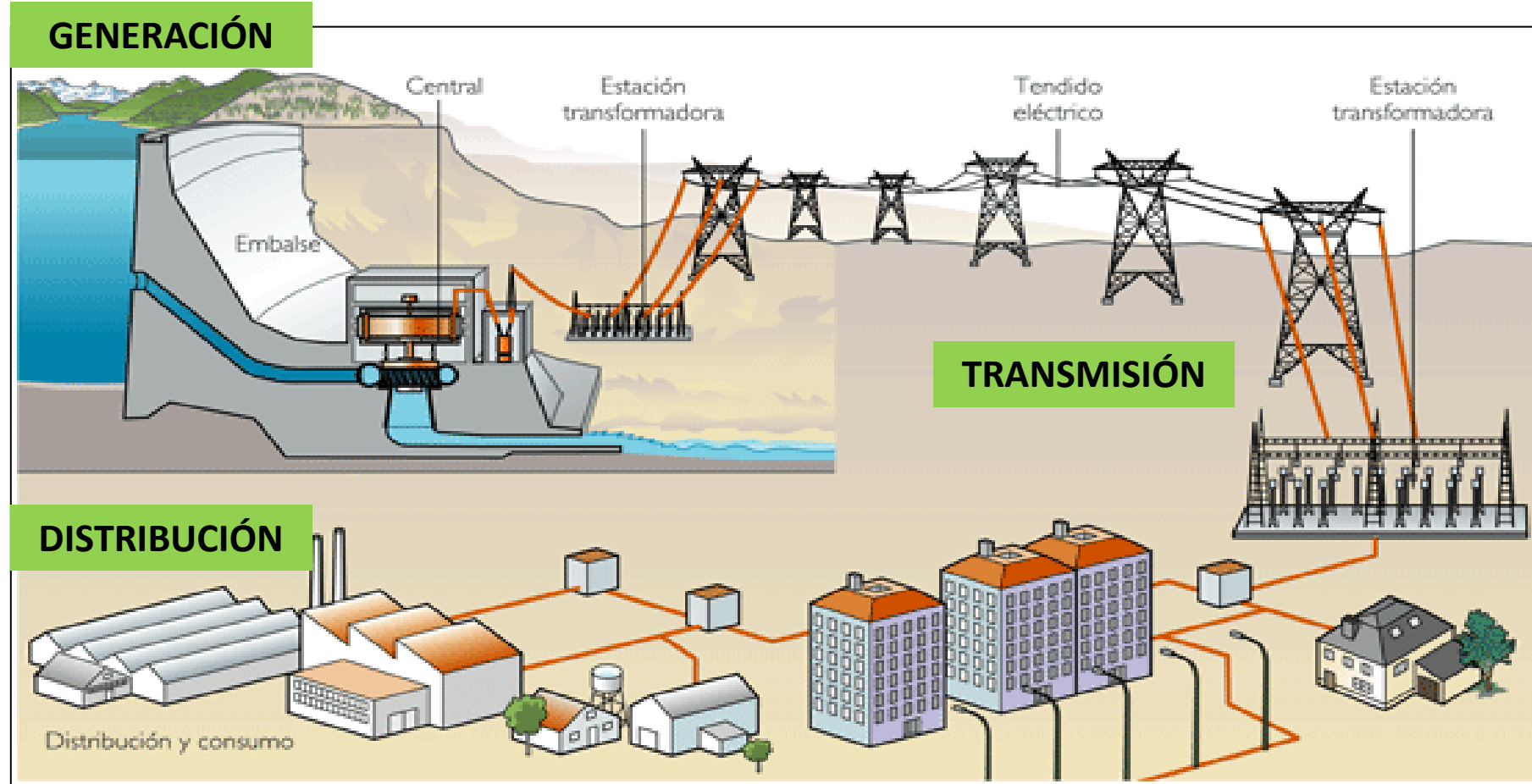




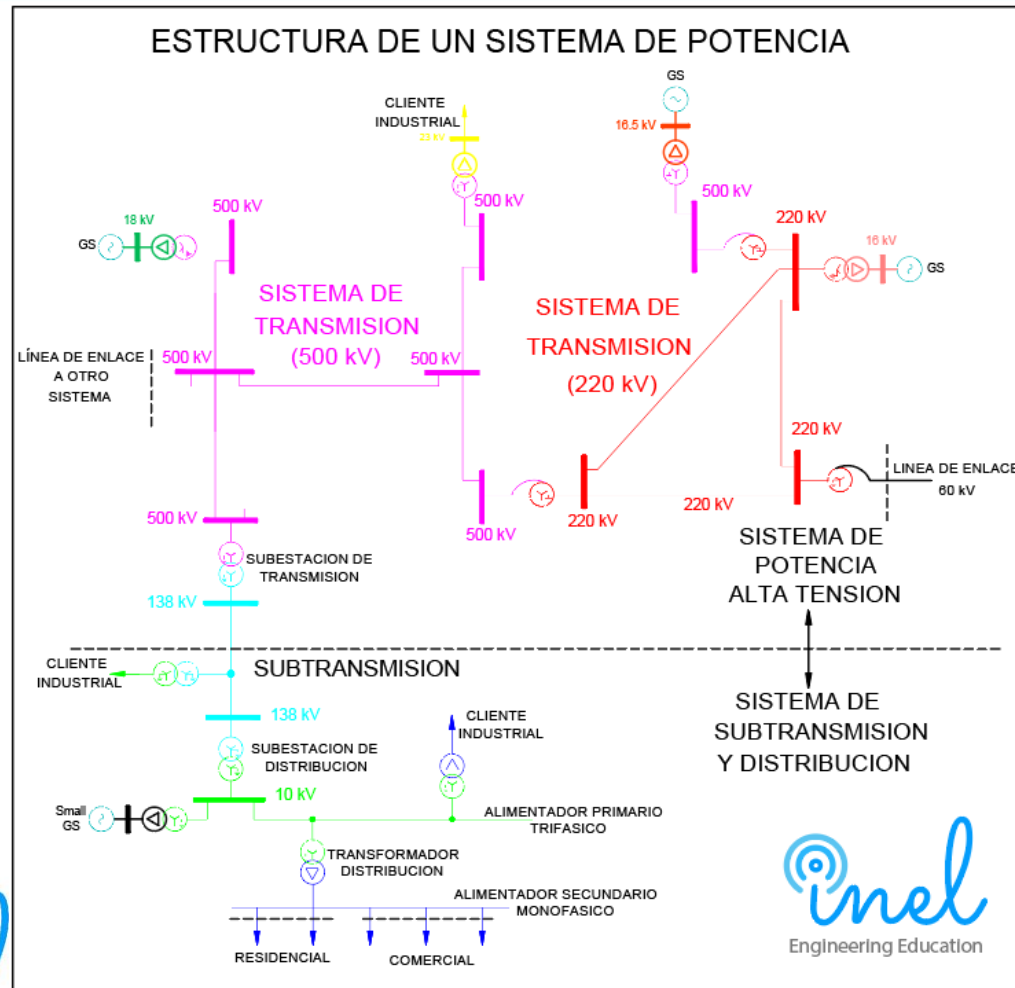
SECCIÓN 1

Introducción Sistemas de Protección

SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

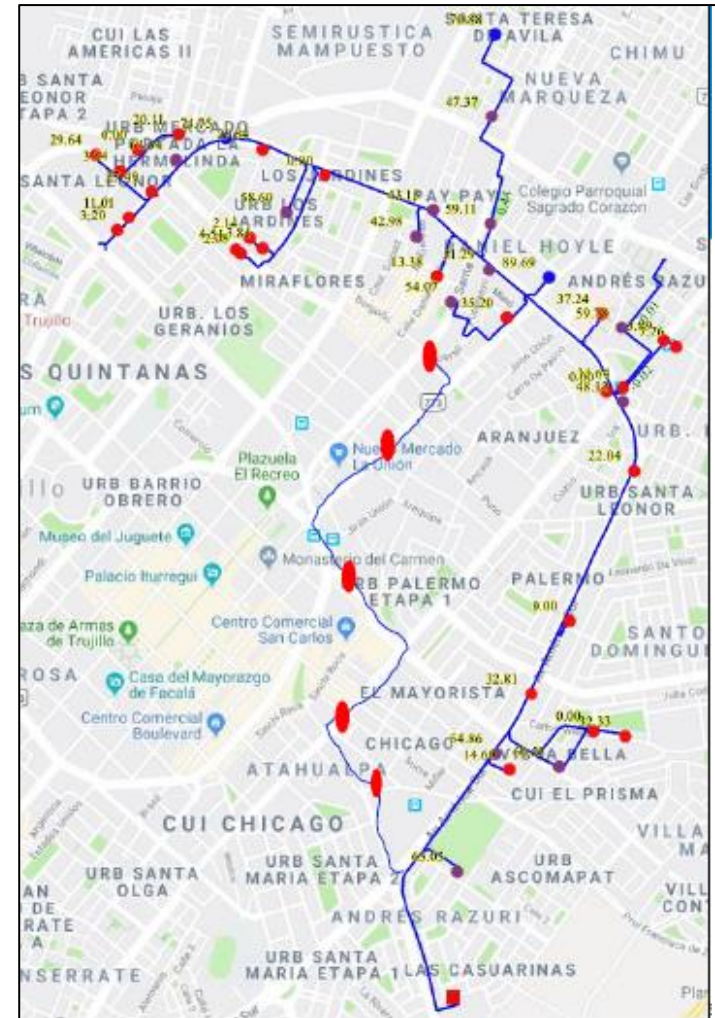


SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA



- Generación: 10 kV - 30 kV
- Transmisión: 138 kV, 220 kV, 500 kV
- Subtransmisión: 33 kV, 34.5 kV, 60 kV, 138 kV
- Distribución primaria: 10 kV, 13.2 kV, 13.8 kV, 22.9 kV.
- Distribución secundaria: 220 V, 380 V, 460 V

Sistemas Eléctricos de Distribución



GENERACIÓN DISTRIBUIDA



EVENTOS ANORMALES DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El sistema eléctrico de distribución se encuentran operando en condiciones de estado estacionario (normal); sin embargo, están sujetas a perturbaciones o fallas eléctricas producidas por diversas causas, que origina comportamiento anormal del sistema de distribución.

