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

- Las corrientes de cortocircuito son generalmente de una magnitud muchas veces mayor que las corrientes nominales → esfuerzos térmicos y mecánicos elevados.
- Tienen una importancia fundamental en la selección y ajuste de los dispositivos de protección.
- El pasaje de estado de operación normal a estado de falla es de carácter ***aleatorio***

Tipos de sollicitación:

Sollicitación eléctrica: fallas en la aislación de componentes como consecuencia de los campos eléctricos actuantes. Ejemplos: perforación de aisladores, contacto a tierra de espira de transformadores o generadores luego de la perforación de la cobertura aisladora, etc., (fig. 1).



Resina sintética de espesor = a , con $E_{\text{admisible}} = b \text{ kV/mm}$
 La perforación de la resina aislante se produce si : $\frac{U_N}{\sqrt{3}} l_a > E_{\text{admisible}}$

Fig. 1 – Capacidad dieléctrica de un conductor

Origen externo: sobretensiones originadas por fenómenos atmosféricos (descarga atmosférica),

Origen interno: sobretensiones originadas por maniobras efectuadas en la red (energización de una línea)

Solicitud térmica: capacidad máxima de disipar calor como energía térmica $= I_{\max}^2 * R$ siendo R la resistencia del elemento e $I_{\max}$ la corriente máxima admisible del elemento → tiempo máximo de desconexión (Ajuste de las protecciones de máxima intensidad)

Solicitud mecánica (tracción, compresión, impacto como consecuencia de fuerzas que se originan en condiciones normales y anormales de operación):

Origen externo. En operación normal, son ejemplos la tensión de tendido de líneas aéreas, peso de conductores que solicitan a las cadenas de aisladores, etc..

Origen interno. Entre dos conductores cercanos que transportan corriente se establece una fuerza de atracción o de repulsión (dependiendo del sentido de las corrientes) como se muestra en la fig. 2.

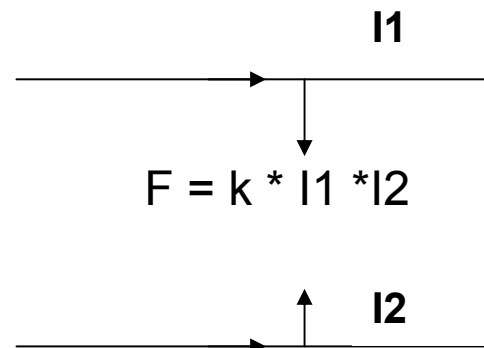
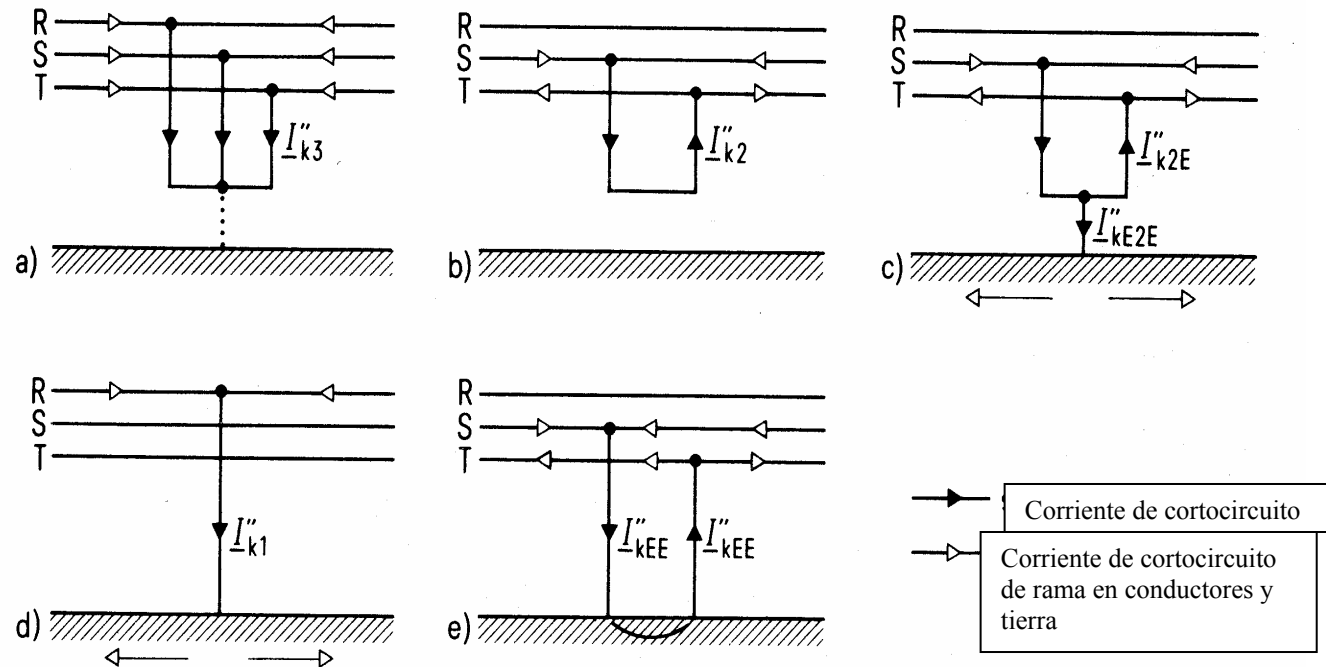


Fig. 2. – Fuerza de atracción entre dos conductores que transportan corriente

- Las corrientes de falla son normalmente muy elevadas (caso típico $10 I_n$ o más); por lo tanto la fuerza entre conductores crecerá a valores proporcionales a $100 I_n$ o más.

1.1 Tipos de fallas



a) Cortocircuito trifásico; b) bifásico sin contacto a tierra; c) bifásico con contacto a tierra;
d) circuito monofásico; e) falla doble a tierra

Fig. 3 – Tipos de cortocircuito que pueden ocurrir en un sistema eléctrico

1.2 Modo de ocurrencia de los distintos tipos de fallas

- CORTOCIRCUITO TRIPOLAR

Alrededor de 4% del total de fallas y se deben normalmente a:

- a) Conexión de una línea que ha estado en mantenimiento y a la cual no se le ha retirado las cadenas de seguridad.
- b) Caída de torres de sujeción debido a tormentas que provocan el contacto entre las tres fases.
- c) Encadenamiento intencional de las tres fases (redes de menor tensión).

- CORTOCIRCUITO BIPOLAR SIN Y CON CONTACTO A TIERRA

8% a 10% del total de fallas:

- a) Desprendimiento de una fase de la torre de sujeción

- b) Caída accidental de herramientas de trabajo en tareas de mantenimiento o reparación en centrales o estaciones.
- c) Encadenamiento intencional de dos fases (redes de menor tensión).

Las fallas bifásicas con contacto a tierra se deben en general a:

- a) Caída de torres de sujeción.
- b) Como evolución de una falla monofásica. Esta última provoca por lo general una elevación de la tensión en las fases sin falla y como consecuencia de ello podría haber una perforación de un aislador de las mismas.

- CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

85% a 90% del total de fallas; pueden exceder significativamente a las correspondientes trifásicas.

- a) Fallas en la aislación de componentes y contacto del conductor con las partes metálicas (cadena de aisladores de líneas, aislación de espiras de transformadores y generadores, etc..).
- b) Desprendimiento de una fase a tierra en líneas aéreas.

- c) Descarga de contorno entre una fase y la torre de sujeción a través de un aislador provocado por su suciedad y/o humedad debida a lluvias.
- d) Descargas atmosféricas que provocan una pronunciada elevación de la tensión y por como consecuencia una perforación de la aislación.
- e) Descargas accidentales a través de operadores que cumplen tareas de reparación o mantenimiento.

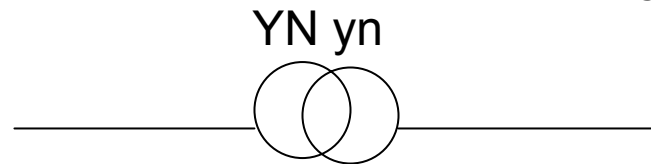
1.3 Distribución de las corrientes de falla de acuerdo al tipo de red

Fuentes de corrientes de fallar:

- Generadores sincrónicos en centrales eléctricas convencionales (hidráulicas, térmicas, etc..)
 - Generadores asincrónicos en centrales eléctricas no convencionales (generación eólica, bio-masa, etc..)
 - Compensadores sincrónicos de potencia reactiva
 - Motores sincrónicos y asincrónicos
-
- La magnitud y distribución de las corrientes de fallas, que se originan por cortocircuitos con contacto a tierra, van a depender del tipo de conexión de los transformadores de la red y la forma de puesta a tierra de los centros de estrella de transformadores y fuentes.

- En el caso de cortocircuitos entre fases sin contacto a tierra, no tiene ningún tipo de importancia la forma de las puestas a tierra de transformadores y generadores.

A) Trafos con conexión YN-yn



- A1) Falla monofásica

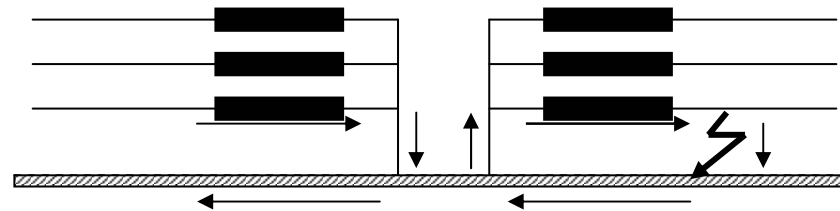


Fig. 5

Circula corriente de fase y tierra en ambos lados del transformador

- A2) Falla Bifásica Aislada

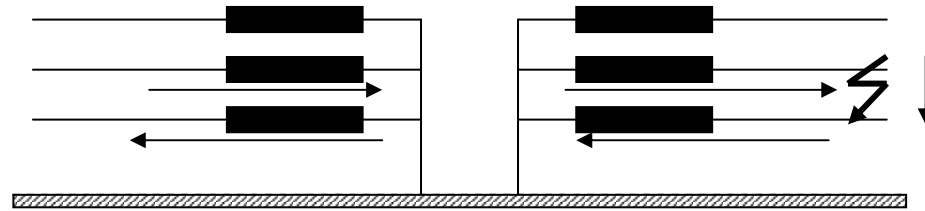


Fig. 6

Circula solamente corrientes de fase en ambos lados del transformador

- A3) Falla Bifásica a Tierra

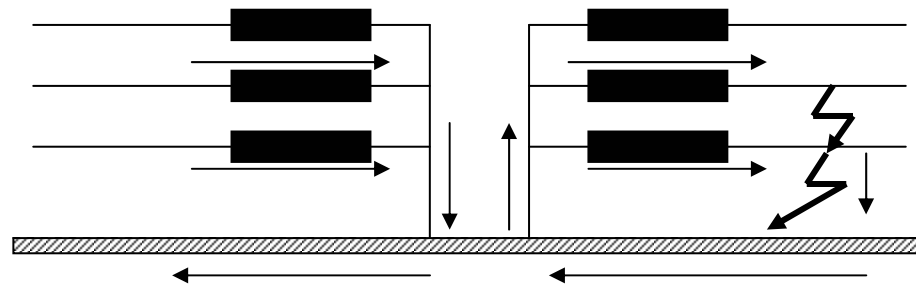


Fig. 7

Circula corriente de fase y tierra en ambos lados del transformador

- A4) Falla Trifásica

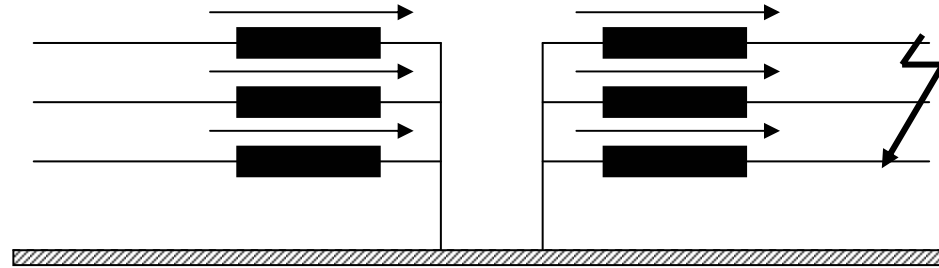
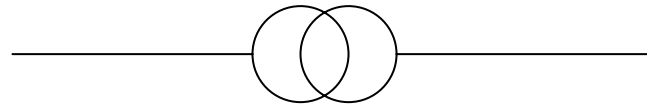


Fig. 8

Circula solamente corrientes de fase en ambos lados del transformador

- B) Trafos con conexión D-yn

Δ YN



-B1) Fallas del lado de la estrella

- B1.1) Falla monofásica

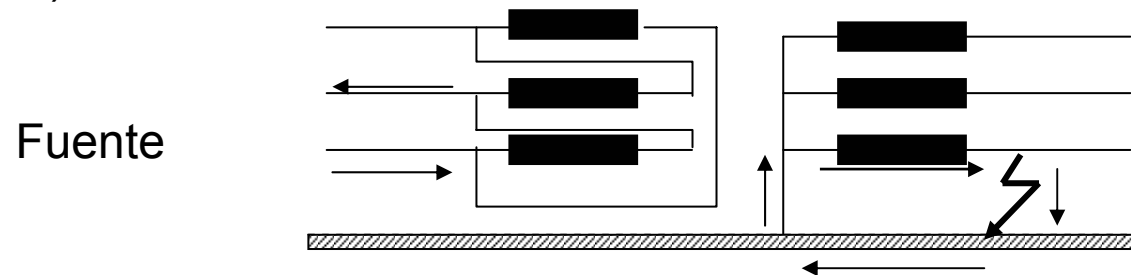


Fig. 9

Circulan corriente de fase y tierra de lado de la estrella, pero solamente corrientes de fase del lado del triángulo.

