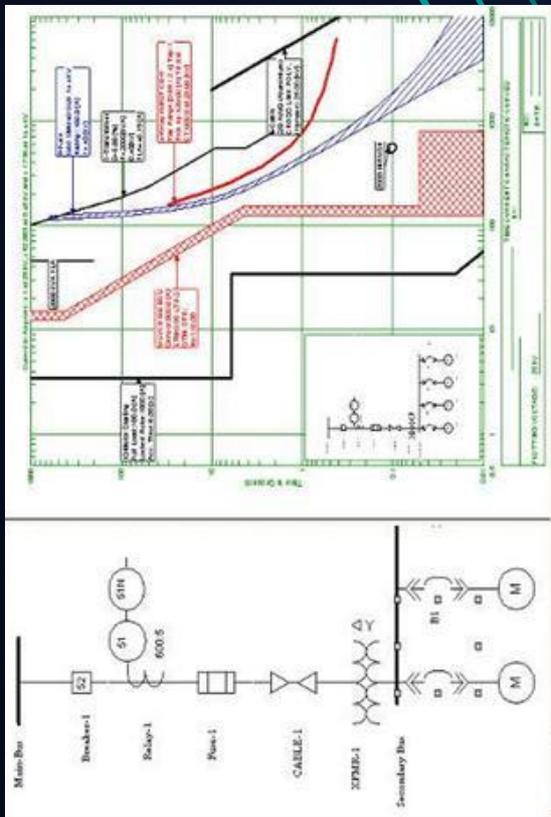


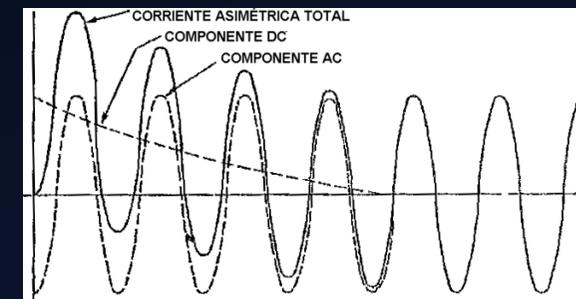
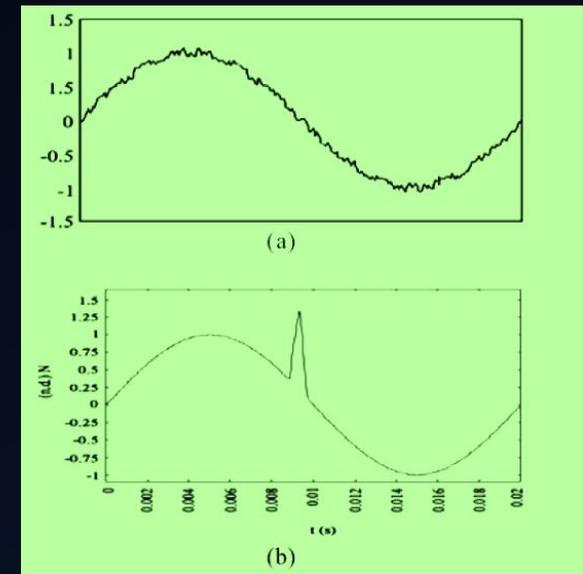
PROTECCIONES ELÉCTRICAS





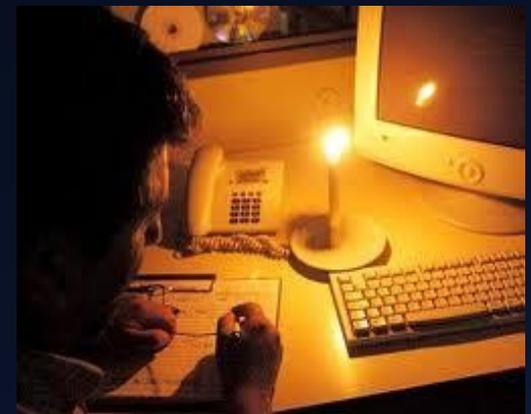
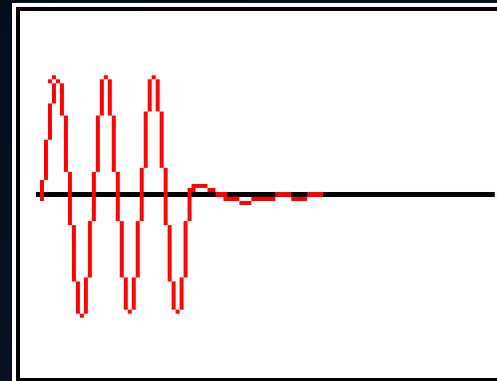
1. CONCEPTOS Y GENERALIDADES DE LAS PROTECCIONES ELÉCTRICAS

- Los sistemas eléctricos están expuestos a diferentes condiciones anormales de operación:
 - Sobretensiones por descargas atmosféricas
 - Sobretensiones por maniobra de interruptores en las redes.
 - Pérdidas de carga.
 - Efecto Ferranti
 - Etc.
- También están expuestos a fallas como el CORTO CIRCUITO,
 - Que puede ser originado por las condiciones anormales de operación antes descritas.



1. CONCEPTOS Y GENERALIDADES DE LAS PROTECCIONES ELÉCTRICAS

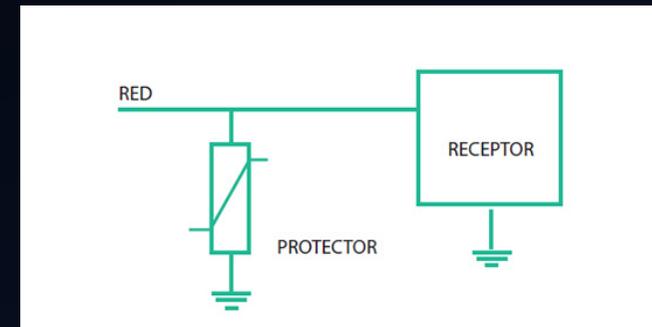
- Se deben adoptar MEDIDAS DE PROTECCIÓN con el objeto de proteger :
 - al personal
 - y al equipo
- Y evitar en lo posible:
 - Accidentes
 - Pérdidas de suministro.



1. CONCEPTOS Y GENERALIDADES DE LAS PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Protecciones del SISTEMA ELÉCTRICO :

- Protección contra sobretensiones de origen atmosférico y sobretensiones por maniobra. **Protección con pararrayos.**
- Protección contra *fallas de origen interno* de las instalaciones (cortocircuitos) o condiciones anormales de operación del sistema. **PROTECCIÓN POR RELEVADORES**



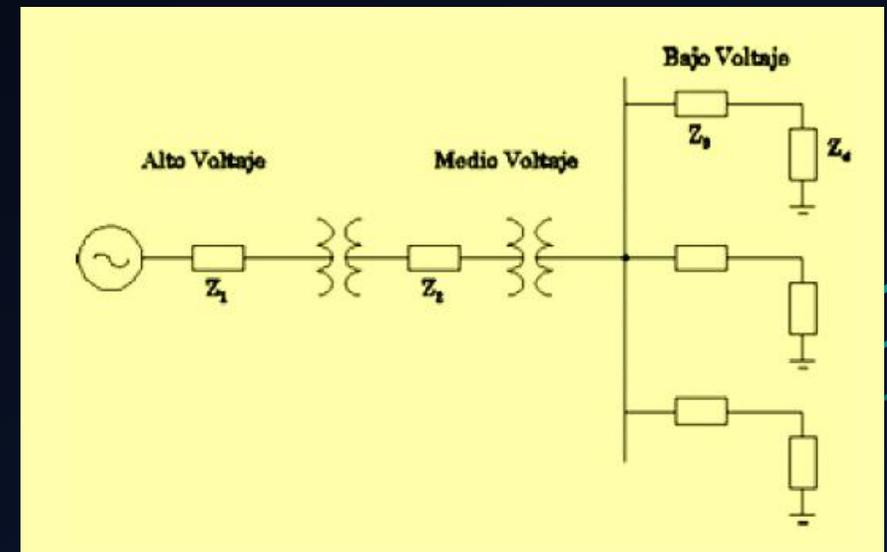
2. FILOSOFIA GENERAL DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES

SEP

CENTRALES GENERADORAS
producen la energía

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN
SISTEMAS DE SUBTRANSMISIÓN
transporta la energía a las *áreas* de carga.

SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.
Transporta la energía a los consumidores

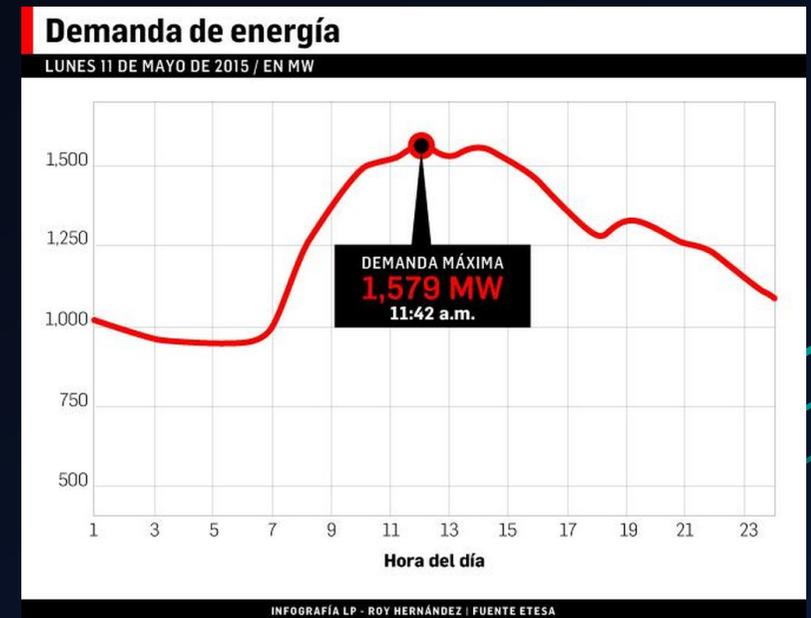


2. FILOSOFIA GENERAL DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES

LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DEBEN ESTAR EN CONDICIONES DE:

Alimentar la demanda de forma adecuada en cualquier momento:

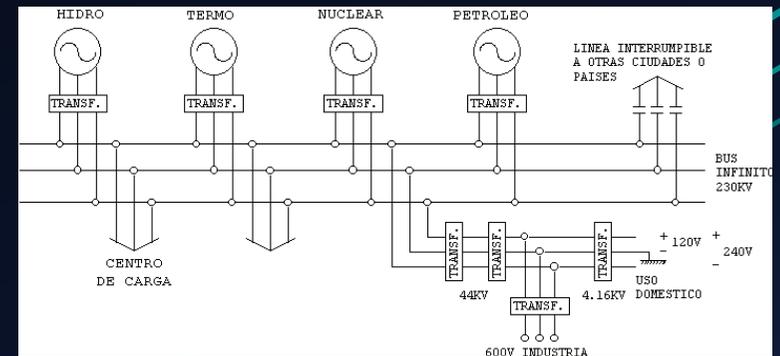
- Suficiente generación disponible para el servicio.
- Suficientes sistemas de transmisión, subtransmisión y distribución para asegurar la CONTINUIDAD y BUENA REGULACIÓN DE VOLTAJE a cada consumidor.