Las perturbaciones y fallas eléctricas son consideradas como eventos anormales de los sistemas de distribución.

Las perturbaciones o fallas originan cambios en las magnitudes y valores de corriente y tensión en el Sistema de Transmisión; las cuales produciría:

- Daño en los equipamiento en las redes de distribución.
- Daño a las personas.
- Daño de los equipamientos de los usuarios finales.

EVENTOS ANORMALES DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Las Perturbaciones:

Son condiciones que permiten continuar la operación de un sistema; sin embargo, pueden ocasionar el daño de ciertos equipos si su duración es prolongada. Las perturbaciones pueden ser causadas por:

- Sobretensiones
- Sobrecarga
- Oscilaciones de potencia.

Fallas:

Son Condiciones que impide la operación de uno o más equipos de un sistema y permite la rápida actuación de los sistemas de protección para evitar el daño de los equipos. Una falla eléctrica implica lo siguiente:

- La falta de aislamiento que se traduce en un cortocircuito.
- Caída y acercamiento de conductores.
- Falta de continuidad eléctrica que implica un circuito abierto.

FALLAS DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Las fallas eléctricas en distribución son originas principalmente por:

- Condiciones climáticas.
- Medio ambiente.
- Animales.
- Terceros.
- Mismo sistema de distribución.

FALLAS DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

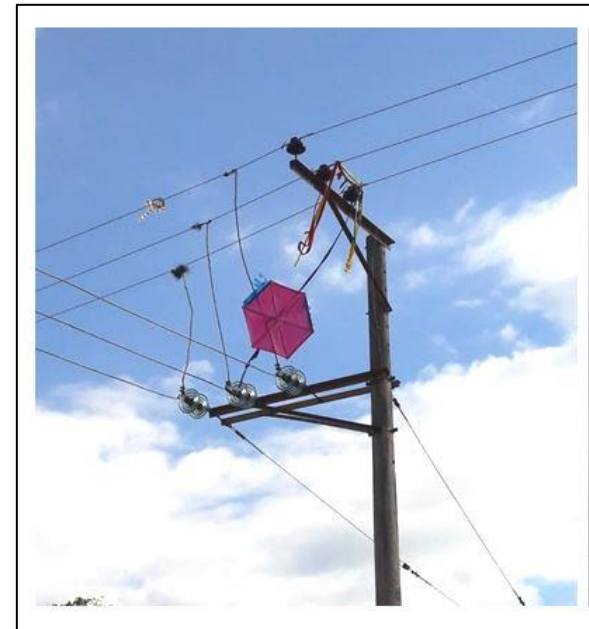
Condiciones climáticas

- Descarga atmosféricas.
- Lluvias excesivas (Ej. Fenómeno del Niño)
- Nieve.
- Granizo.
- Hielo.
- Calor



Medio ambiente.