-B1.2) Falla Bifásica Aislada

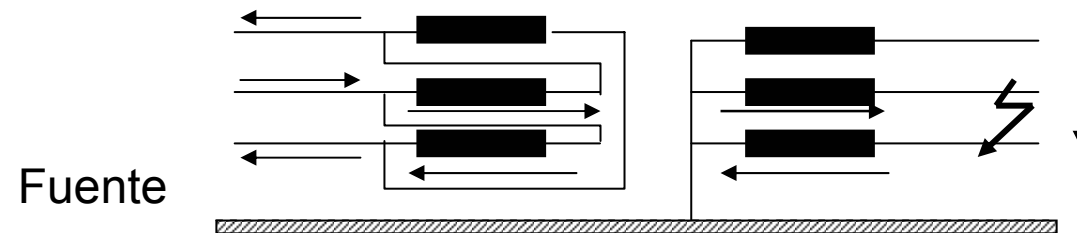


Fig. 10

Circulan solamente corrientes de fase en ambos lados del trafo.

- B1.3) Falla Bifásica a Tierra

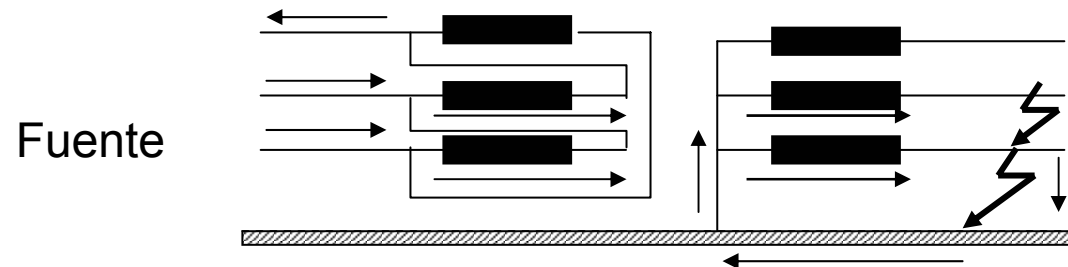


Fig. 11

Circulan corriente de fase y tierra de lado de la estrella, pero solamente corrientes de fase del lado del triángulo.

- B1.4) Falla Trifásica

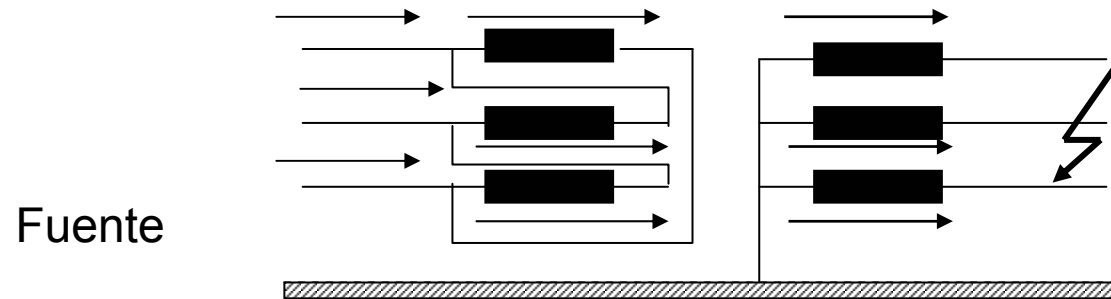


Fig. 12

Circulan solamente corrientes de fase en ambos lados del trafo.

- B2) Fallas del lado del triángulo

- B2.1) Falla monofásica

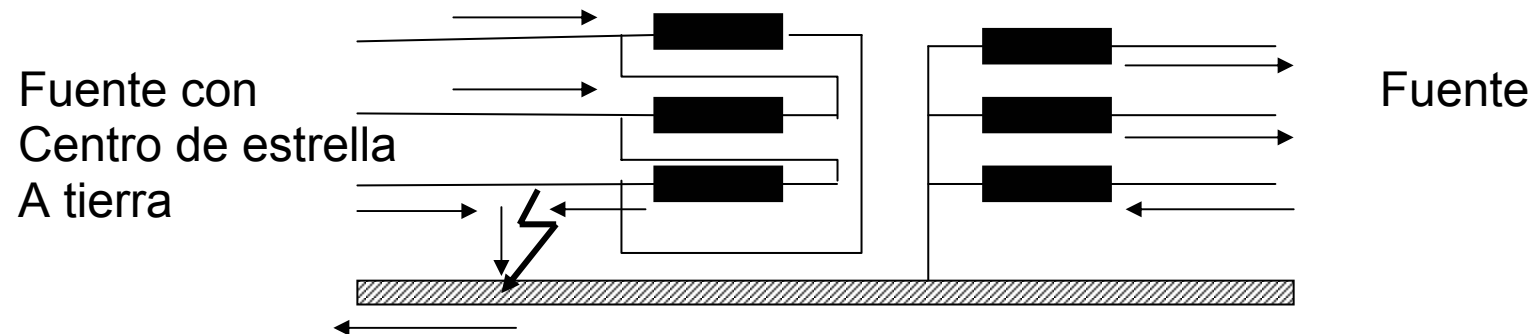


Fig. 13

Desde el punto de falla hacia la fuente circulan corrientes de fase y de tierra; desde el lado de la estrella circulan solamente corrientes de fase

- B2.2) Falla Bifásica Aislada

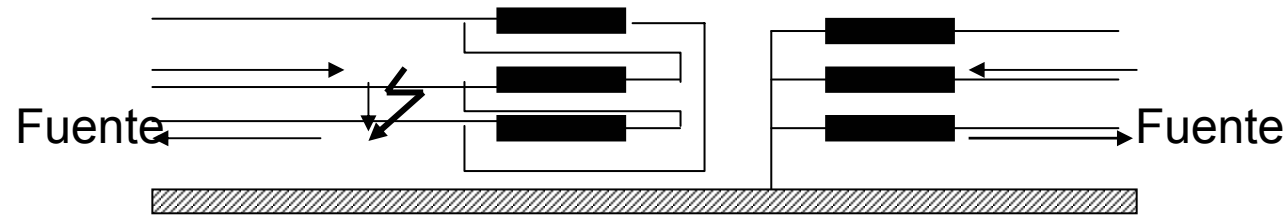


Fig. 14

Circulan solamente corrientes de fase en ambos lados del trafo.

- B2.3) Falla Bifásica a Tierra

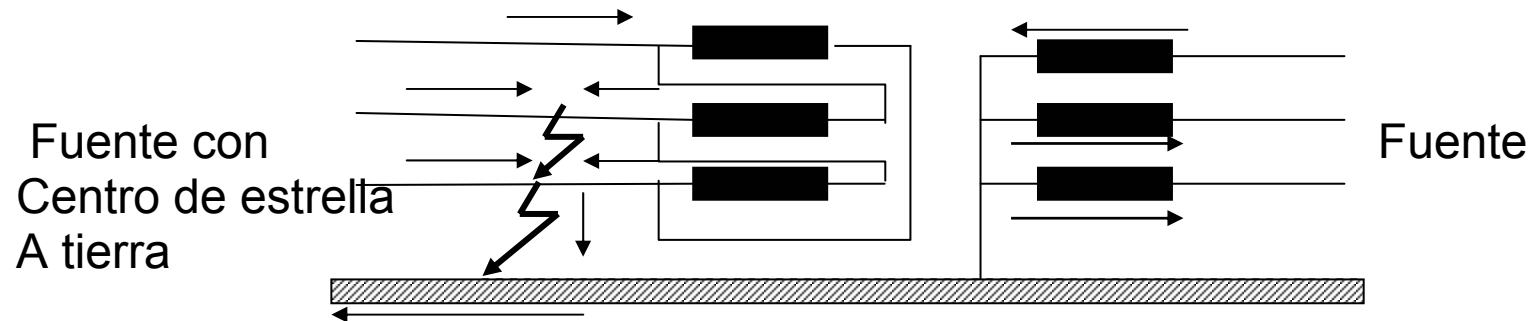


Fig. 15

Desde el punto de falla hacia la fuente circulan corrientes de fase y de tierra; desde el lado de la estrella circulan solamente corrientes de fase.

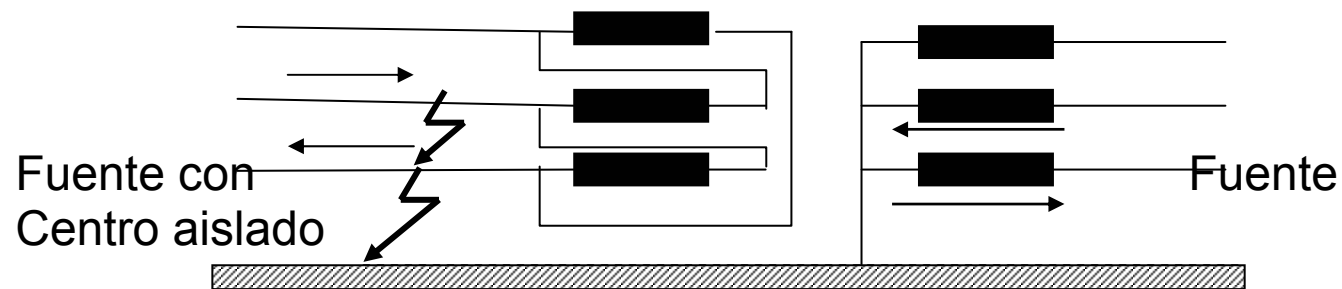
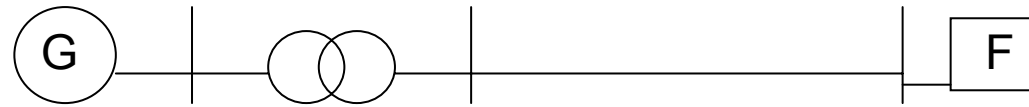


Fig. 16

Al estar el centro de estrella de la fuente aislado, no puede circular corriente de tierra a pesar de que la falla es con contacto a tierra. Por lo tanto circulan corrientes de fase en ambos lados. El efecto es el mismo que como si hubiera ocurrido una falla bifásica aislada.

C) Ejemplos clásicos:

- C1.) Central eléctrica vinculada a una red: generador con centro de estrella a tierra
– transformador de salida Δ del lado del generador y YN del lado de la línea



- Falla monofásica de lado de línea

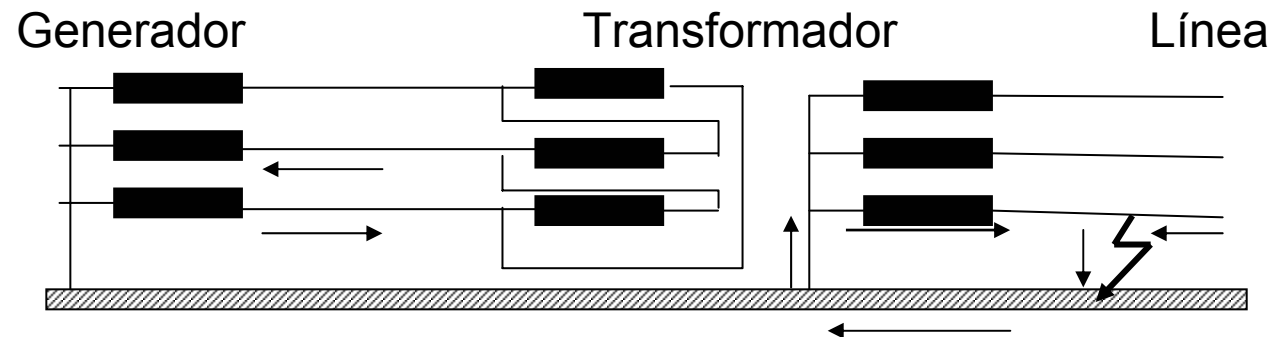


Fig. 17

No circula corriente de tierra por el generador a pesar de la falla a tierra de lado de la línea.

- Falla monofásica de lado del generador

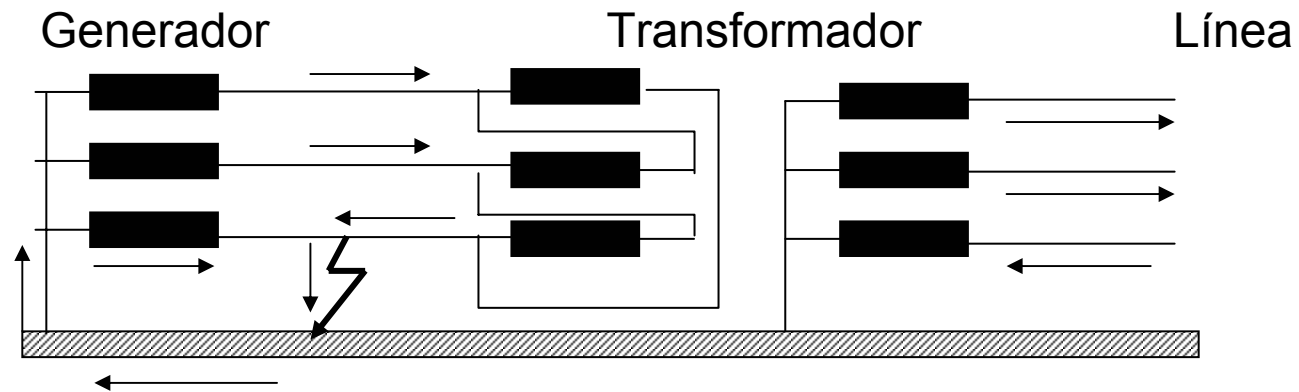


Fig. 18

Circula corriente de tierra entre el punto de falla y el generador; el sistema conectado del lado de la línea aporta solamente corrientes de fase.