FILOSOFIA GENERAL DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES

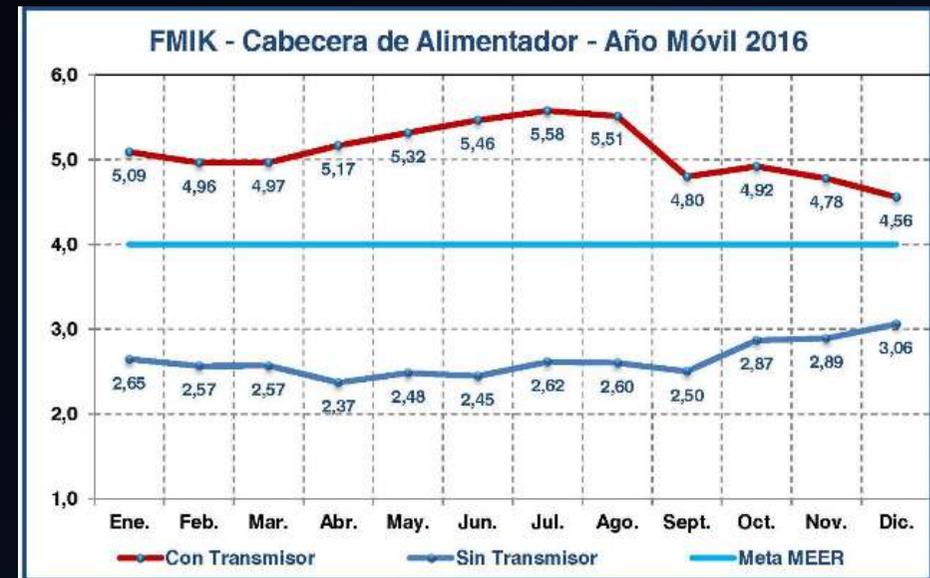
- Un bus infinito es un sistema tan grande el cual impone su **impone su voltaje y frecuencia**. Por lo tanto teóricamente estos parámetros se mantienen constantes ante cualquier carga conectada (demanda de energía)
- Un bus o barra infinita, es un sistema conformado por cientos de generadores síncrono que suministran potencia a miles de cargas.

BUS/BARRA INFINITA



OPERACIÓN NORMAL DE UN SEP

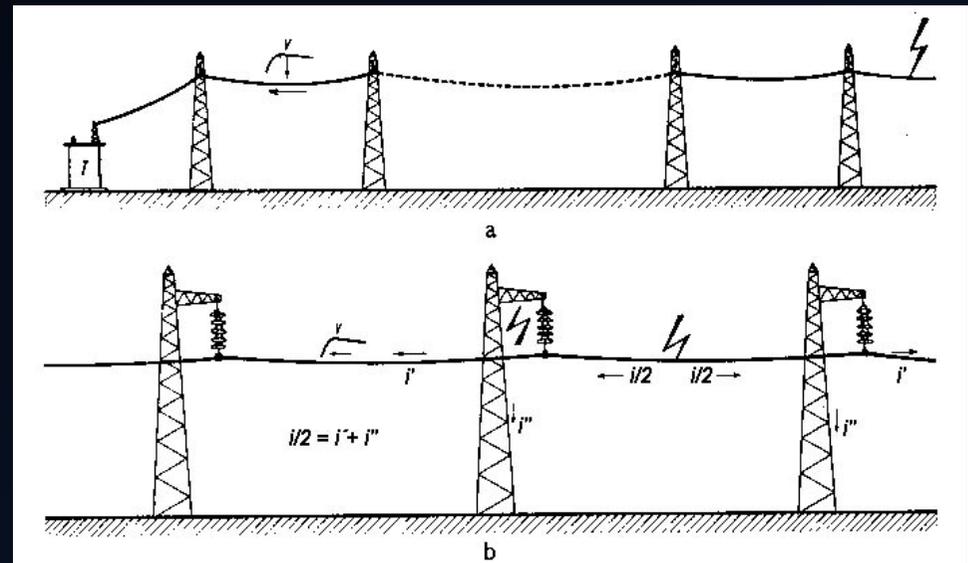
- Suficiente equipo instalado.
Potencia instalada > CARGA
- Calidad del servicio.
Mantener mínimo de interrupciones
Nivel adecuado del voltaje (+/-5%) y frecuencia (+/-2%)
- Racional despacho de carga.
Disponer suficiente recurso humano y materiales que permitan distribuir de forma económica las cargas, considerando recursos, rendimientos, tarifas.



OPERACIÓN ANORMAL DE UN SEP

Un SEP puede operar en forma anormal o no económica:

- Fallas en sus componentes
- Errores de operación.
- Fallas en el sistema de control manual o automático.
- Agentes atmosféricos: tormentas, sismos, incendios.



CONCEPTOS BÁSICOS Y FILOSOFÍA DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES.

ESTADÍSTICAS DE FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS.

PARTE DEL SISTEMA	% DEL TOTAL DE FALLAS
Líneas aéreas	50
Cables subterráneos	10
Interruptores	15
Transformadores de potencia	12
Transformadores de potencial y corriente	2
Equipo de control	3
Equipos varios en las subestaciones.	8
TOTAL	100

ANORMALIDADES EN UN SEP.

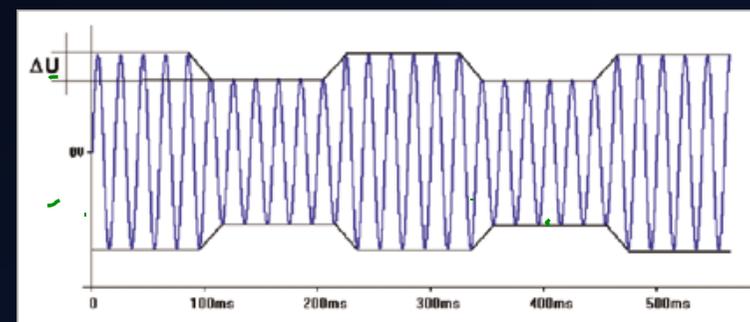
1. FALLAS (CORTOCIRCUITO):

- Es una condición que impide continuar la operación de uno o más componentes del sistema.
- Requieren rápida acción del sistema de protección para no dañar los equipos.



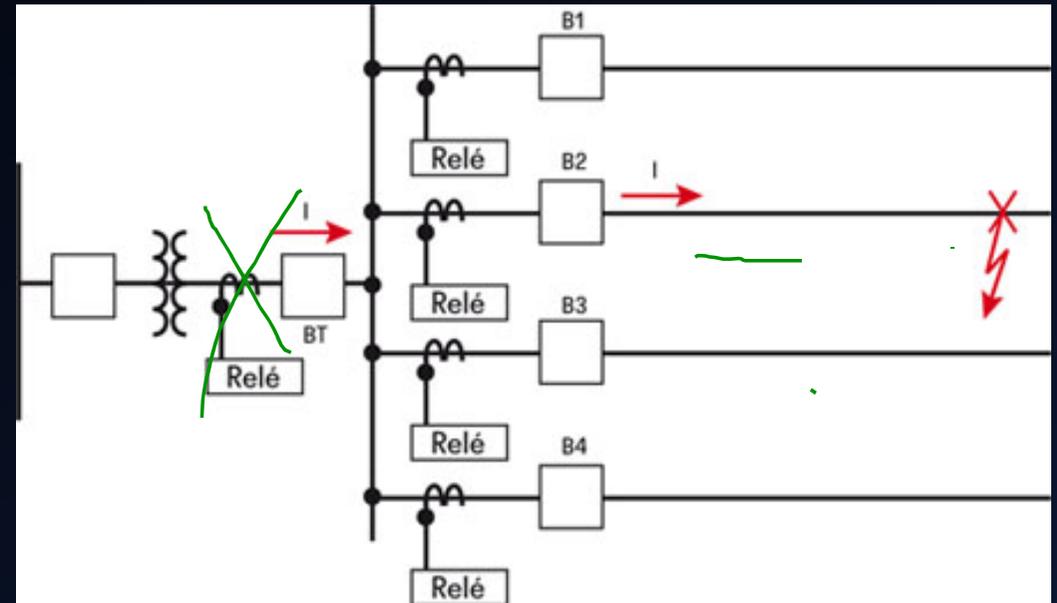
2. PERTURBACIÓN (SOBRETENSIÓN-SOBRECARGA):

- Es una condición que permite continuar con la operación de uno o más componentes del sistema eléctrico.
- Puede dañar ciertos equipos si se prolonga por demasiado tiempo.