- Caída de árboles sobre las líneas
- Corrosión en ferreterías y postes
- Incendio
- Materiales arrastrados por el viento (Ej. Cometas)
- Inundación
- Sismos



FALLAS DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Animales {

- Aves.
- Roedores.

Terceros {

- Actos de vandalismo
- Choques de vehículos sobre postes

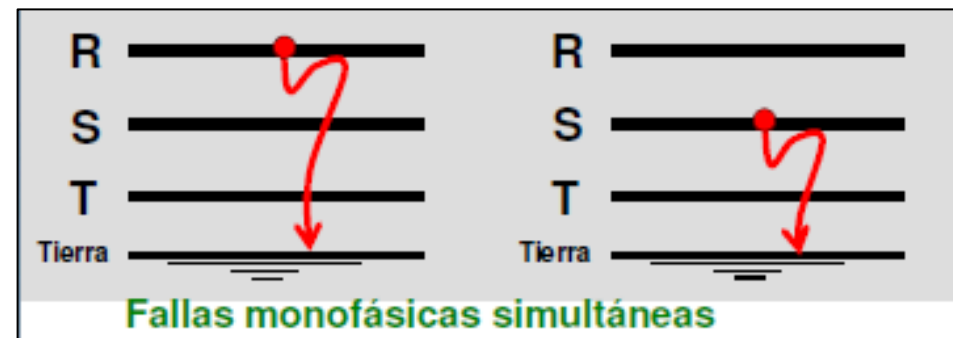
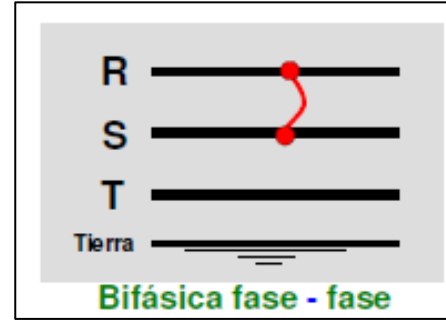
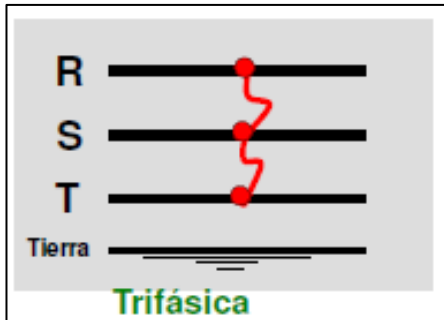
Mismo sistema de distribución {

- Error de operación
- Sobrecargas
- Sistema con desbalance de carga
- Equipo con diseño inadecuado
- Envejecimiento del Aislamiento



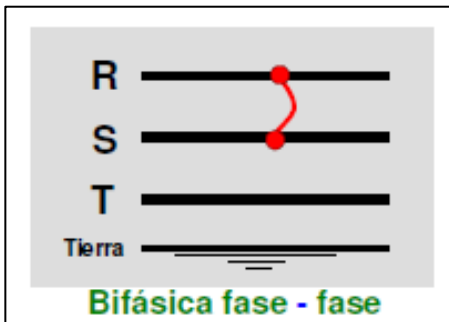
FALLAS DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