- C2.) Estación transformadora de rebaje:

- C2.1) ET 33 o 66 kV / 13.2kV y SETAS 13.2 / 0.400 kV de distribución

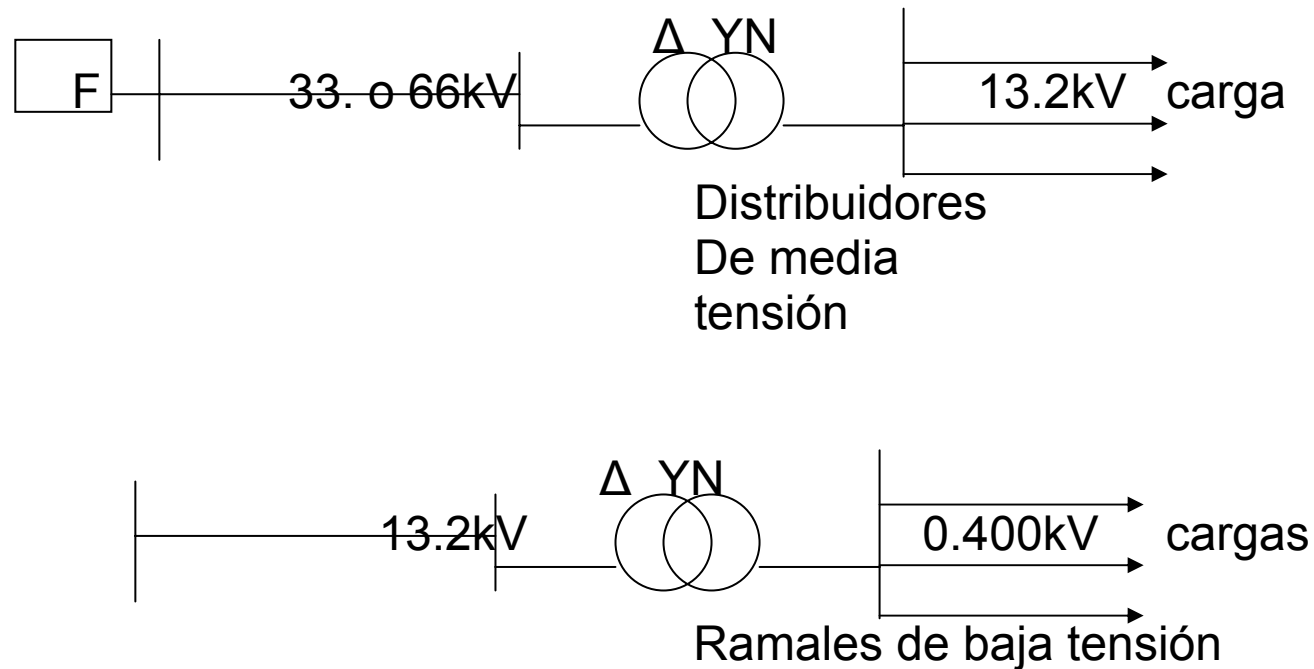


Fig. 19

Para fallas tanto en las líneas de los distribuidores de media tensión como en las líneas de la red de baja tensión, valen los casos B1) analizados anteriormente. Para fallas de lado de la línea de subtransmisión valen los casos B2.) analizados.

- C2.2) ET 132 / 33 o 66/13.2 kV

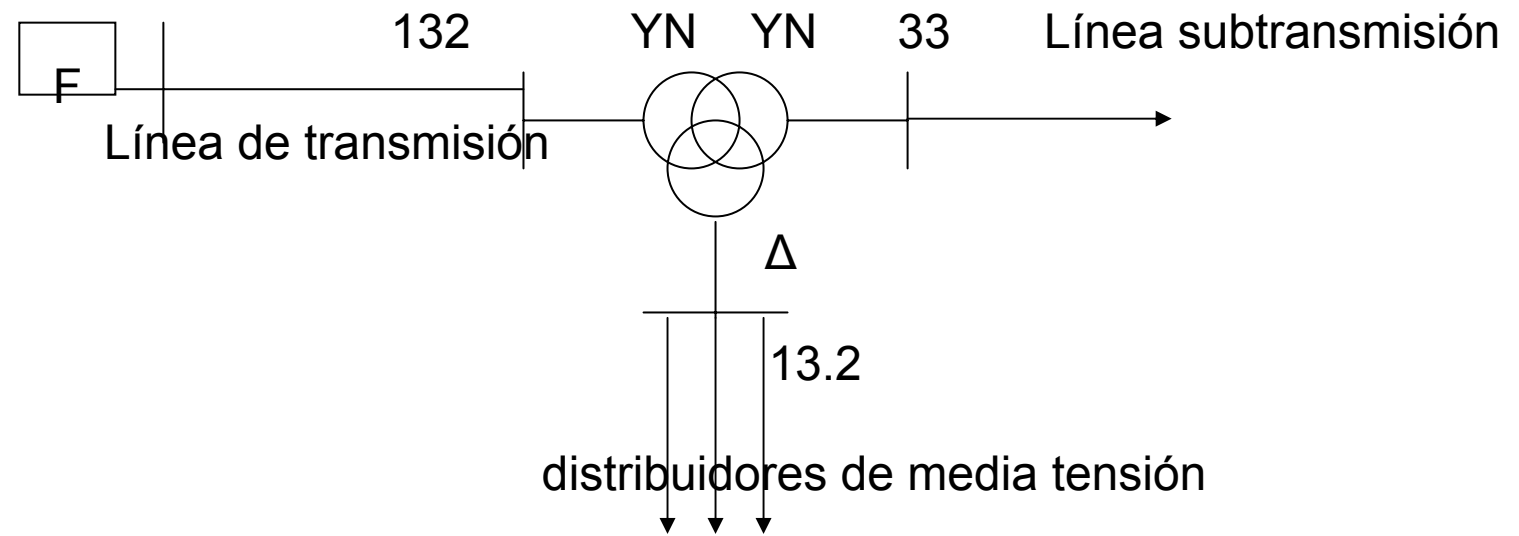
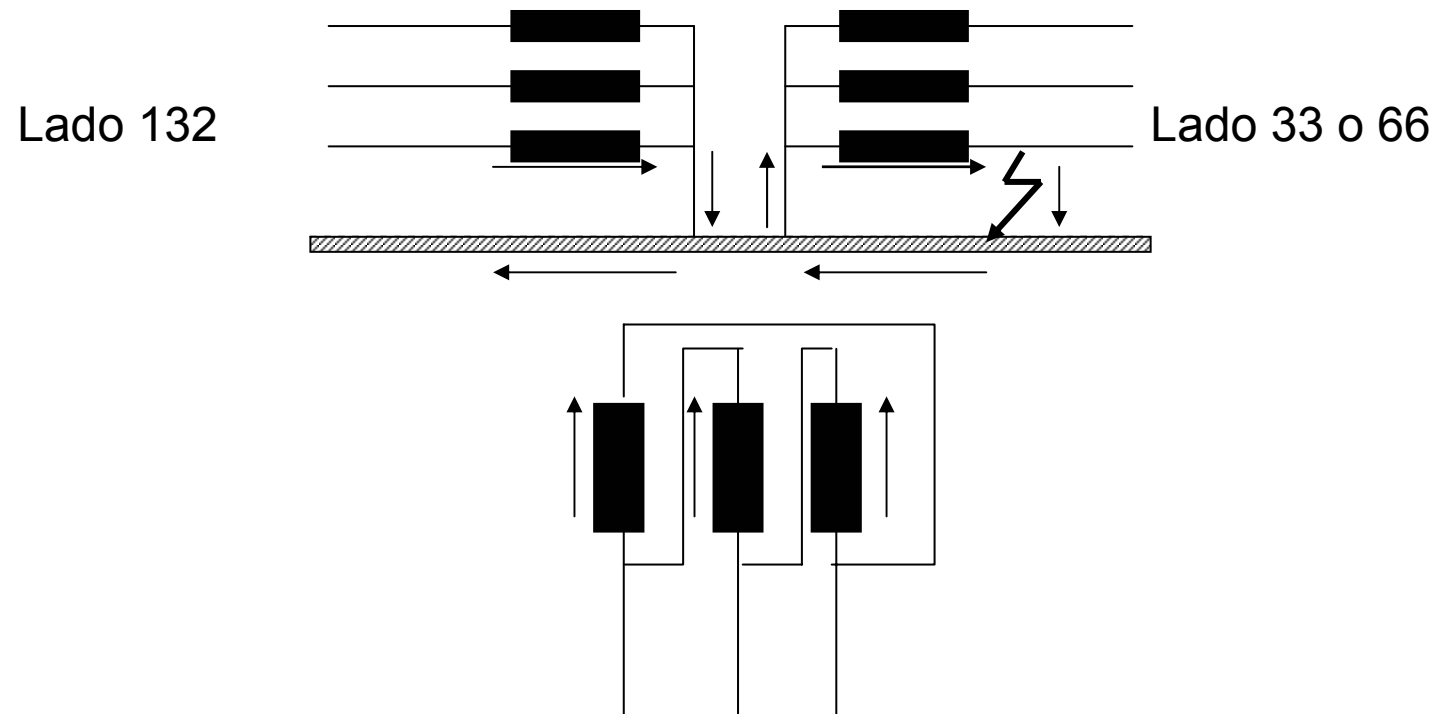


Fig. 20

- C2.2.1) Fallas de lado de la línea de subtransmisión en 33 o 66 kV

- Falla monofásica



Lado 13.2

Fig. 21

Circula corriente de fase y tierra en los lados de 132 y 33 o 66 del transformador; en el lado de 13.2 kV circulan solamente corrientes dentro del triángulo (llamadas corrientes de secuencia cero), pero no por las líneas de distribución!!!

- Falla Bifásica Aislada

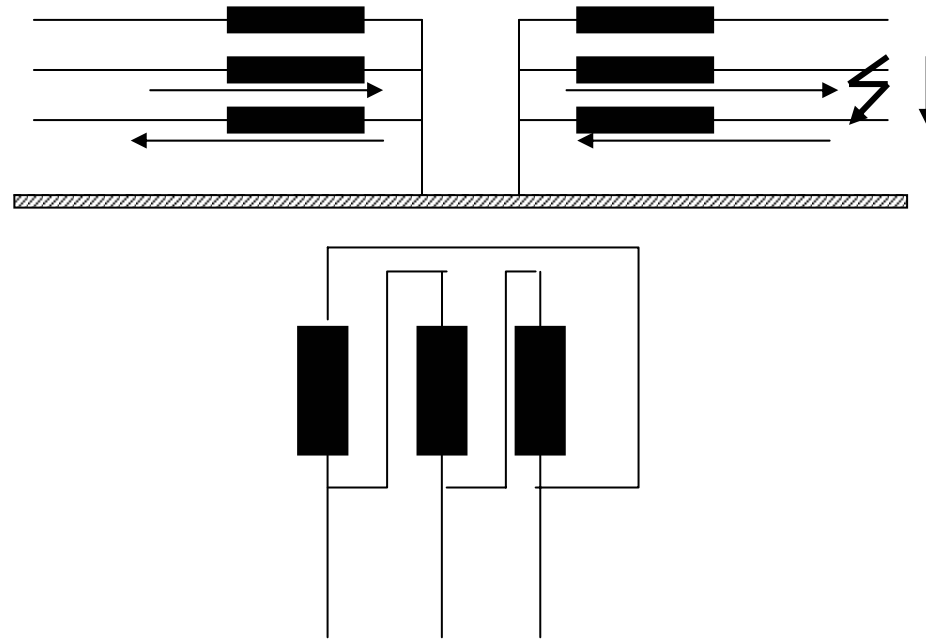


Fig. 22

Circula solamente corrientes de fase en los lados de 132 y 33 o 66 del transformador. Ni por el arrollamiento de 13.2 ni por las líneas de distribución circulan corrientes.

- Falla Bifásica a Tierra

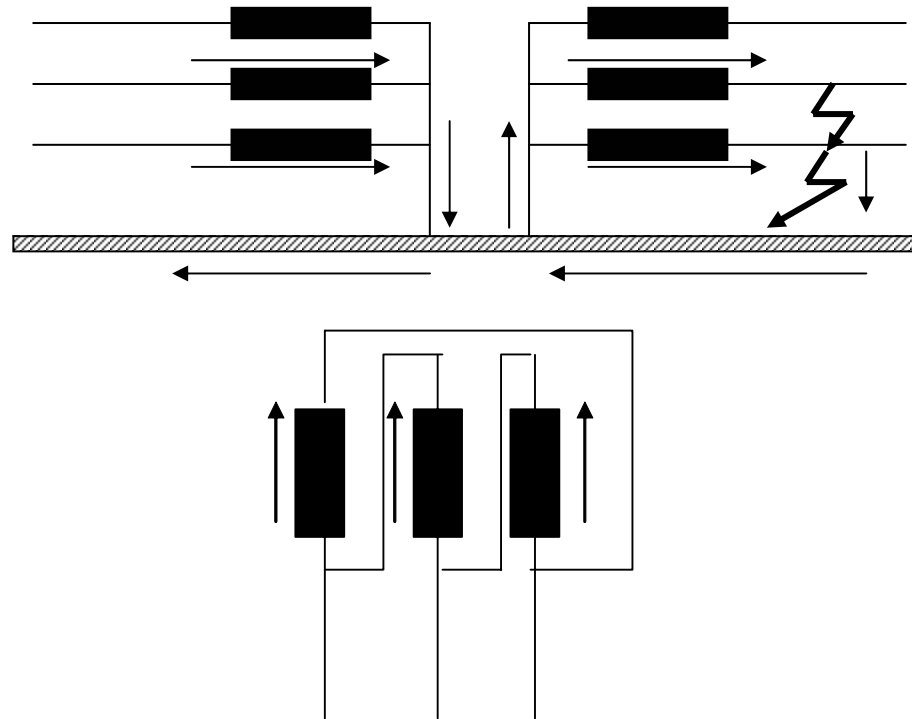


Fig. 23

Como en el caso del cortocircuito monofásico, circulan corrientes de fase y tierra en los lados de 132 y 33 o 66 del transformador; en el lado de 13.2 kV circulan solamente corrientes dentro del triángulo (llamadas corrientes de secuencia cero), pero no por las líneas de distribución ¡!!

- Falla Trifásica

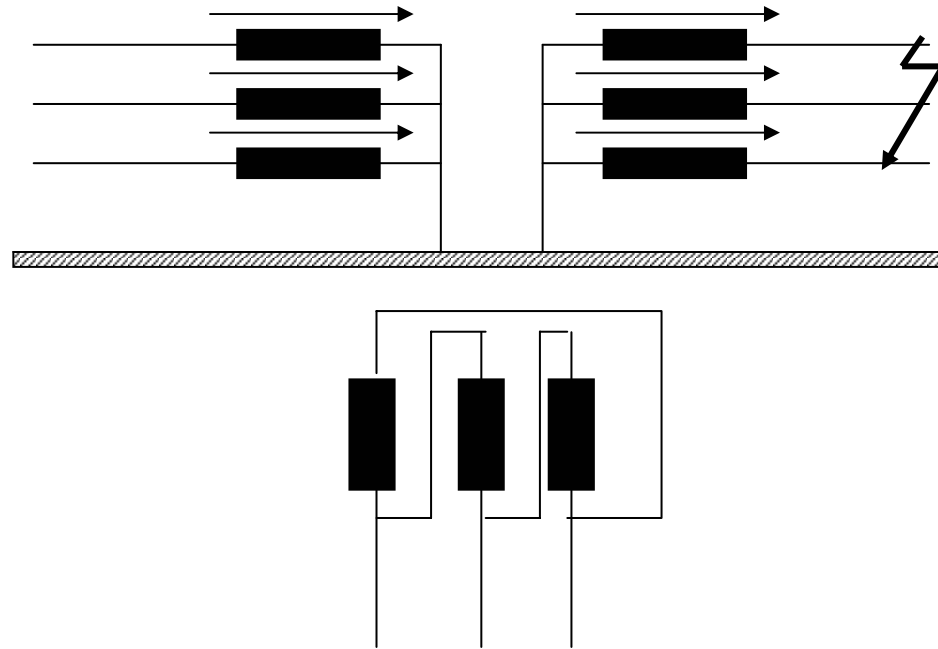


Fig. 24

Como en el caso de falla bifásica aislada, circulan solamente corrientes de fase en los lados de 132 y 33 o 66 del transformador. Ni por el arrollamiento de 13.2 ni por las líneas de distribución circulan corrientes.