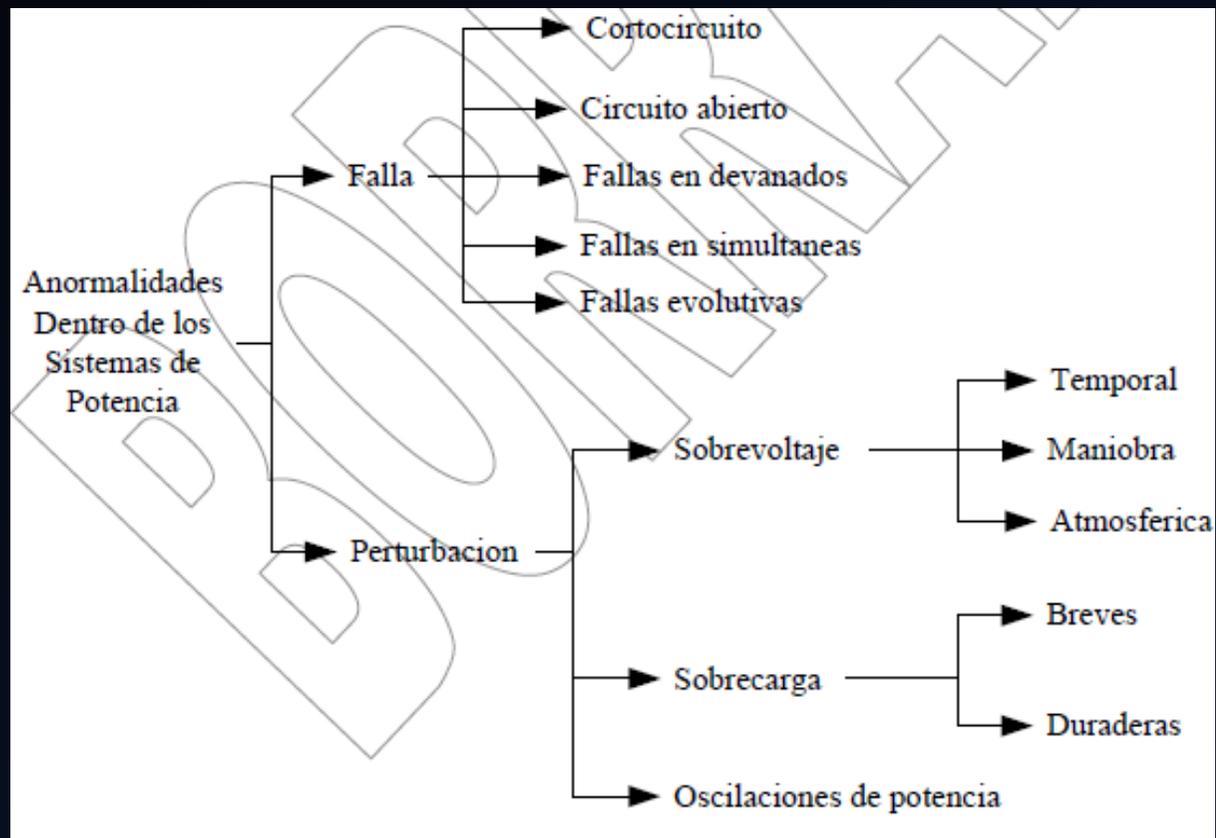


ANORMALIDADES EN UN SEP.

- Todas las anomalías deben ser detectadas y discriminadas por el sistema de protecciones.
- Una vez identificado el equipo en falla, se lo debe aislar del sistema.



ANORMALIDADES EN UN SEP.



ANORMALIDADES EN UN SEP. CORTOCIRCUITOS

- Un corto circuito es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla.
- Es el establecimiento de un flujo de corriente eléctrica muy alta, debido a una conexión por un circuito de baja impedancia, que prácticamente siempre ocurren por accidente.
- La magnitud de la corriente de corto circuito es mucho mayor que la corriente nominal o de carga que circula por el mismo.
- Aún en las instalaciones con las protecciones más sofisticadas se producen fallas por corto circuito.
- Puede presentarse por:
 - Por contacto directo entre dos líneas. (CC metálico)
 - Por deterioro o ruptura del aislamiento.

ANORMALIDADES EN UN SEP. CORTOCIRCUITOS

CONSECUENCIAS ELÉCTRICAS:

- Origina sobrecorrientes y caídas de tensión.
- La elevada corriente origina:
 - Calor del arco producido funde los conductores.
 - Carbonizar el aislamiento.
 - Originar un incendio
 - Concentra su efecto en los puntos más débiles: uniones de líneas, contactos.

EFFECTOS ELECTRODINÁMICOS

- Puede producir deformaciones en arrollamientos de transformadores.
- Deformaciones de barras y cables de poder.

SOBRETENSIONES EN LÍNEAS DE COMUNICACIONES

LA DISMINUCIÓN DE VOLTAJE

Causa disminución de la capacidad de transferencia de potencia.

Perturba el suministro eléctrico, causa daños en instalaciones de BT



ANORMALIDADES EN UN SEP. CORTOCIRCUITOS

CONSECUENCIAS ELÉCTRICAS:

- Origina sobrecorrientes y caídas de tensión.

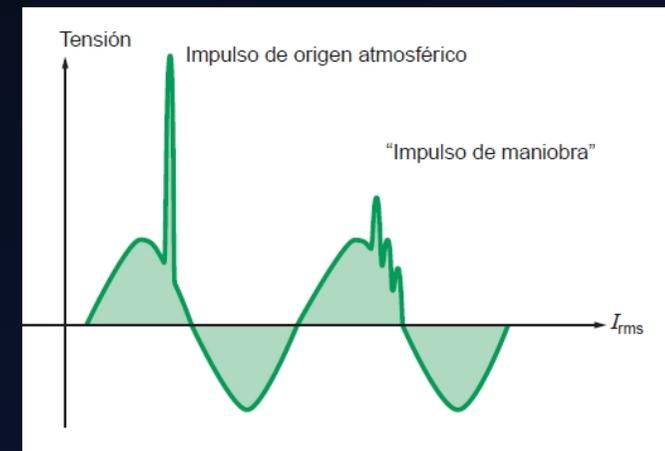
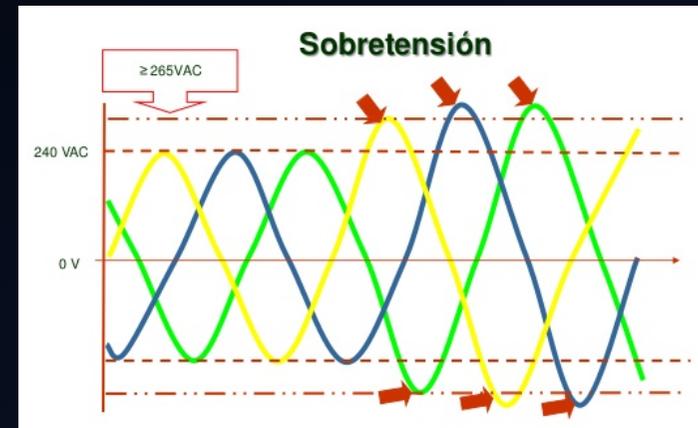
La elevada corriente origina:

- Calor del arco producido funde los conductores.
- Carbonizar el aislamiento.
- Originar un incendio
- Concentra su efecto en los puntos más débiles: uniones de líneas, contactos.

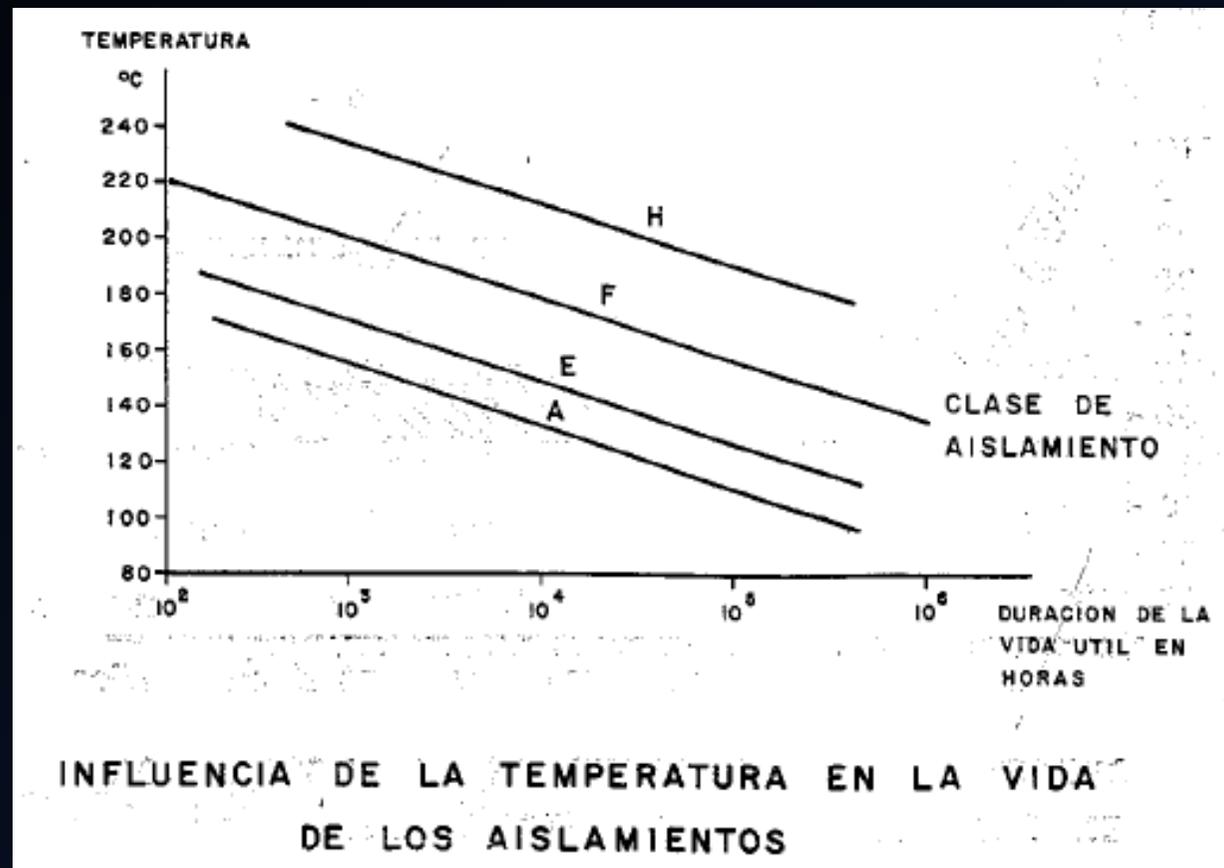


ANORMALIDADES EN UN SEP. SOBRETENSIONES

- Someten a los aislantes a esfuerzos que los envejecen y pueden llegar a destruirlos.
- En caso de larga duración puede averiar generadores y transformadores y equipos de usuarios.
- En caso de falla de aislante puede llevar al CC.
- El daño es directamente proporcional a la amplitud de la sobretensión y a la velocidad con la que se establece.
- Sobretensiones de 2 - 5 Vn y muy corta duración (algunos microsegundos) pueden perforar el aislante, por su repentina aparición. Aquí aparece la necesidad de realizar las pruebas de impulso a un equipo.