- C.2.2.2) Fallas de lado de las líneas de distribución en media tensión 13.2 kV

- Falla monofásica

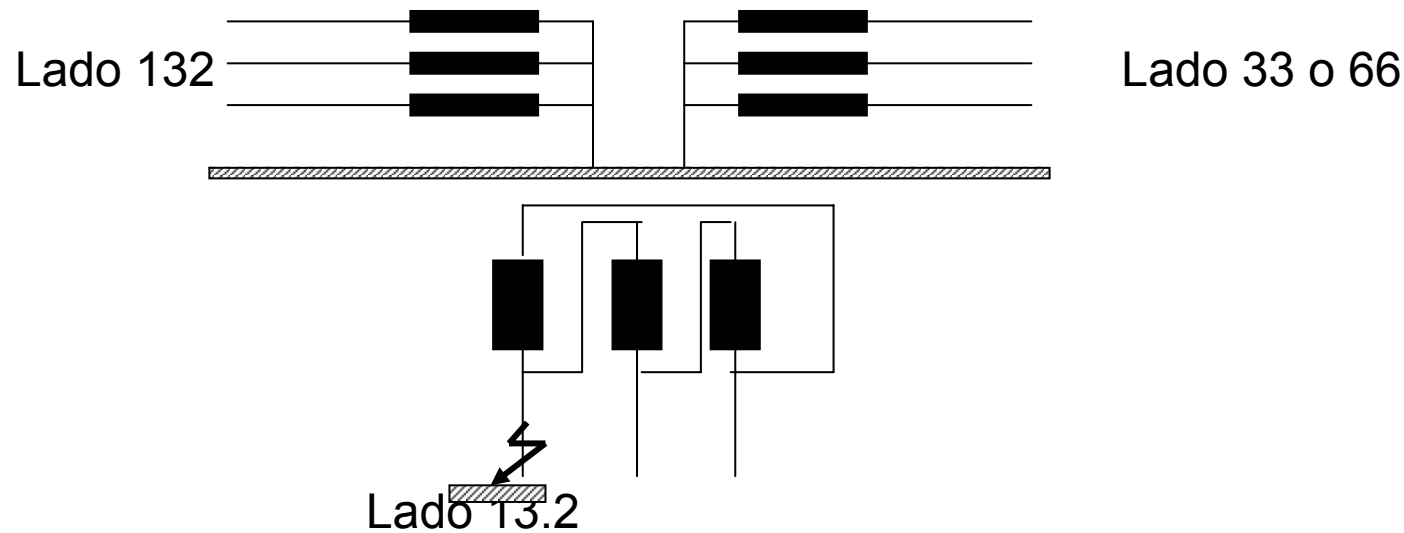


Fig. 25

No circulan corrientes de falla ni de fase ni de tierra substancialmente grandes!!!! (solo pequeñas corrientes capacitivas debidas a las capacitancias de las líneas que son del orden de los mA); elevación de la tensión en las fases sanas.

Problemas para detectar la falla midiendo la corriente. Solución: conectar un creador de neutro (trafo de puesta a tierra) en la barra de 13.2k con conexión zig-zag(limitación de la corriente de tierra a 1000 o 1500 A por medio de una resistencia de puesta a tierra.

- Falla monofásica

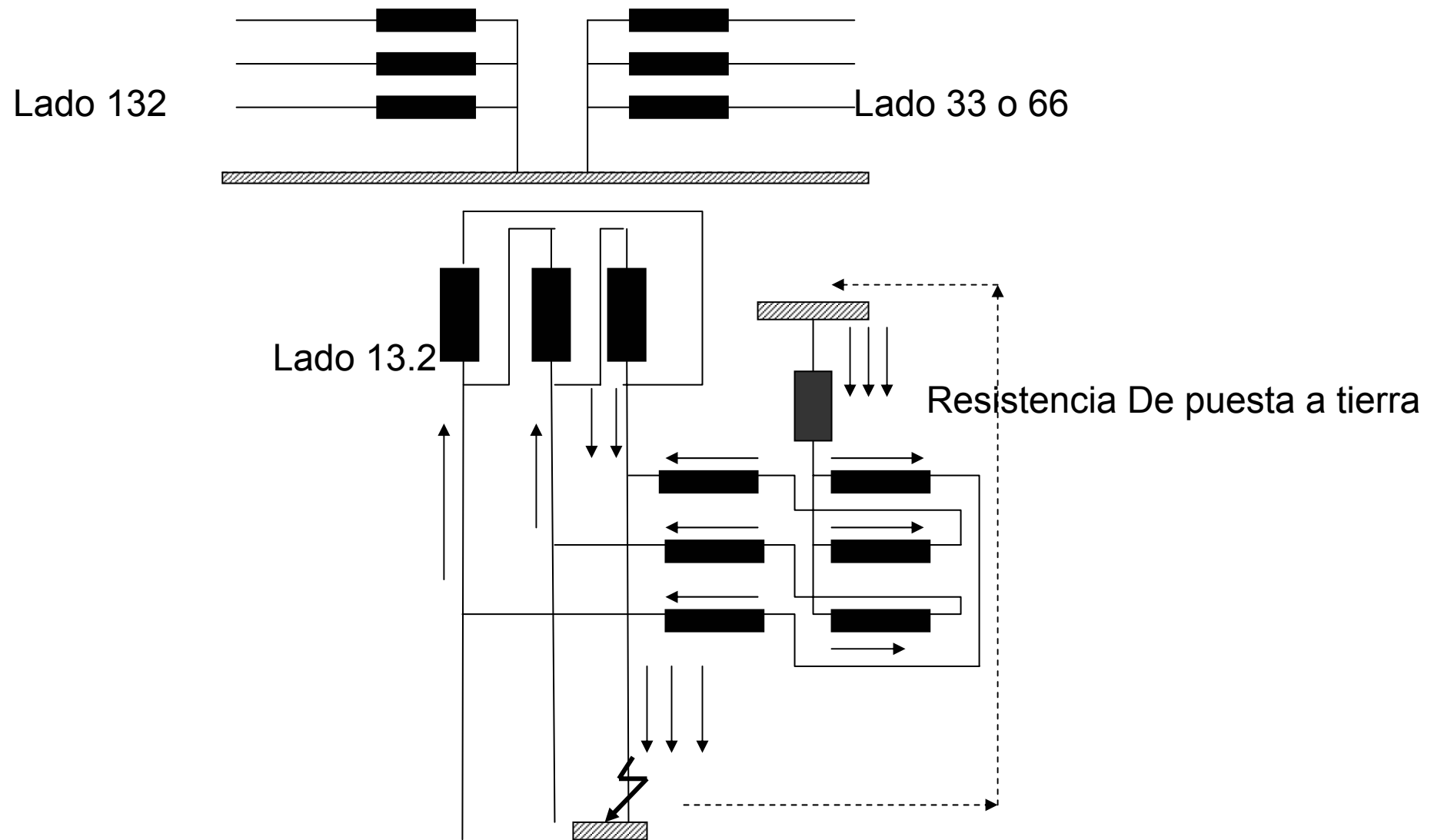


Fig. 26

2.3 PROTECCION DE REDES DE MEDIA TENSION

2.3.1 PROTECCION DE LINEAS MT

2.3.1.1 Fusibles

- Expulsión

- En la mayoría de los casos son de tipo “de caída” (empleado también como seccionador).
- Cuando operan despejando la falla, caen quedando suspendido por el contacto inferior, siendo visibles a larga distancia.

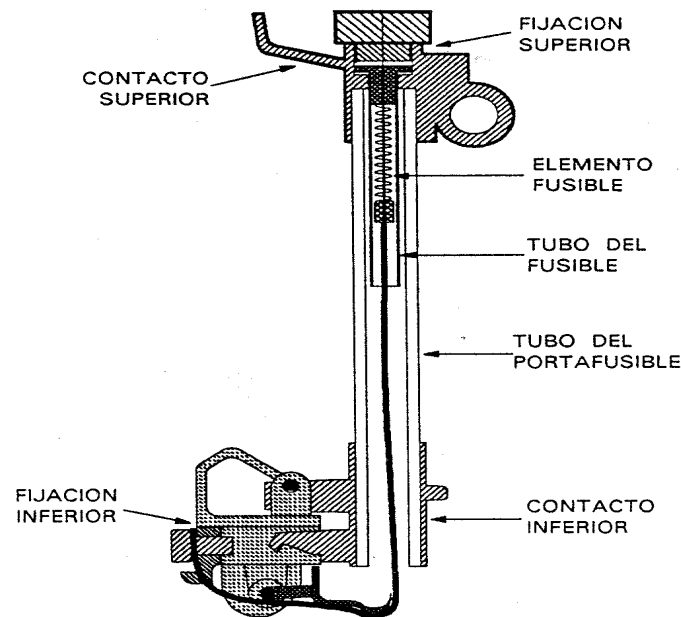


Fig. 45 Seccionador – Fusible de expulsión

T hasta los 132 kV,
Corrientes desde 0,5 A hasta 150/200 A (Normas ANSI-IEEE C37-41 y en las IRAM)
Kearney, Chance, X&S, o por la nomenclatura AyEE que los llama MN 241.

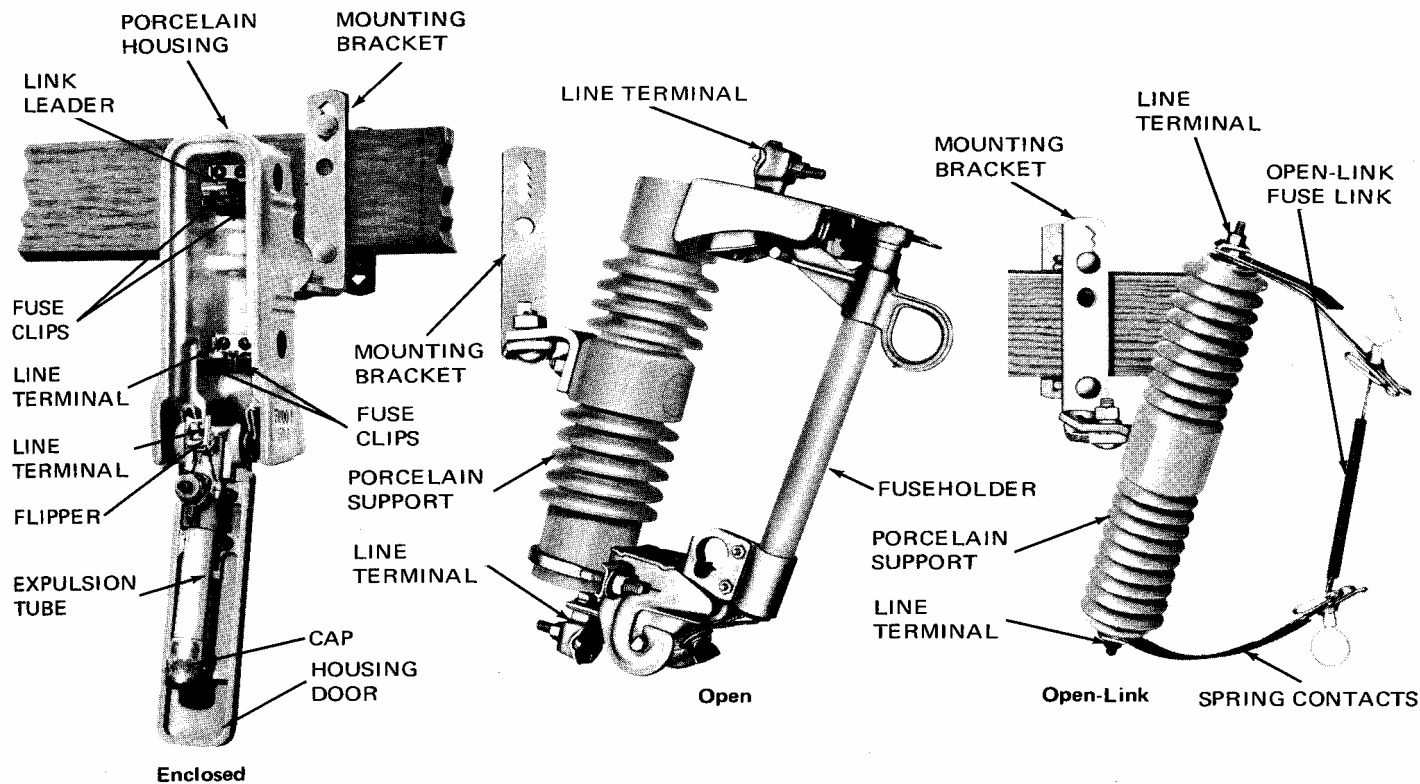


Fig. 46 Tipos de seccionadores de expulsión

Características de actuación

- “tiempo mínimo de fusión”.
- “máximo tiempo de fusión”.