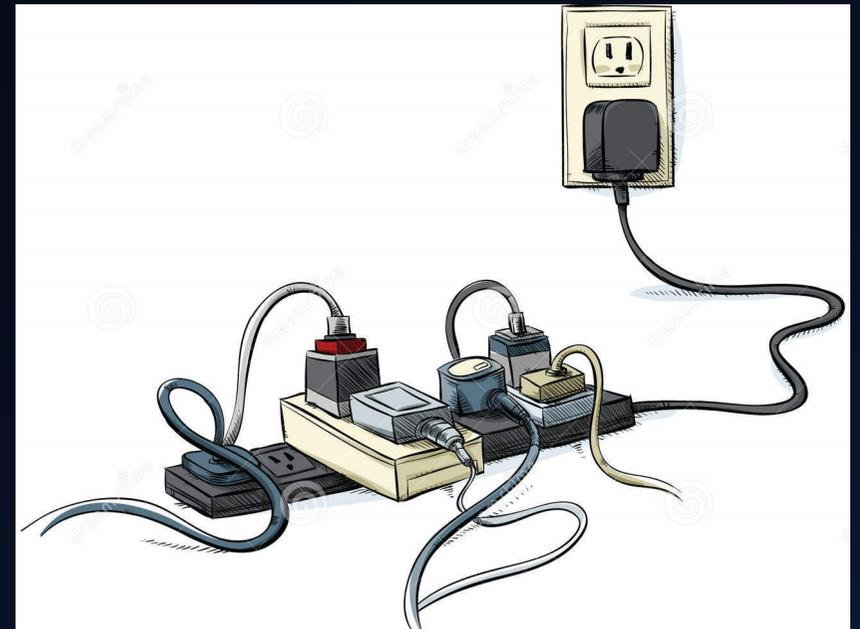


ANORMALIDADES EN UN SEP. SOBRETENSIONES



ANORMALIDADES EN UN SEP. SOBRECARGAS

- Ocurre cuando una línea o equipo cuando su corriente es superior a la nominal.
- Los conductores se calientan y si continúa la misma situación, el material aislante se derretirá y quemará.
- Son prolongadas o breves según el caso.



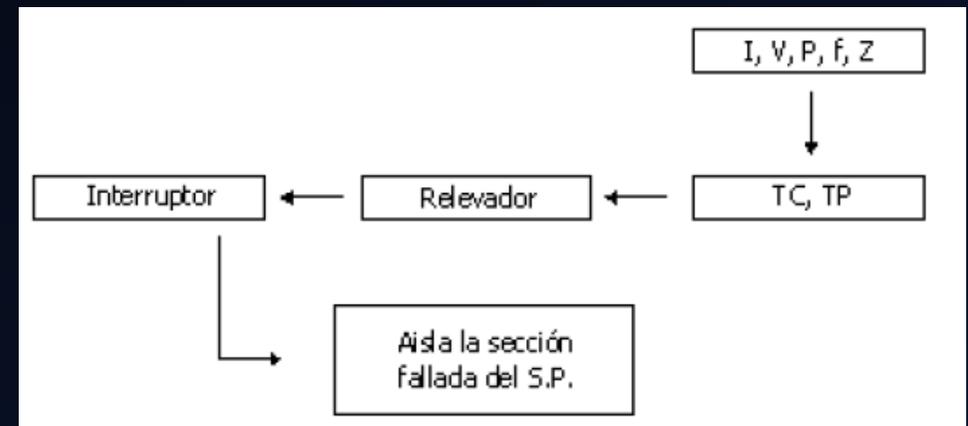
COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PROTECCIONES

Se llama sistema de protección al conjunto de elementos y a sus circuitos de control asociados, que se encuentran interconectados entre sí, y cuya función es proteger un equipo o un conjunto de equipos, que son parte de un sistema eléctrico de potencia.

Una protección puede ser tan simple como un fusible o tan compleja como un esquema que hace uso de ondas portadoras para transmitir la información de una subestación a otra.

Componentes de un sistema de protecciones:

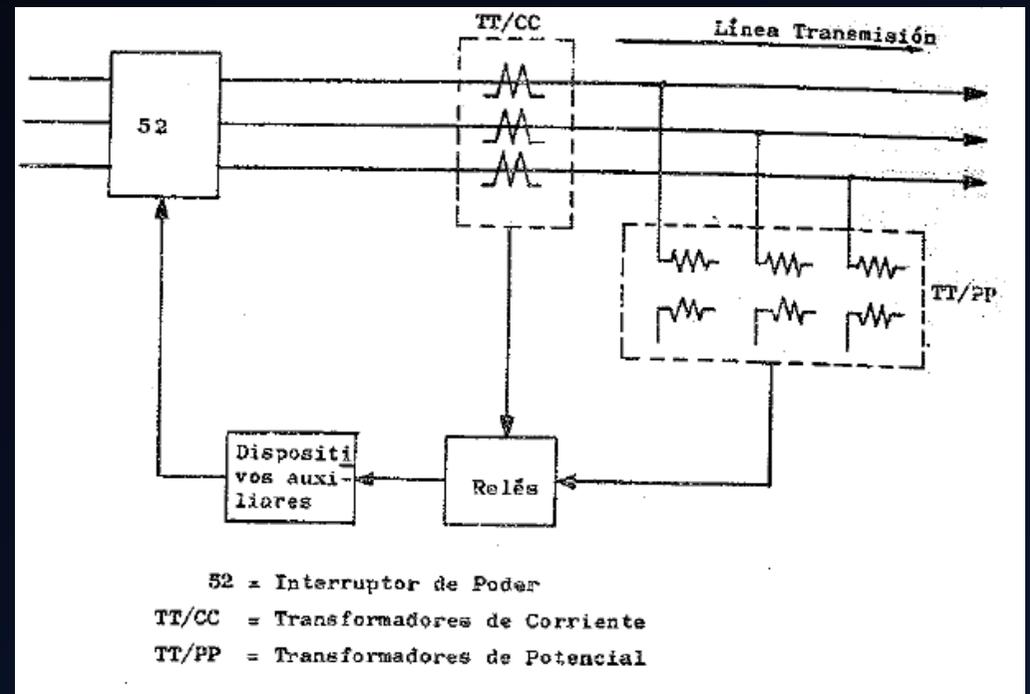
- Transformadores de medida
- Relevadores
- Interruptores de poder
- Circuitos de control (auxiliares)



COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PROTECCIONES

Componentes de un sistema de protecciones:

- Transformadores de medida
- Relevadores
- Interruptores de poder
- Circuitos de control (auxiliares)

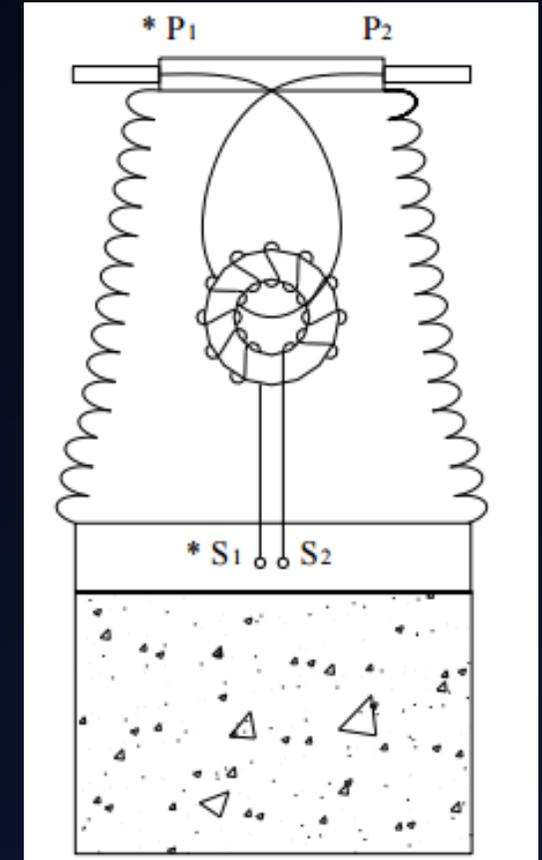


TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y DE POTENCIAL

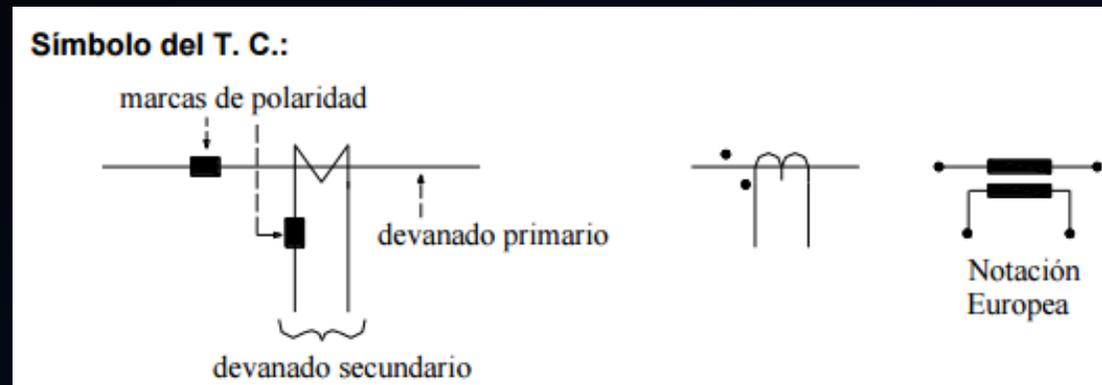
LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL SON LOS ENCARGADOS DE ALIMENTAR A LOS RELEVADORES, POR LO QUE ES IMPORTANTE ANALIZAR SU FUNCIONAMIENTO.

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

- Función:
 - Reducir la magnitud de la corriente en función de su relación de transformación sin alterar la frecuencia, la forma de onda ni el ángulo de fase.
 - Aislar la alta tensión para medida, permite alimentar a los relevadores en baja tensión y con baja corriente.
- El aislamiento depende de la tensión
- Los bornes P1 P2 para el devanado primario, y como S1 S2 para el devanado secundario.



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

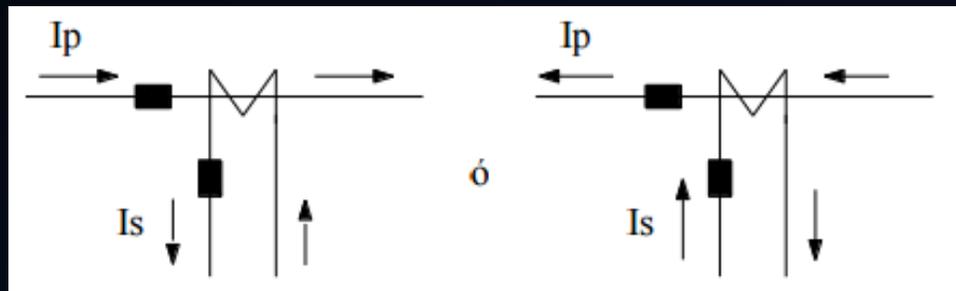


El devanado primario se representa por medio de una línea recta, el devanado secundario se representa de forma parecida a una “M”.

Marcas de polaridad: indican los sentidos relativos de las corrientes primaria y secundaria durante un medio ciclo.

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

Interpretación de las marcas de polaridad:



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

Relación de transformación (KTC):

- La corriente secundaria normalizada: 5 A (1 A en la norma Europea).

$$k_{TC} = \frac{I_{NP}}{I_{NS}}$$

donde:

kTC = Relación de transformación TC

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

RELACIONES DE TRANSFORMACIÓN NORMALIZADAS PARA T. C

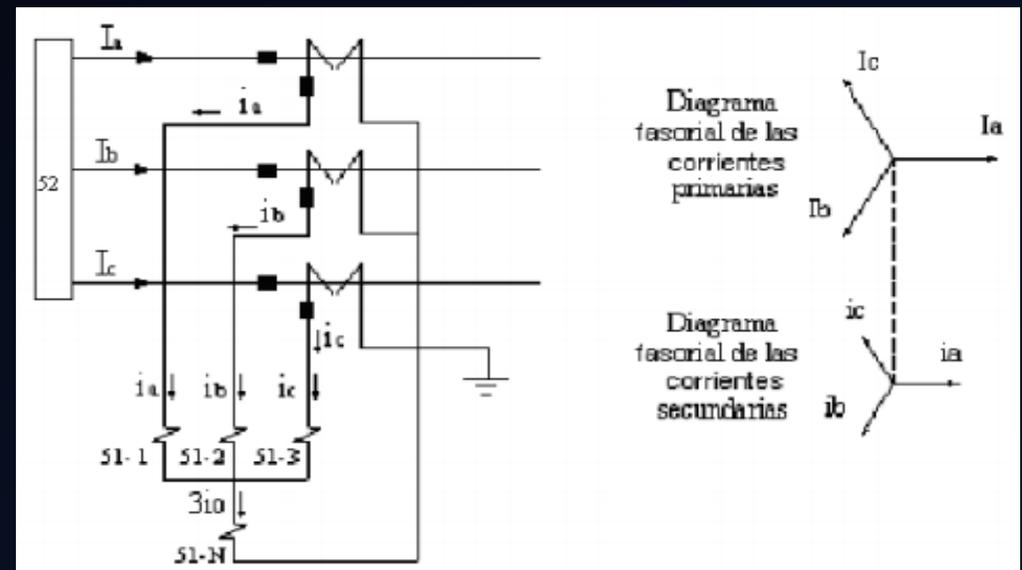
RELACIONES DE TRANSFORMACIÓN		
5:5	150: 5	1500: 5
10: 5	200: 5	1600: 5
15: 5	250: 5	2000: 5
20: 5	300: 5	3000: 5
25: 5	400: 5	4000: 5
30: 5	500: 5	5000: 5
40: 5	600: 5	6000: 5
50: 5	800: 5	8000: 5
75: 5	1000: 5	12000: 5
100: 5	1200: 5	

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

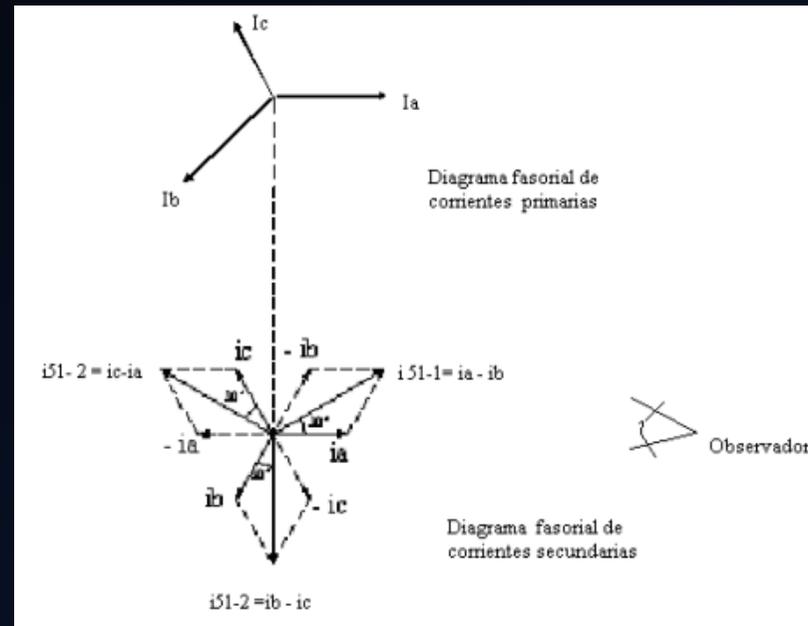
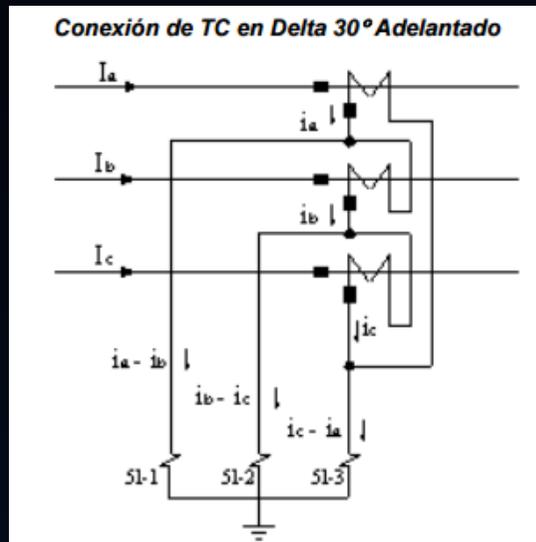
En los sistemas de potencia trifásicos se conectan los primarios de los TC en serie con el circuito de AT y los devanados secundarios se conectan generalmente en estrella (Y) para poder suministrar a los relevadores las corrientes de fase i_a , i_b , i_c y $3i_0$.

En algunos casos es necesario conectarles en delta (Δ) como en el caso de protecciones diferenciales de transformador, si el devanado del transformador de potencia esta en Δ los TC se conectan en Y y si el devanado del transformador está conectado en Y los TC se conectan en Δ con el fin de compensar el desfase angular



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

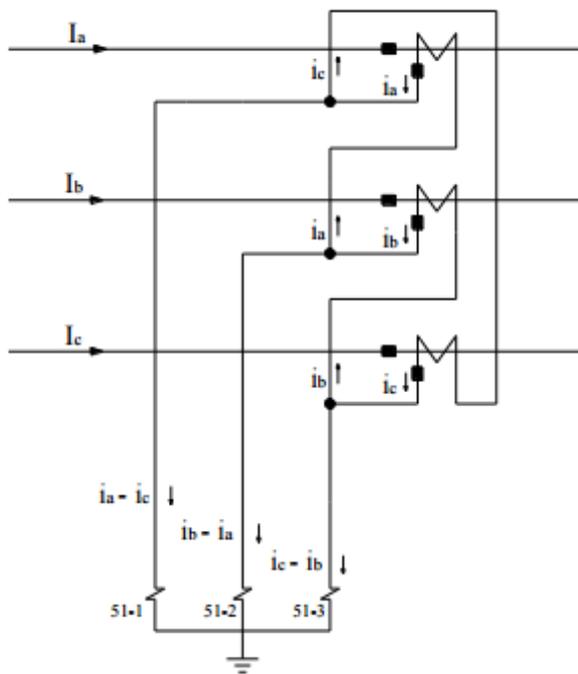
CONEXIONES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