Tiempo
(seg)

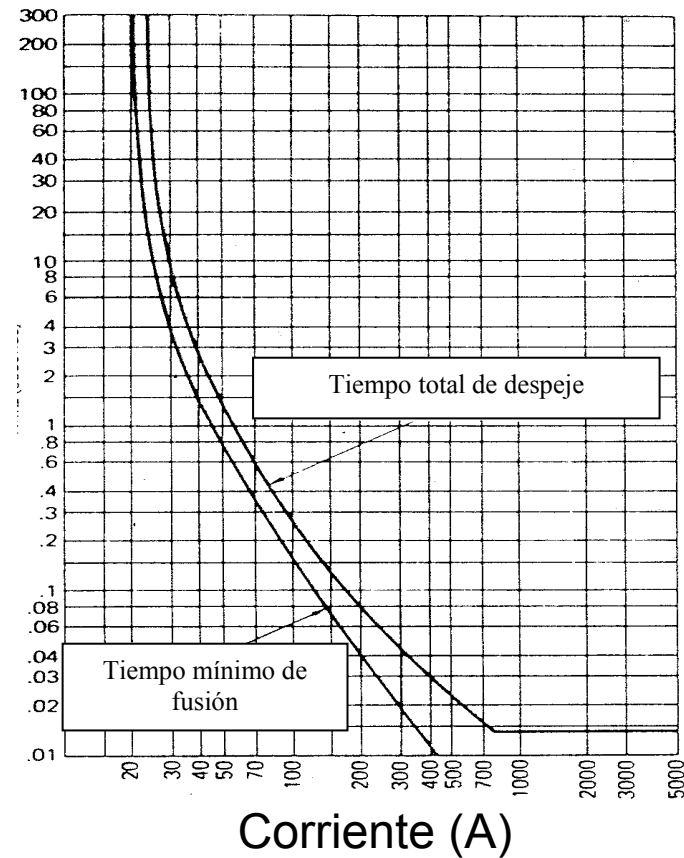


Fig. 47 Curvas tiempo-corriente de un fusible 10K

Normas (AYEE, ANSI C.37.42, IRAM 2400, NIME y NEMA):

- **K**: Conducen hasta 200% de su I_n sin daños
- **T**: Más lentos que los K
- **Std**: Intermedia entre los K y T; son permisivos a las fluctuaciones de corriente
- **H**: Conducen hasta el 100% de su I_n sin daño; tienen característica de fusión muy rápida
- **N**: Conducen hasta el 100% de su I_n sin daños. Son más rápidos aún que los H.
- **X**: Provistos de un elemento dual; son permisivos a las fluctuaciones de la corriente
- **Sft**: Provisto de elemento dual; no actúan ante fallas temporarias en trafos.
- **MS o KS**: Respuesta ultralenta y mayor permisividad de corriente que los T; bueno como protección de línea
- **MN241 AYEE**: Conducen hasta el 130% de su I_n sin daños; poseen un resorte extractor necesario en los seccionadores MN241 AYEE

La diferencia de velocidades de fusión se muestra en la Fig. 48:

Gráfico comparativo de velocidades

Entre distintas curvas mínimas de fusión en una misma corriente nominal de elemento fusible (I_n : 10 A)

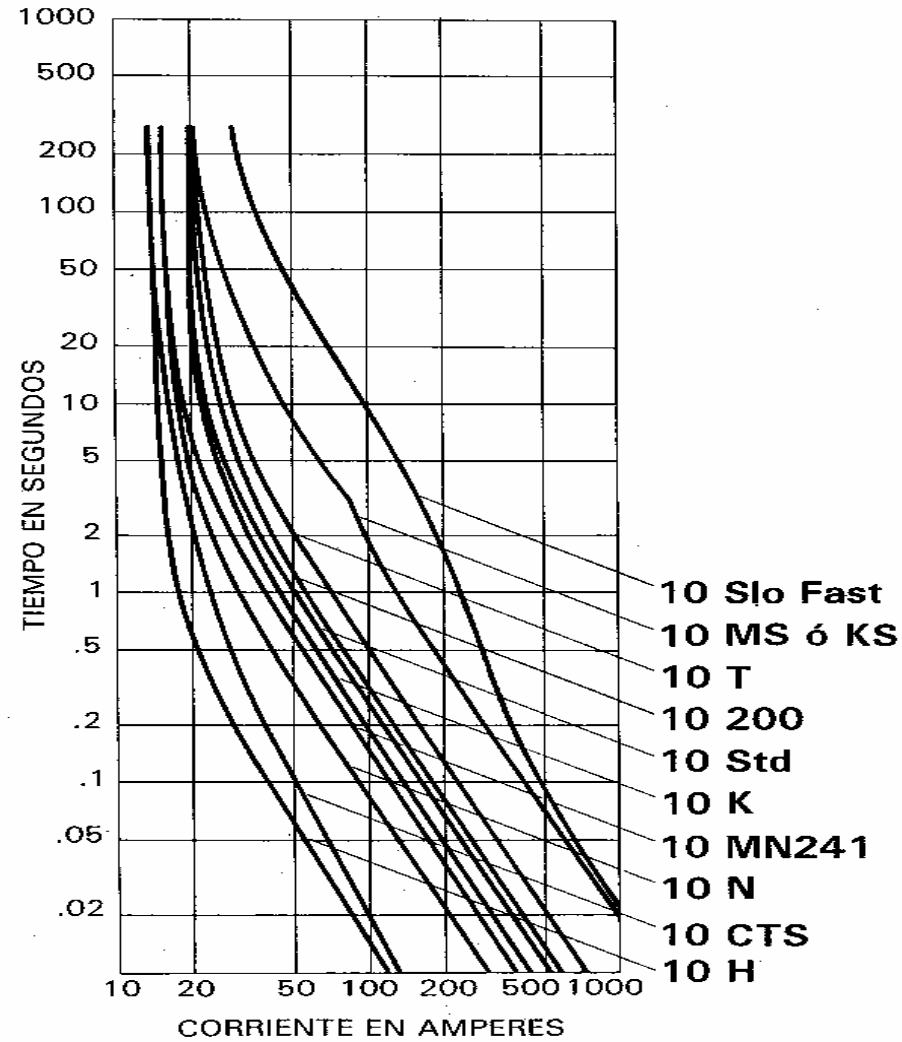


Fig. 48 Velocidades de diferentes tipos de fusibles

2.3.1.2 Reconectores automáticos

- **Entre el 80% al 95% de las fallas son temporarias, por lo tanto el reconector, con su característica de apertura/recierre, previene al circuito de ser desconectado definitivamente antes fallas temporarias:**
 - **Detecta condiciones de sobrecorriente de fase y tierra**
 - **Interrumpe el circuito**
 - **luego reconectar la línea en forma automática para reenergizarla.**

- Clasificación de los reconectadotes

- **Monofásicos y trifásicos**
- **Mecanismos de control hidráulico, electrónico y digital**
- **Interruptores de aceite, vacío o SF6**

Reconectores monofásicos

- **Protección de líneas monofásicas**
- **Puede utilizarse también en circuitos trifásicos; donde la carga es predominantemente monofásica (mantener el servicio en los 2/3 restantes del sistema)**

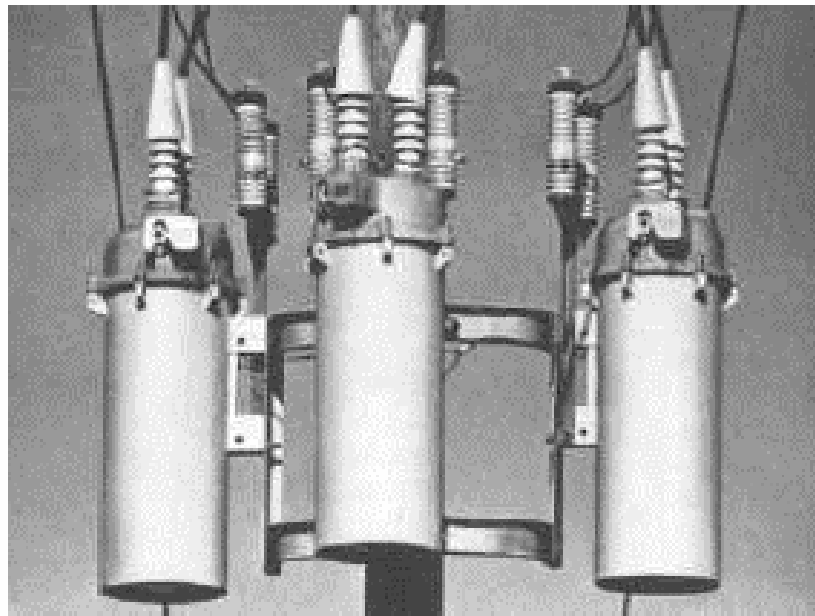


Fig. 49

Reconectores Trifásicos (Fig. 50)

Desconexión de las tres fases antes una falla permanente, para prevenir la pérdida de fase de cargas trifásicas tales como grandes motores trifásicos. Tienen dos modos de operación:

- **desconexión monofásica / apertura final trifásica**
- **desconexión trifásica / apertura final trifásica**

Reconectores con control hidráulico

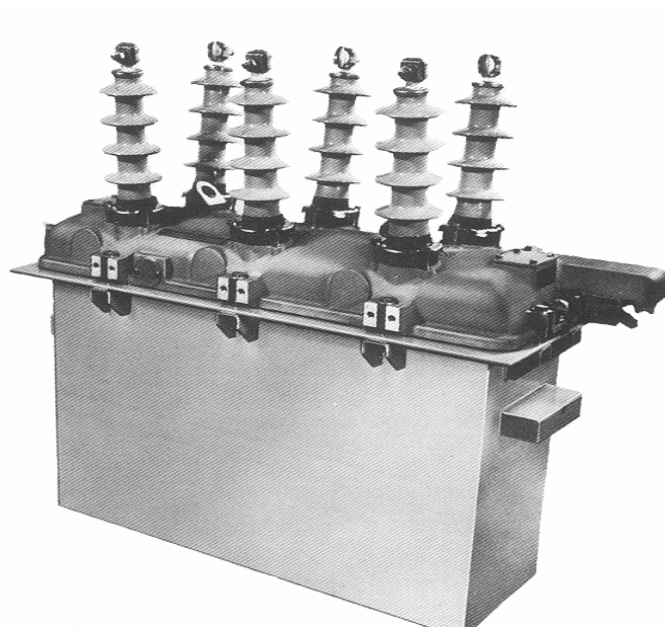
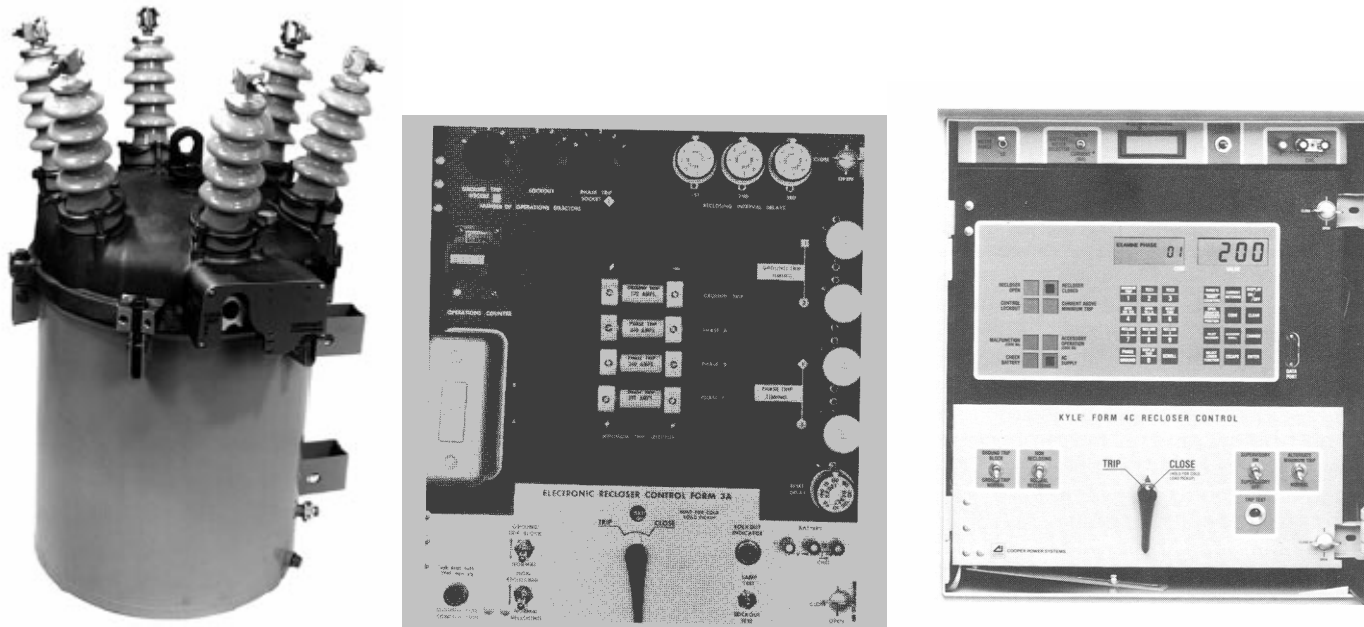


Fig. 50 Aspecto de un reconnector trifásico hidráulico

- El control es una parte integral del reconectador: censan la corriente por medio de una bobina de desconexión en serie con la línea y cuando la corriente excede un predeterminado valor de ajuste, la bobina atrae un pistón el cual abre los contactos principales del reconectador e interrumpe el circuito. Las características de tiempo y secuencia de operación son dependientes del flujo de aceite en cámaras diferentes.

Reconectores con control electrónico

- Más flexible y fácil de ajustar y testear.
- Gabinete separado del reconectador
- Permite el cambio de las características tiempo-corriente, niveles de corriente de actuación y secuencias de operación sin desenergizar.
- Amplio rango de accesorios para modificar la operación
- Componentes discretos o microprocesados (Fig. 51) .



Control con componente discretos Control microprocesado
Fig. 51 Tipos de controles electrónicos

Tipos de interruptores

Aceite, SF6 y vacío.