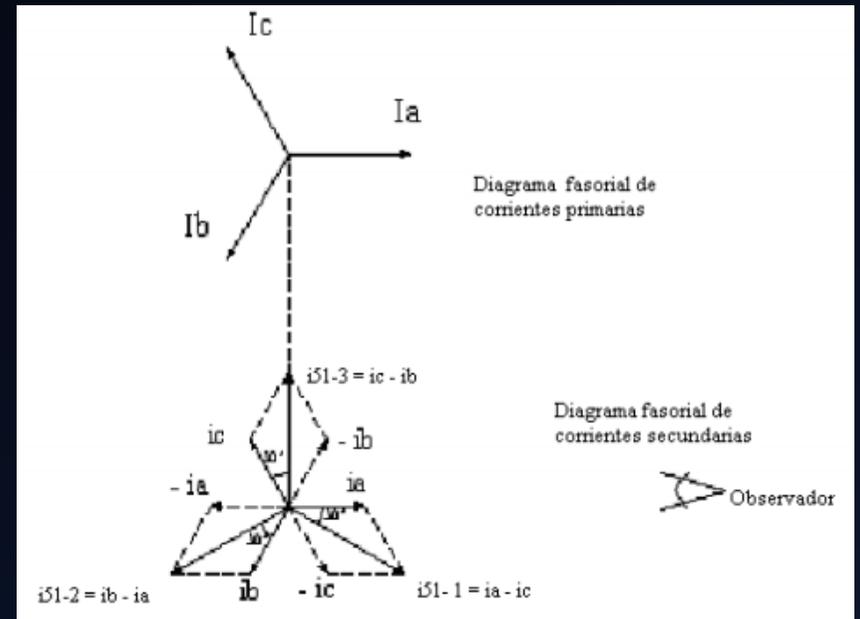
Conexión de TC en Delta 30° Atrasado



$$I_{S1-1} = \sqrt{3} k \angle -30^\circ$$

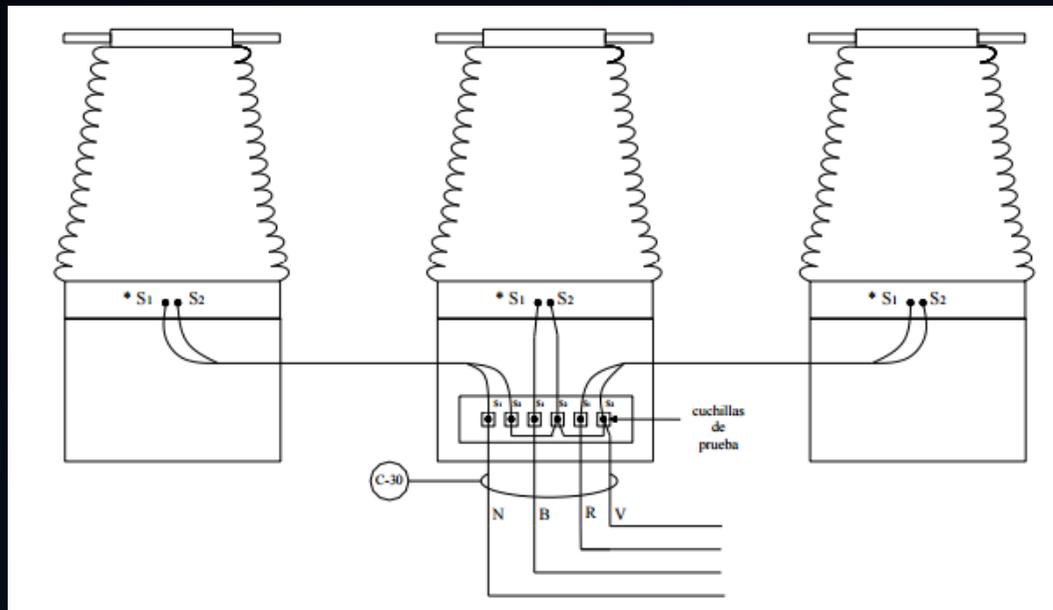
$$I_{S1-2} = \sqrt{3} k \angle -150^\circ$$

$$I_{S1-3} = \sqrt{3} k \angle 90^\circ$$



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC / TI)

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



TRANSFORMADOR DE POTENCIAL(TP/TT)

- **RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN:**

- Está en función del tensión nominal primario y el tensión nominal secundario, este último es normalmente de $120/\sqrt{3}$ V para protección y $200/\sqrt{3}$ V para medición.

- Relación de transformación:

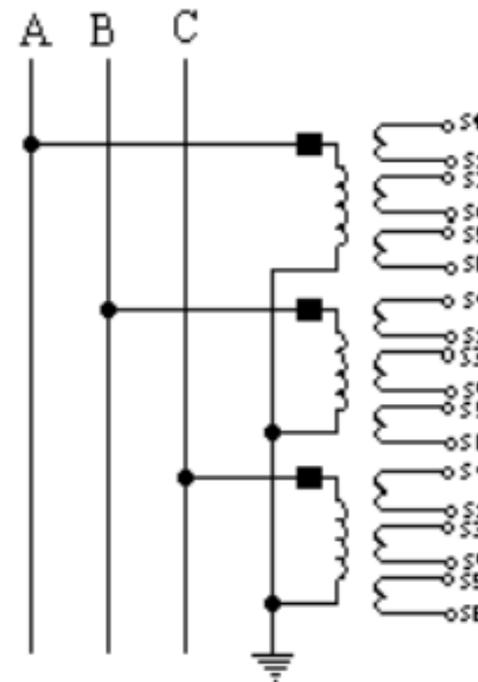
$$K_{TP} = \frac{V_{NP}}{V_{NS}}$$

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL(TP/TT)

CONEXIÓN EN ESTRELLA DE T. P.

- El devanado primario se conecta en estrella para poder tener tensión de fase a neutro y de esta manera en el secundario se puedan reflejar la tensión de secuencia cero.

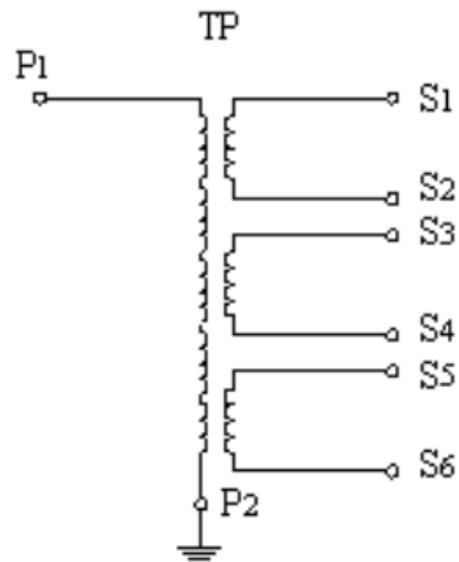
Conexión de TP en un sistema trifásico



TRANSFORMADOR DE POTENCIAL(TP/TT)

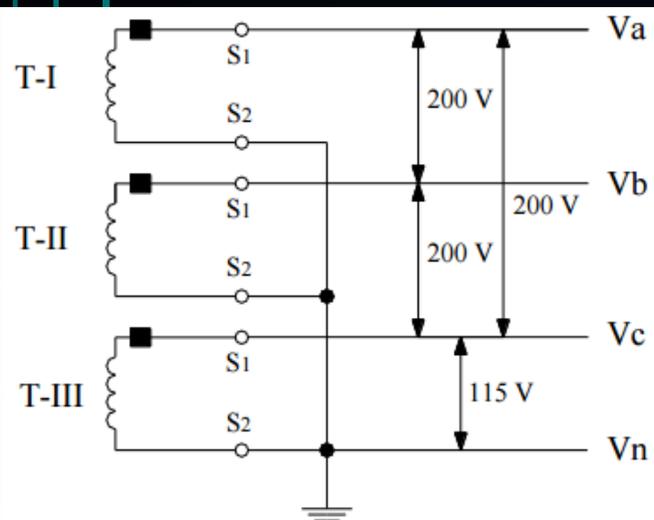
Cada TP tiene 3 devanados secundarios:

- 1°.- Para protección
- 2°.- Para medición
- 3°.- Para protección de fallas a tierra con 3Vo.



TRANSFORMADOR DE POTENCIAL(TP/TT)

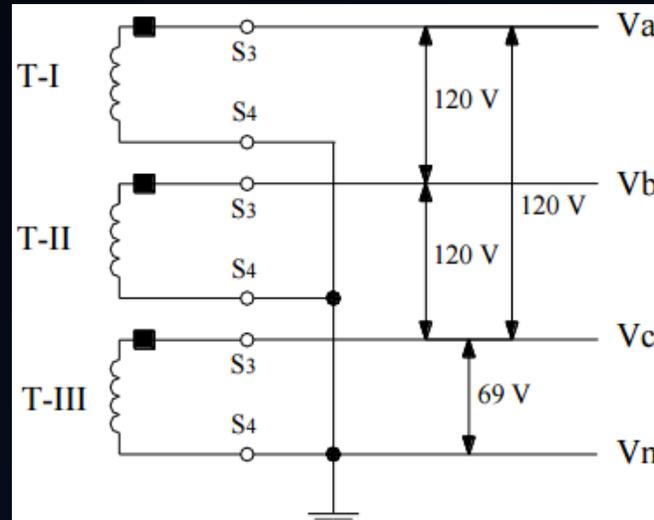
Conexión de los devanados secundarios:



Primer secundario:

Secundario en estrella para polarizar las bobinas de potencial de los instrumentos de medición.

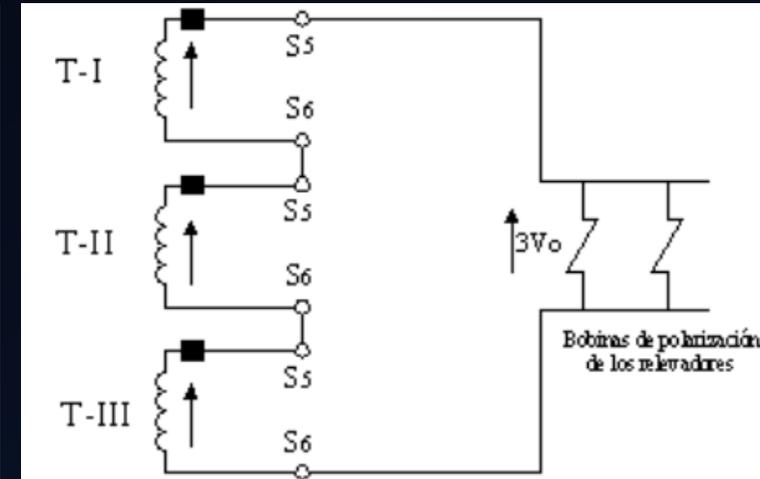
$$V_s = 200 / \sqrt{3} \text{ Volts}$$



Segundo secundario:

Secundario en estrella para polarizar las bobinas de potencial de los relevadores de protección.

$$V_s = 120 / \sqrt{3} \text{ Volts}$$



Tercer secundario:

Conexión en Delta quebrada o Delta rota.