Cuando se instalan reconectadores es necesario tener en cuenta los siguientes factores de aplicación:

1. **Tensión del sistema**
2. **Corriente máxima de falla**
3. **Corriente máxima de carga**
4. **Corriente mínima de cortocircuito en la zona protegida por el reconectador:**
5. **Coordinación con otros dispositivos de protección localizados hacia la fuente y hacia la carga**

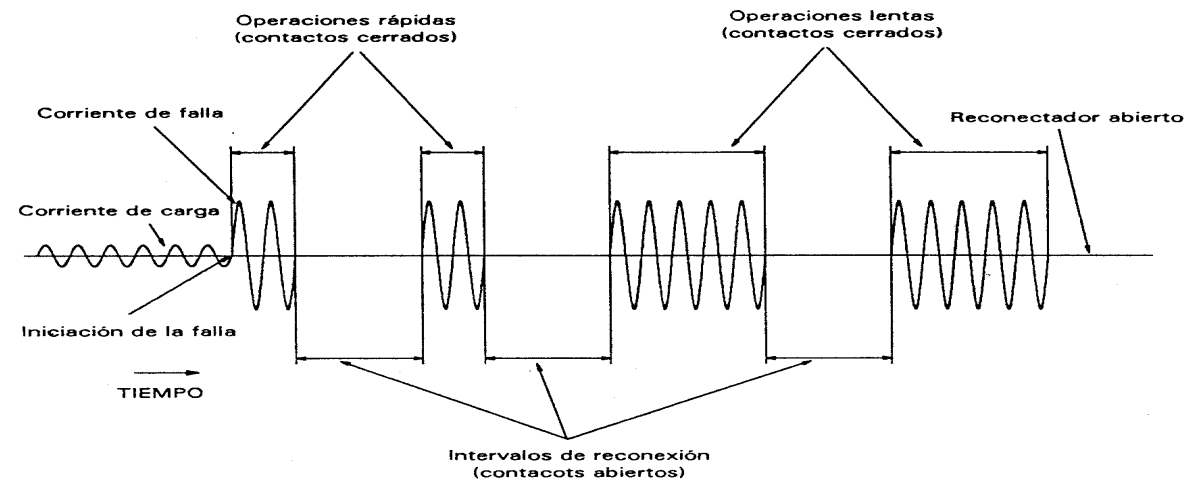


Fig. 52 Secuencia de operación hasta la desconexión definitiva

- Curvas de operación tiempo-corriente: una rápida y dos temporizadas, designadas como A, B y C respectivamente.
- Los nuevos reconectadores con controles microprocesados tienen curvas que pueden definirse a placer por teclado, lo cual permite seleccionar las mismas de acuerdo a las necesidades de coordinación tanto para fallas fase-fase como las de fase-tierra. Esto permite reprogramar las características sin la necesidad de cambiar componentes.

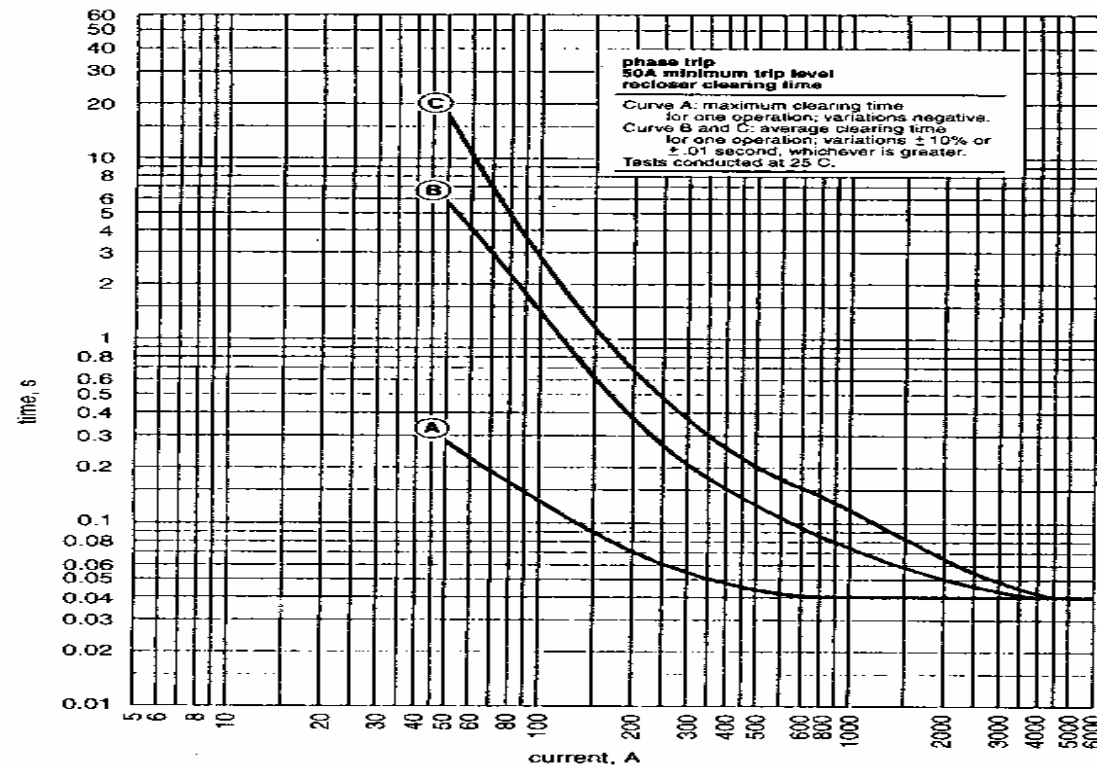


Fig. 53 Curvas tiempo-corriente típicas de reconectadores

6. Sensitividad de operación para fallas a tierra

2.3.1.3 Seccionalizadores

- **Aísla las secciones falladas de un circuito de distribución, una vez que un reconectador o relé con unidad de recierre de respaldo hayan interrumpido la corriente de falla.**
- **Se instala comúnmente aguas abajo del dispositivo de respaldo.**
- **No tienen la capacidad de interrumpir corrientes de falla**

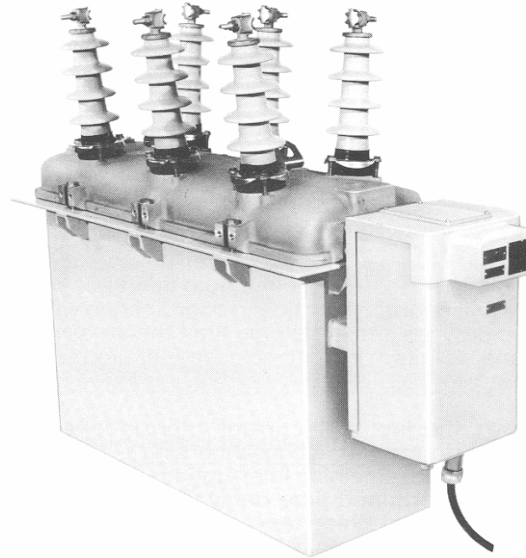
Se clasifican en:

- **monofásicos y trifásicos**
- **control hidráulico o electrónico**

Seccionalizadores con control hidráulico

- **Control hidráulico: seccionalizadores monofásicos y en unidades trifásicas más pequeñas. Una bobina en serie con la línea censa el valor de la corriente. Cada vez se produce una sobrecorriente, la bobina mueve un pistón que activa**

un mecanismo de conteo. Cuando la sobrecorriente desaparece, un conteo se lleva a cabo bombeando aceite a través de unas cámaras. Luego de un número predeterminado de operaciones de bombeo, los contactos del seccionalizador se abren por medio de resortes pre-tensionados. Este tipo de seccionalizador debe ser cerrado en forma manual.



• Fig. 54

Seccionalizadores con control electrónico

- **Reconectadores trifásicos grandes:** son más flexibles y más fáciles de ajustar que los controles hidráulicos.

- **La corriente de carga se mide por medio de TI y la corriente secundaria alimenta a un circuito de control que cuenta el número de operaciones del reconectador asociado y luego envía una señal de disparo al mecanismo de apertura.**
- **Algunos seccionalizadores controlados en forma electrónica son operados por un motor y pueden ser cerrados eléctricamente o en forma manual, otros deben ser cerrados en forma manual.**



Fig. 55

Factores de aplicación de los seccionalizadores

- **Tensión del sistema**

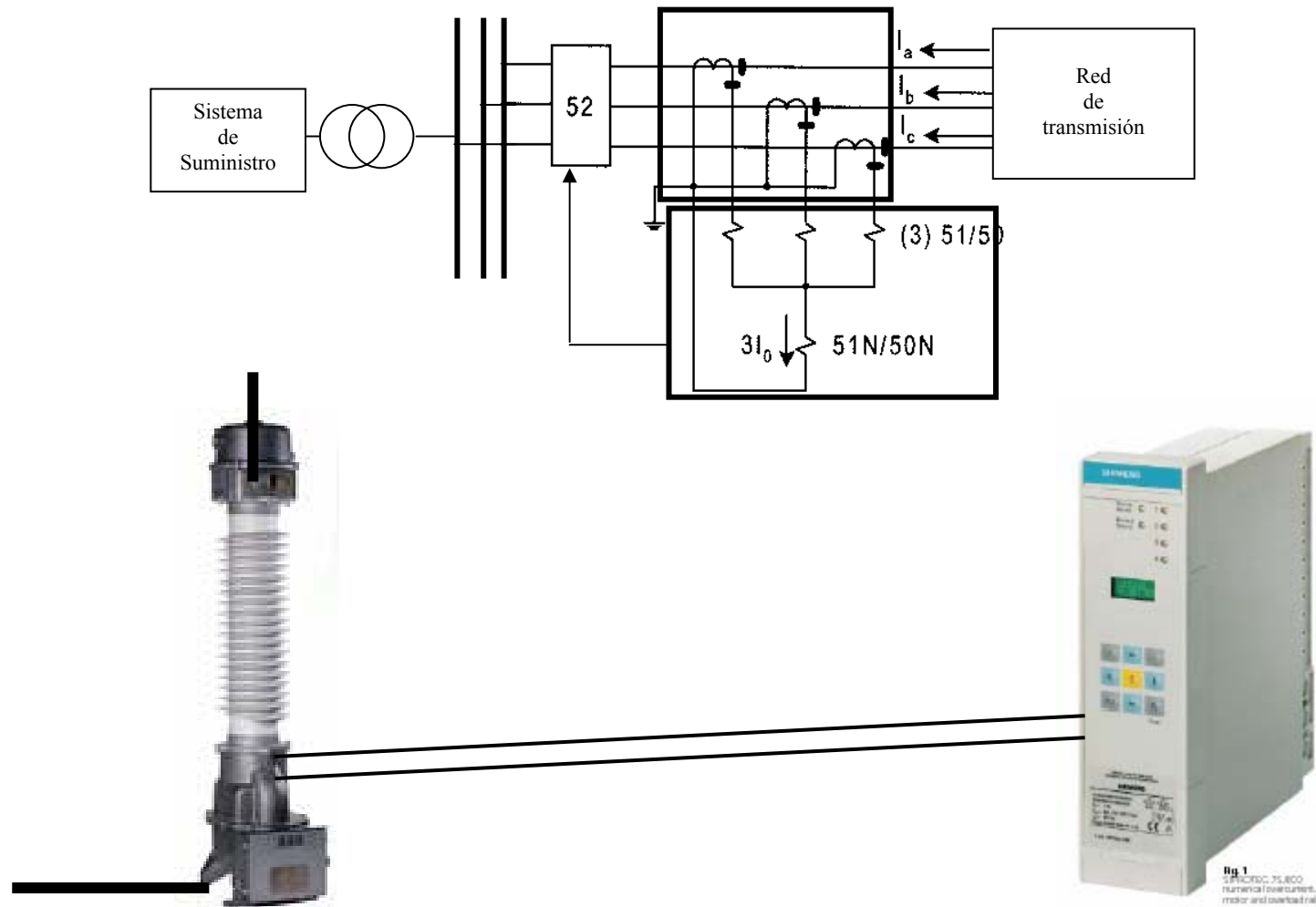
- **Corriente máxima de carga**
- **Corriente máxima de cortocircuito**
- **Coordinación con otros dispositivos instalados aguas arriba y abajo**

2.3.1.4 RELES DE SOBRECORRIENTE

- CARACTERÍSTICAS GENERALES

- **En redes de distribución de 13.2kV en la Argentina, están instalados comúnmente a la salida de los distribuidores y deben coordinar su actuación con otros dispositivos de protección aguas abajo (fusibles, reconectadores, etc..).**
- **Dado que deben operar tanto para sobrecarga como para falla (fase-fase y fase-tierra), el ajuste de los mismos debe realizarse teniendo en cuenta el compromiso a cubrir por los dos estados.**

TI del sistema de medición



51/50: códigos de las unidades de fase temporizada e instantánea respectivamente
 51N/50N: códigos de las unidades de tierra temporizada e instantánea respectivamente
 52: código del interruptor de potencia
 Fig. 56: Conexión típica de un relé de sobrecorriente

- TIPOS DE RELÉS DE SOBRECORRIENTE Y MAGNITUDES DE AJUSTE

- RELÉ INSTANTÁNEO (UNIDAD 50)

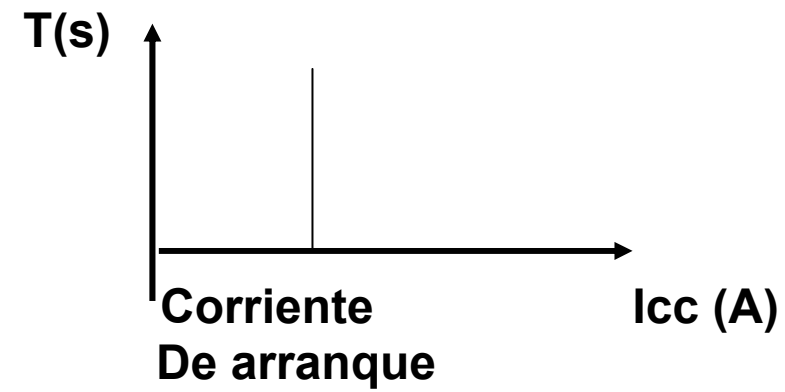


Fig. 57 Relé de corriente definida (unidad 50)

- RELÉ DE TIEMPO DEFINIDO (UNIDAD 51)

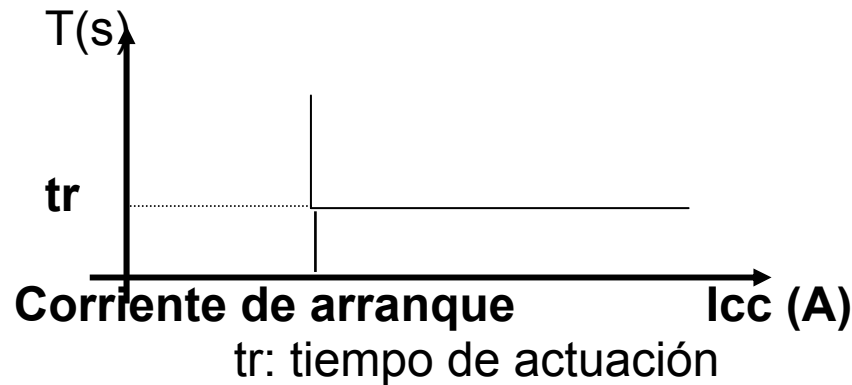


Fig. 58 Relé de tiempo definido (unidad 51)

- RELÉ DE TIEMPO INVERSO (UNIDAD 51)

- También son unidades de temporización.
- Operan en un tiempo que es inversamente proporcional a la corriente de falla
- Para las corrientes muy altas, pueden obtenerse tiempos menores de disparo sin el riesgo de la selectividad de protección.
- Curva según Normas IEC y ANSI; según las normas IEC 255 el tiempo de operación se calcula según la siguiente expresión:

$$t[s] = \frac{\beta}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^\alpha - 1} * k$$

Donde:

t = tiempo de operación del relé en segundos

k = ajuste del multiplicador de tiempo o dial

I_f = valor de la corriente de falla

I_s = valor de la corriente de arranque o pick-up

α y β = constantes

Según las normas ANSI/IEEE el tiempo de operación se calcula según la siguiente expresión:

$$t[s] = \left[\frac{\beta}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^\alpha - 1} + \gamma \right] * k$$

Donde:

t = tiempo de operación del relé en segundos

k = ajuste del multiplicador de tiempo (también llamado DIAL)

I_f = valor de la corriente de falla

I_s = valor de la corriente de arranque o pick-up (también llamado TAP)

α , β y γ = constantes

Tabla 1 Constantes α y β de las curvas $t = f(I_f/I_s)$ según la norma IEC 255

Tipos de relé	α	β
Inversa	0.02	0.14
Muy inversa	1.00	13.50
Extremadamente inversa	2.00	80.00
Inversa Larga	1.00	120.00

Tabla 2 Constantes α , β y γ de las curvas $t=f(I_f/I_s)$ según la norma ANSI-IEEE

Tipos de relé	α	β	γ
Inversa	2.0938	8.9341	0.17966
Inversa corta	1.2969	0.2663	0.03393
Inversa larga	1.	5.6143	2.18592
Moderadamente Inversa	0.02	0.0103	0.0228
Muy inversa	2.00	3.922	0.0982
Extremadamente inverso	2.00	5.64	0.02434
Inversa Definida	1.5625	0.4797	0.21359

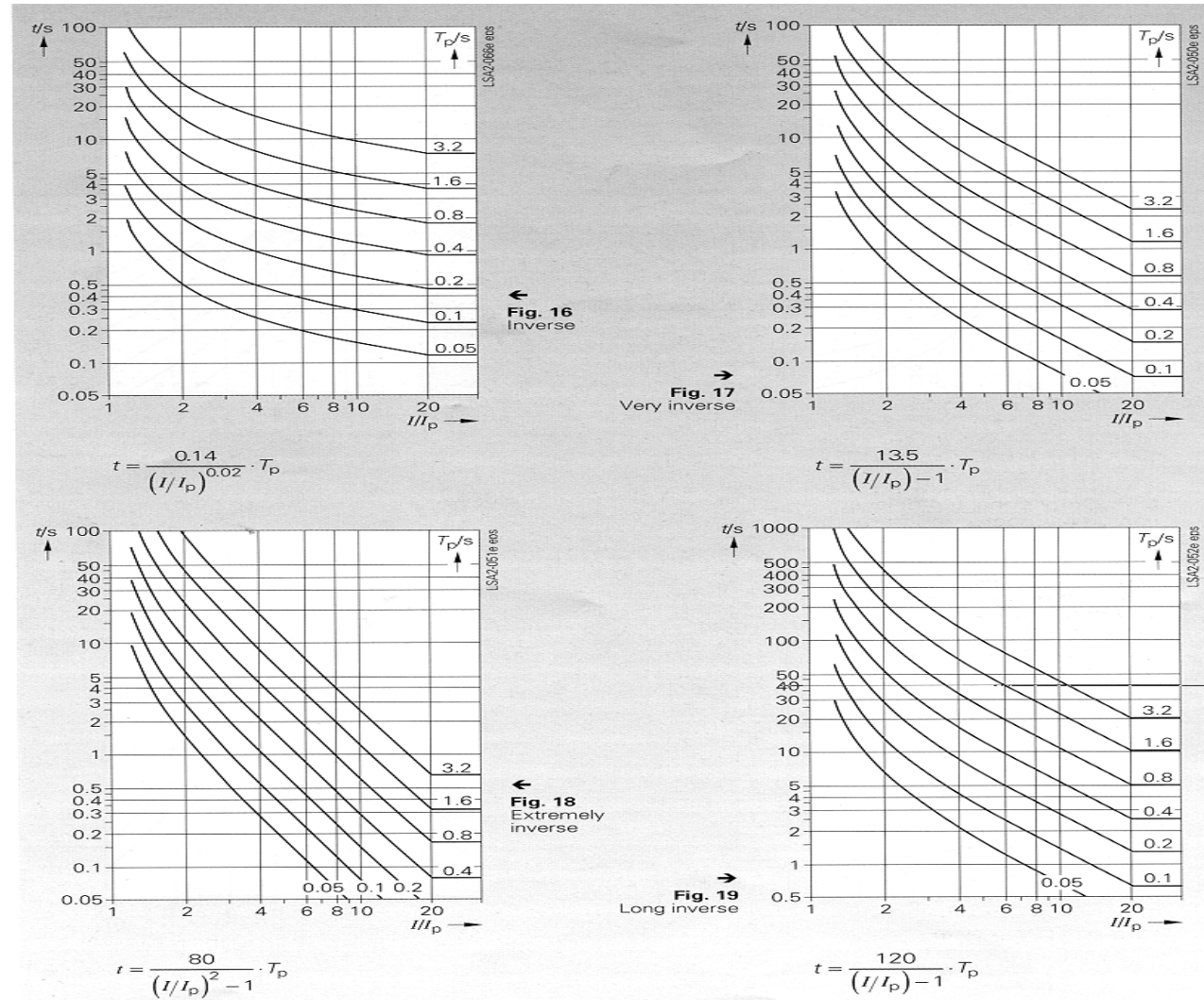


Fig. 59 Curvas características tiempo-corriente según norma IEC 255

Aclaración: La corriente I y la corriente I_p en las ecuaciones mostradas en la fig. 3.5 corresponden a la corriente I_f y a la corriente I_s de la ec. 3.1, respectivamente.

2.3.2 PROTECCION DE TRANSFORMADORES MT

- Fusibles de Alta capacidad de ruptura

- **HH: responden a las normas IEC 282-1 y fundamentalmente a las DIN 43625 - VDE 0670, estando normalizadas sus características constructivas y de respuesta.**
- **Cuerpo cerámico de alta resistencia al choque térmico**
- **contactos extremos cilíndricos de cobre plateado, rellenos con arena de cuarzo de alta pureza y contando con varios elementos fusibles de plata con reducciones de sección.**
- **Percutor ubicado en el extremo superior, cuya función no es solo de indicación sino también es capaz de realizar trabajo mecánico, abriendo un seccionador bajo carga.**



Fig. 60

- Corrientes nominales van desde 0,5 A hasta 400 A
- Tensiones desde 2,3 kV hasta 36 kV. Existen algunos diseños en 66 kV, pero para corrientes nominales no mayores a 63 A.
- Capacidad de ruptura máxima es de 900 MVA, disponiendo de modelos intermedios con 300 y 600 MVA.
- Puede ser instalado en gabinetes o tableros, existiendo además un diseño algo más complejo, para su uso a la intemperie.
- Según su capacidad de ruptura se dividen en Respaldo (backup), Propósito General (general purpose) y Campo Completo (full range), cuyas capacidades

de ruptura se extienden desde el máximo fijado por el fabricante hasta el mínimo definido respectivamente de la siguiente forma:

- Respaldo: por el fabricante
- Propósito general: corriente que lo funde en una hora
- Campo completo: cualquier corriente capaz de provocar su fusión.

Mecanismo de operación

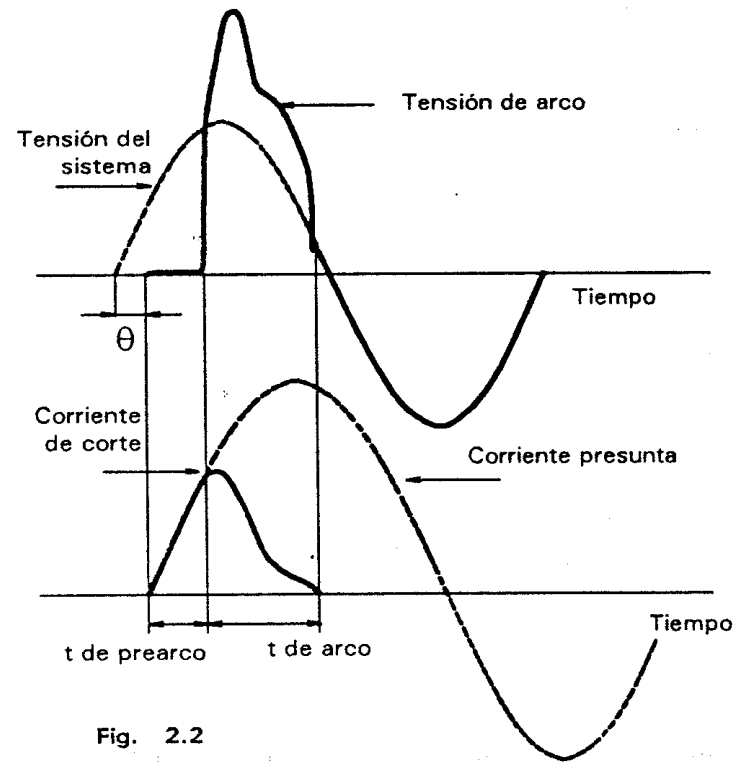


Fig. Oscilograma de operación de un fusible limitador

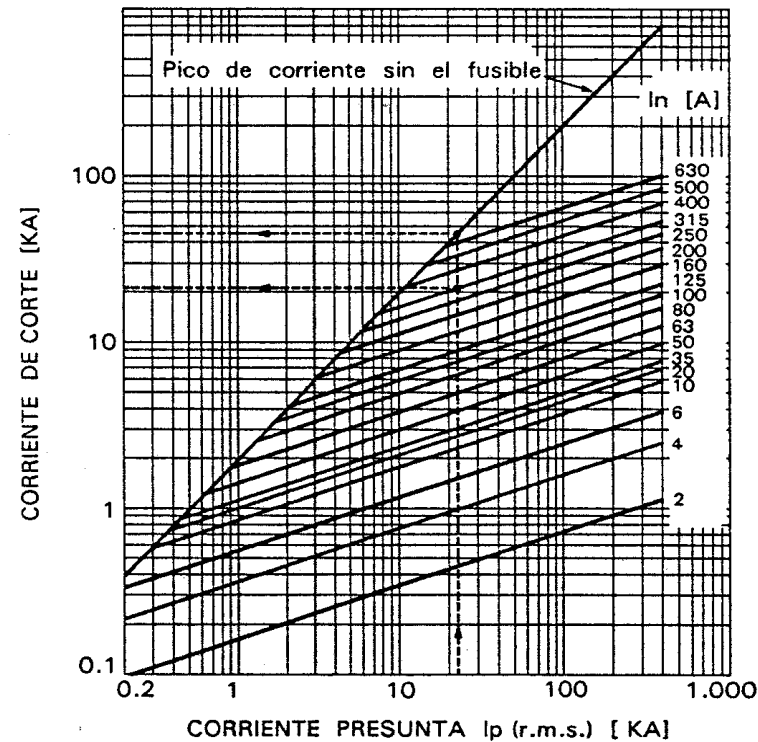


Fig. 61

- Expulsión

- **K**: Conducen hasta 200% de su I_n sin daños
- **T**: Más lentos que los K
- **Sft**: Provisto de elemento dual; no actúan ante fallas temporarias en trafos.
- **MN241 AYEE**: Conducen hasta el 130% de su I_n sin daños.