Secundario en delta quebrada para polarizar las bobinas de potencial de los relevadores que detectan fallas a tierra con $3V_o$.

DATOS TÉCNICOS DE LOS TRANSFORMADORES

CLASES DE PRECISIÓN PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	
CLASE DE PRECISIÓN	LÍMITES DE FACTOR DE CORRECCIÓN
PARA MEDICIÓN PRECISA 0.3	1.003 - 0.997
PARA MEDICIÓN ESTÁNDAR 0.6	1.00 - 0.991
PARA PROTECCIÓN 1.2	1.012 - 0.988

CLASE DE PRECISIÓN	LÍMITE DEL FACTOR DE CORRECCIÓN
0.3	1.003 - 0.997
0.6	1.006 - 0.994
1.2	1.002 - 0.988

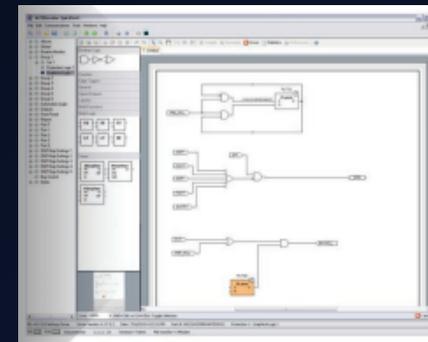
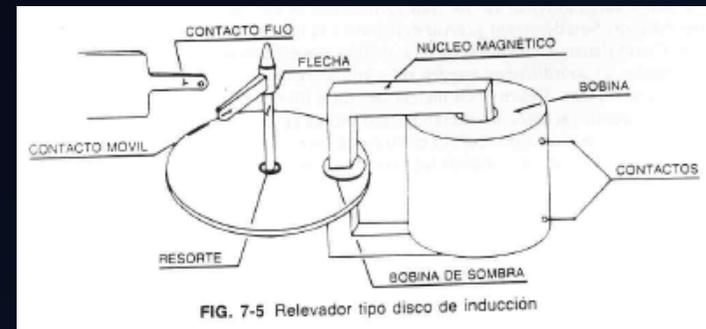
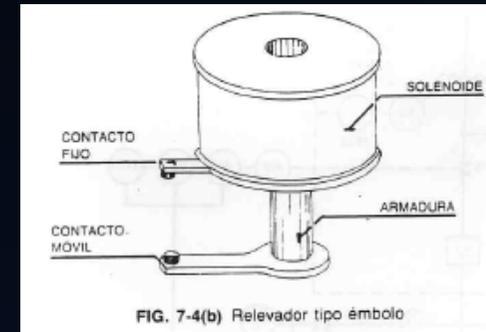
BURDEN O CARGA DEL TRANSFORMADOR

Relés De Protección

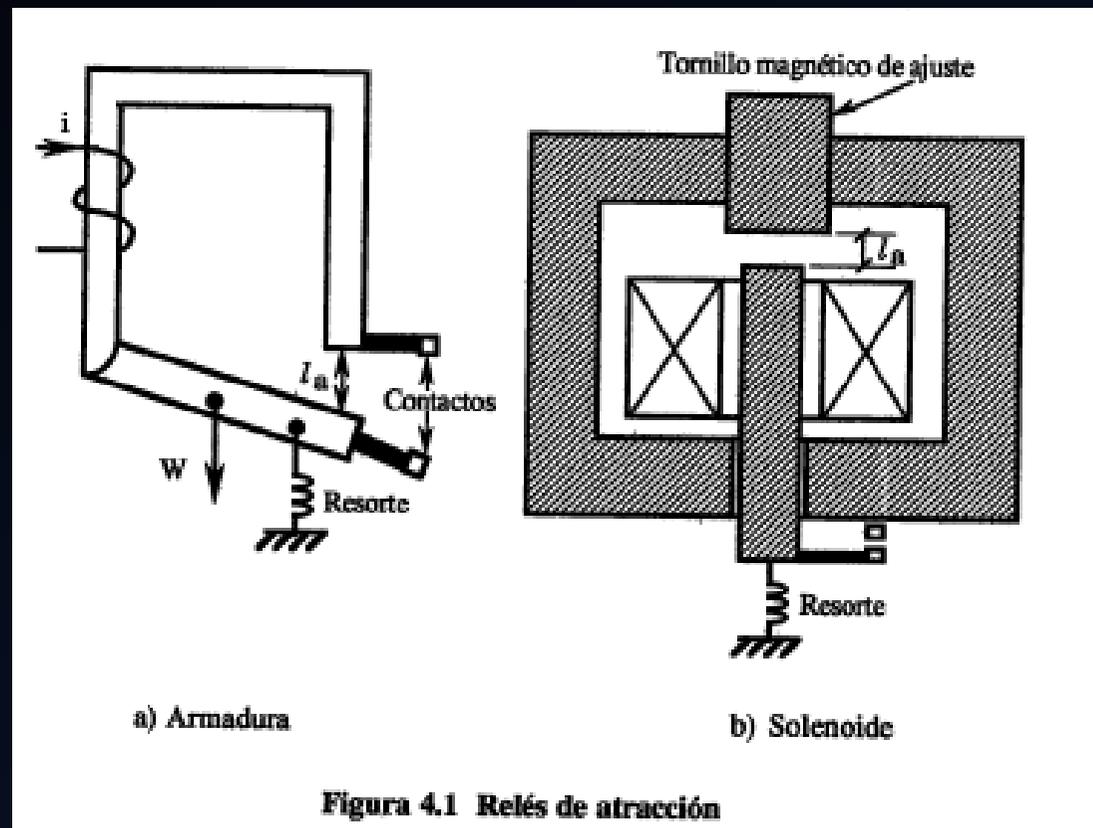
- Encargado de detectar anomalías, e iniciar la desenergización de uno o varios equipos.

COMPONENTES DE UN RELÉ DE PROTECCIÓN

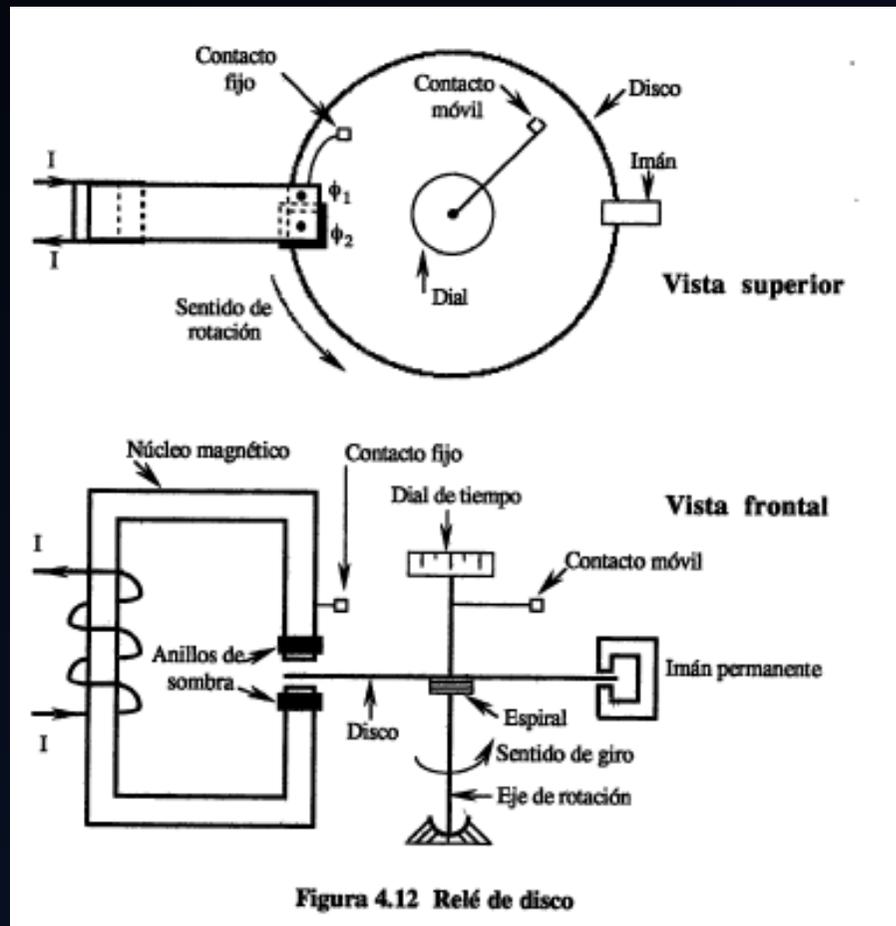
- TIPOS
- Atracción electromagnética
- Inducción electromagnética
- Electrónicos: corriente, burden, rapidez.



RELÉ DE ATRACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA



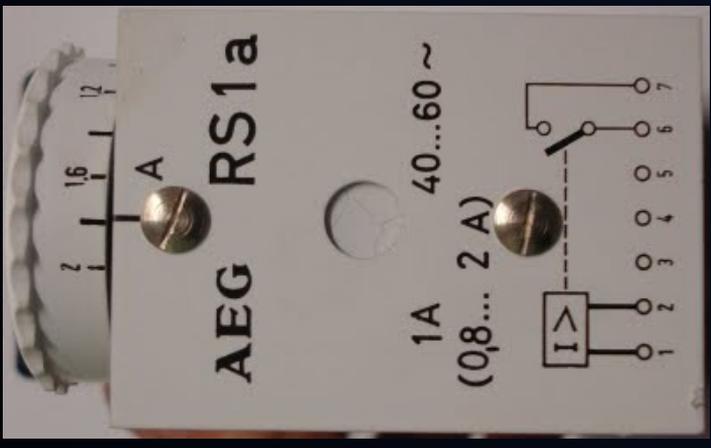
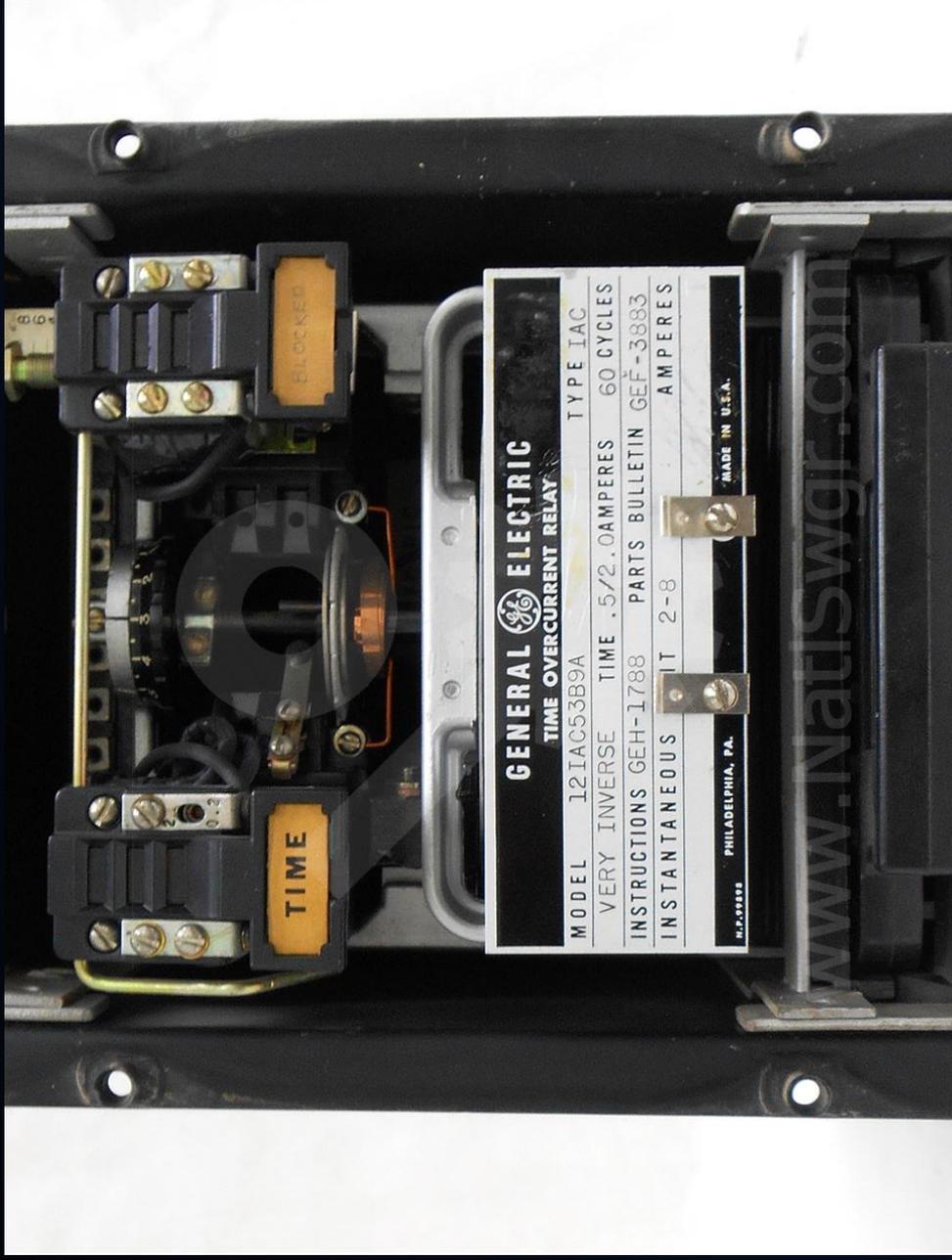
RELÉ DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA



COMPONENTES DE UN RELÉ DE PROTECCIÓN ELECTROMAGNÉTICO

- UNIDAD DE MEDIDA. (Bobina)
- ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN.
- ELEMENTOS DE AJUSTE. taps,
- TRANSFORMADORES DE MEDIDA AUXILIARES.

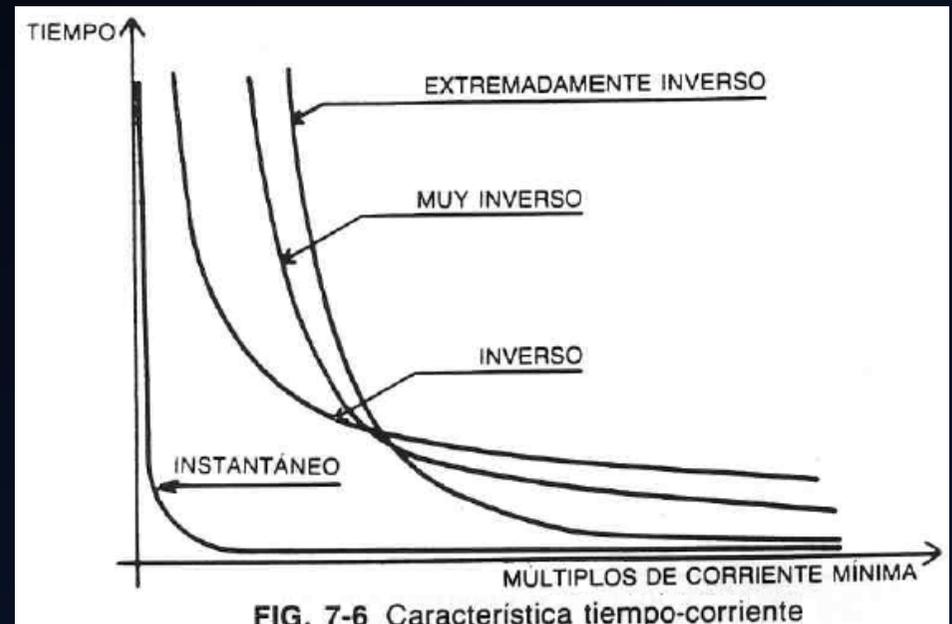




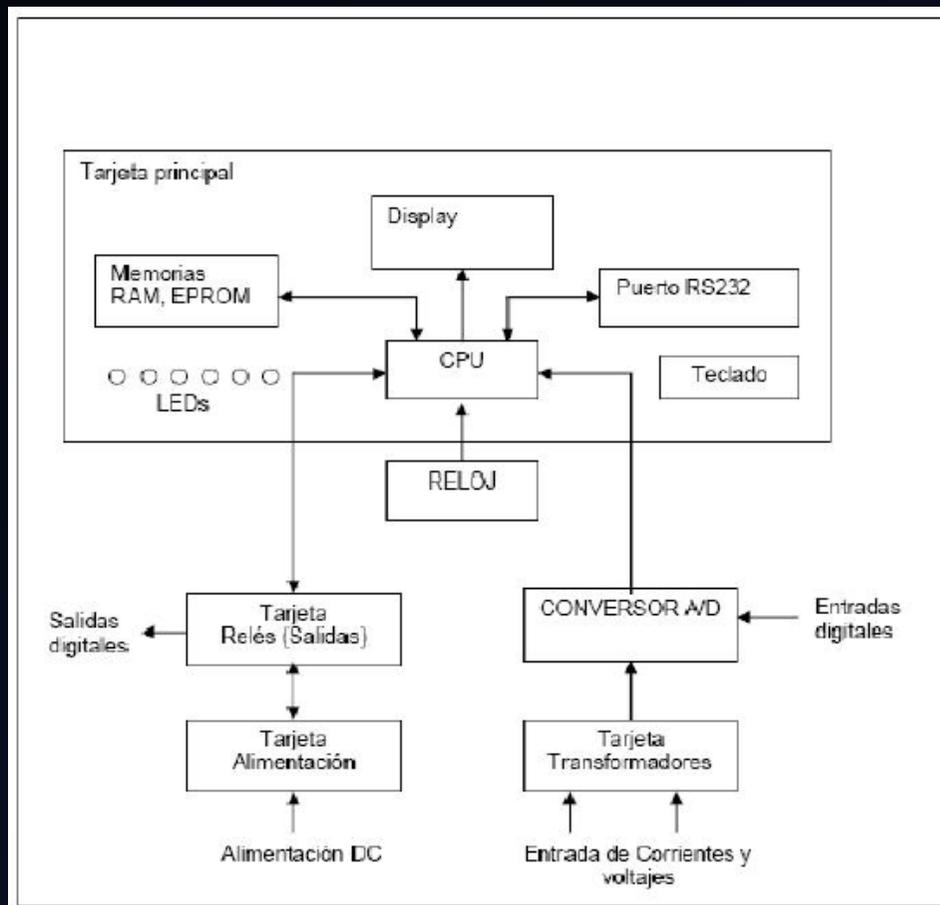
RELÉS ELECTROMECAÑICOS

TIEMPOS DE OPERACIÓN.

- Instantáneo: 0,1 Seg
- Alta velocidad: 0,05 Seg.
- **Con retraso en el tiempo.** →



PARTES DE UN RELÉ ESTADO SÓLIDO



SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA EN LOS ESQUEMAS DE PROTECCIÓN

ELEMENT	IEEE	IEC
Normally Open Contact		
Normally Closed Contact		
Form C		
Breaker		
Disconnect Switch		
Motor Operated Disconnect Switch		
Circuit Switcher		
Transformer 2 Winding		
Transformer 3 Winding		
Autotransformer		

ELEMENT	IEEE	IEC
Overhead Line		
Underground Cable		
Fault		
Current Transformer		
Voltage Transformer		
Phase Designations (typical)	A B C <i>(preferred)</i> 1 2 3	R S T
Component Designations (positive, negative, zero)	1 2 0	1 2 0
Current	I	I
Voltage	V	U