2.1 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:

- 1. 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.**
- 2. La pérdida de suministro causada por una falla permanente debería restringirse a la menor parte posible del sistema por el tiempo más corto posible.**

2.3.1 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**

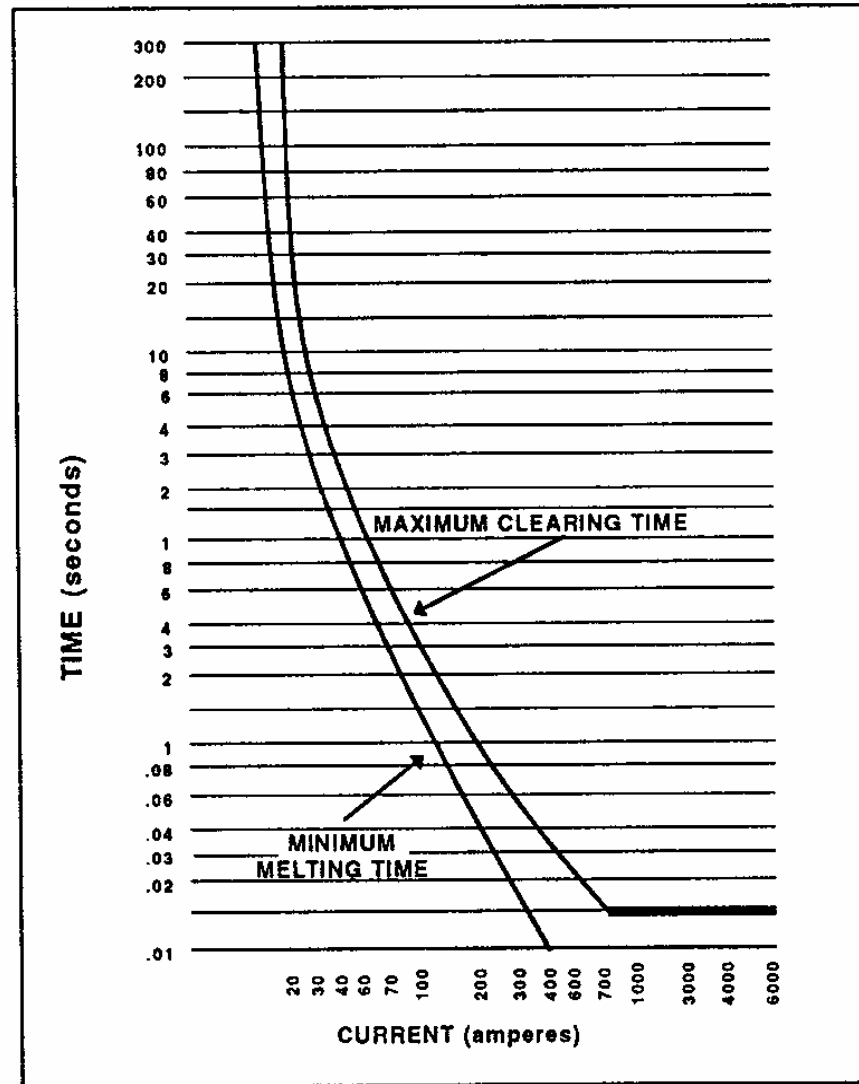


Fig. 61 Curvas de tiempo mínimo y máximo de fusión

- **La coordinación se realiza 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 fuente → tomar la curva de mínimo tiempo de fusión para (2) y la de tiempo total de despeje para (1) (fig. 62).**
- **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.**

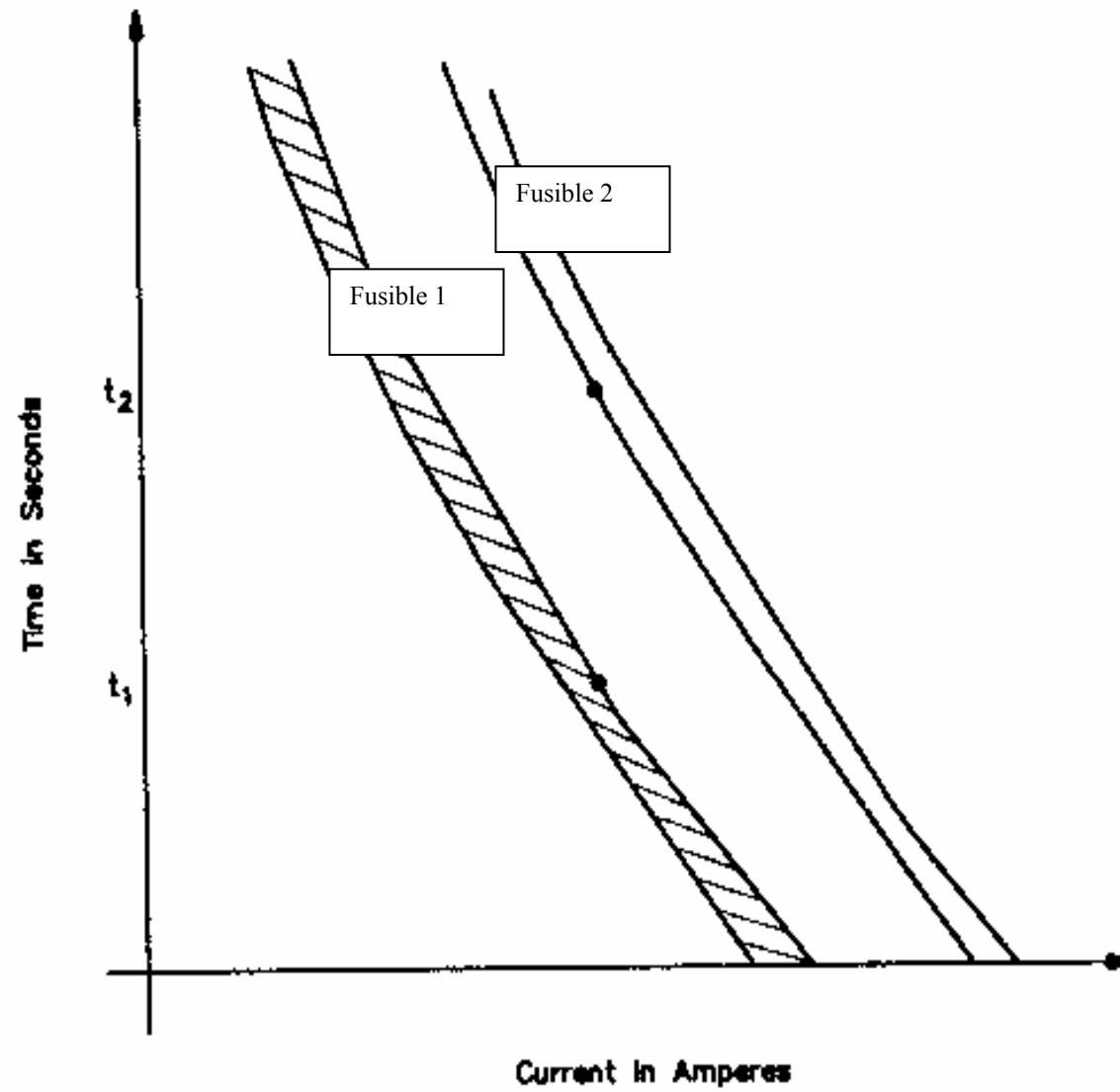


Fig. 62 Criterio de coordinación de fusibles $t_1 < 0.75 t_2$

2.3.2 Coordinación reconectador-fusible

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.**
- El tiempo total del fusible debe ser menor que la curva lenta del reconectador; 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. 63.

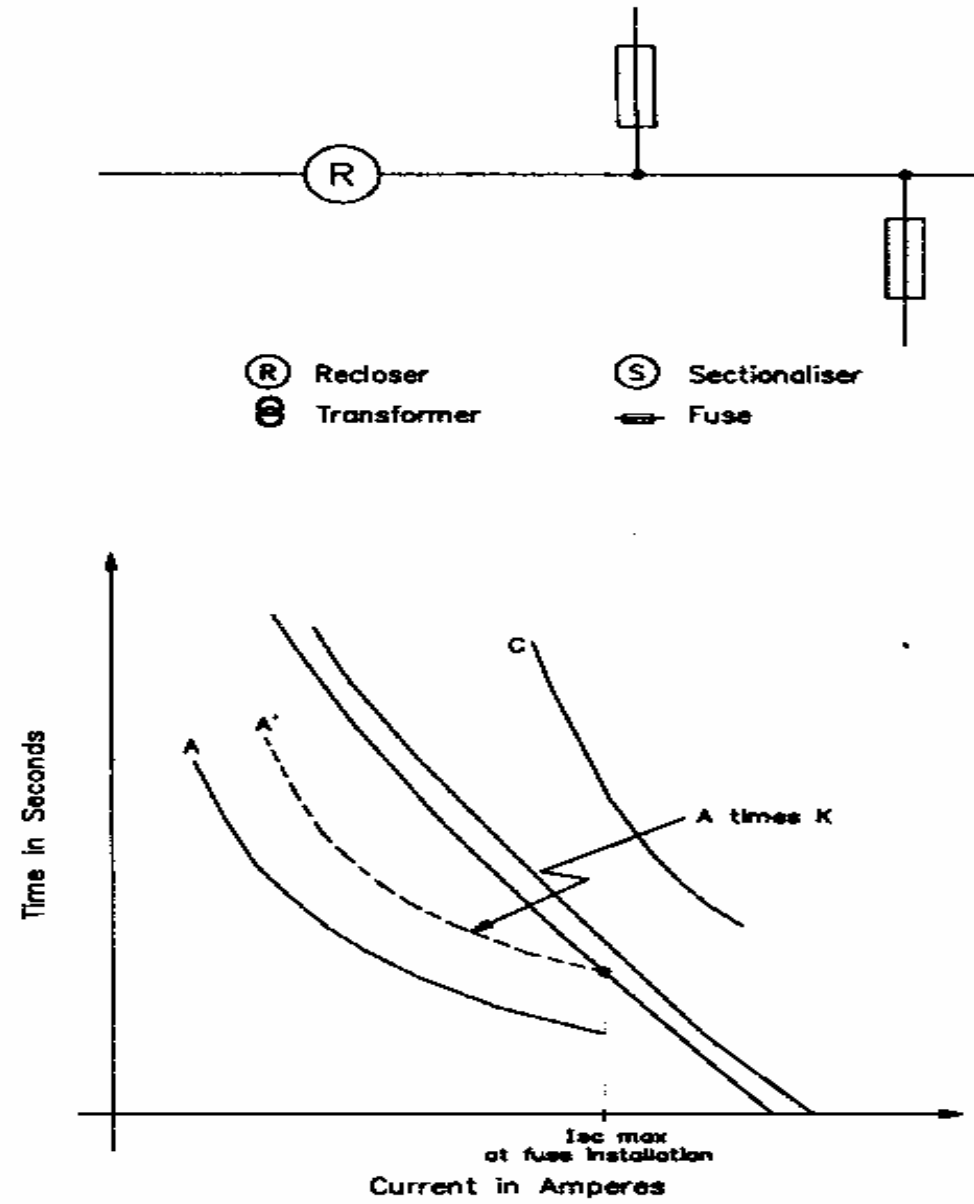


Fig. 63 Criterio de coordinación fusible lado carga – reconectador

2.3.3 Coordinación reconectador-seccionalizador

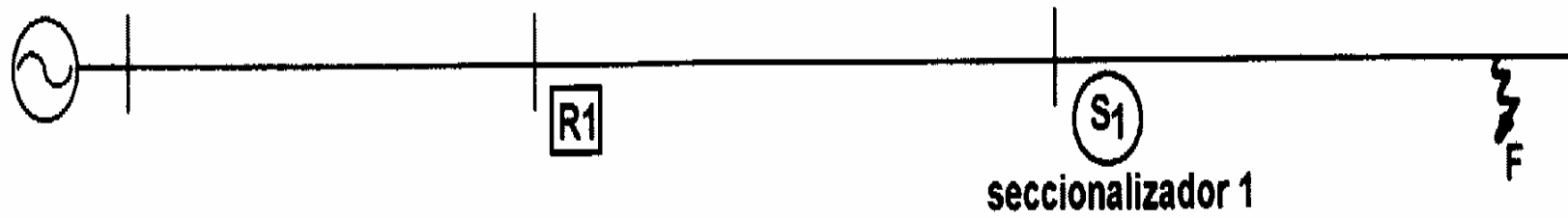


Fig. 64 Coordinación entre reconectores y seccionalizador

2.3.4 Coordinación relé-fusible

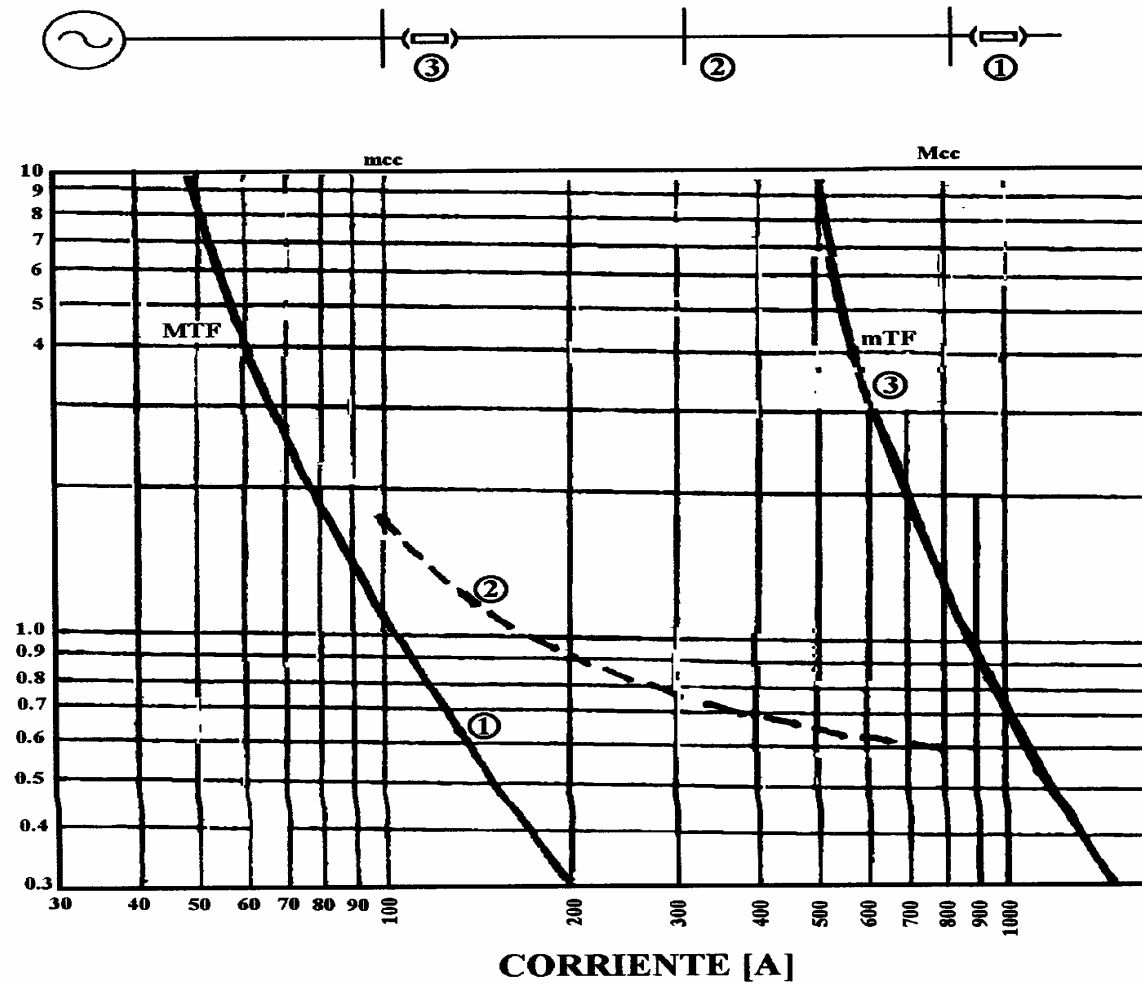


Fig. 65 Coordinación relé-fusible