TIPOS DE FALLAS



FALLAS DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

TIPOS DE FALLAS



<https://www.youtube.com/watch?v=sY8vW1dNU4s>

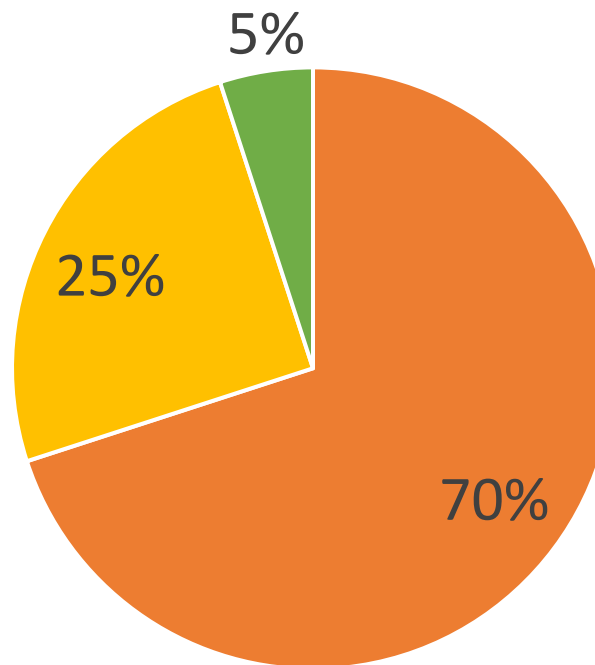


<https://www.youtube.com/watch?v=kQ0h7MzoSW8>

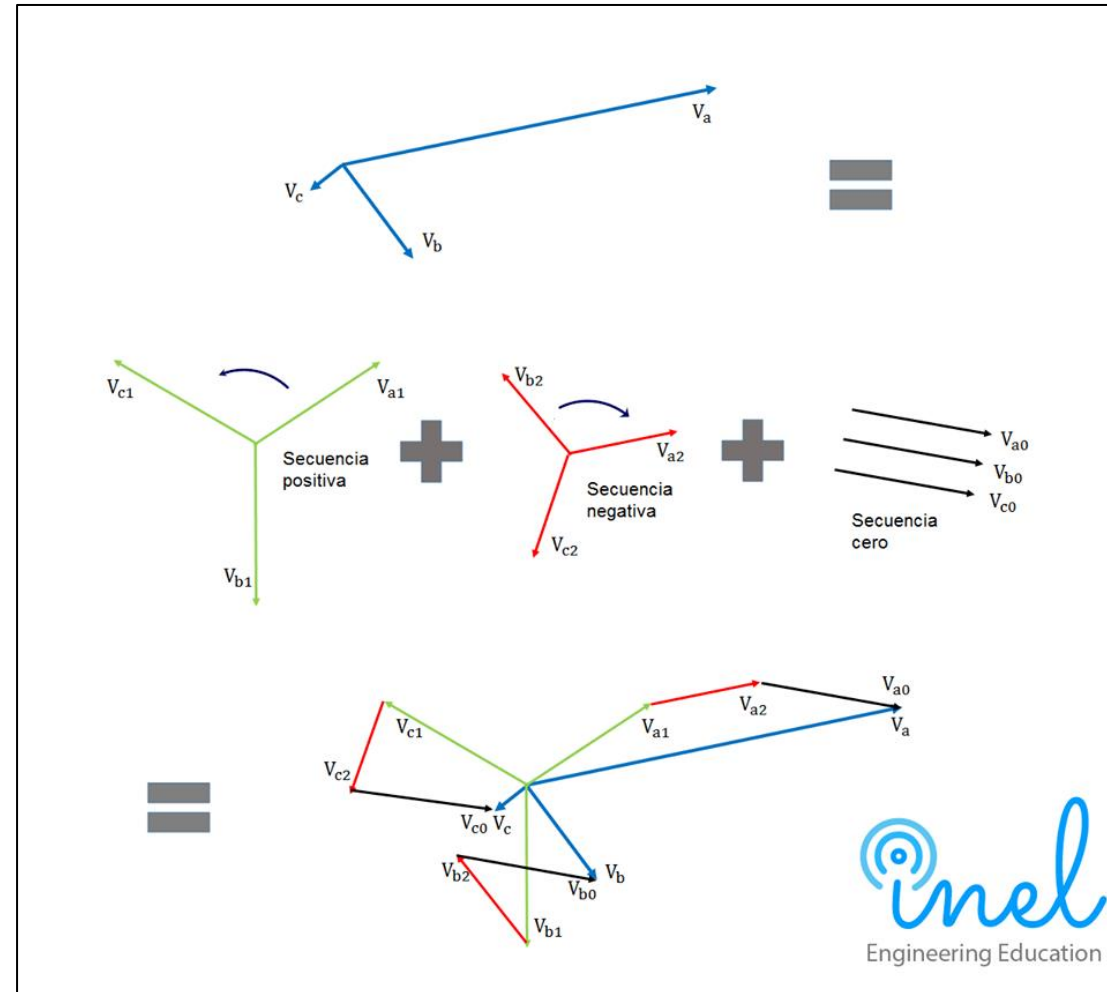
FALLAS DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Frecuencia de Fallas

■ Falla Monofásica ■ Falla Bifásica a Tierra ■ Falla Trifásica



COMPONENTES SIMÉTRICAS



¿QUÉ PROTEGEMOS?



OBJETIVOS DE LA PROTECCIÓN

1. Aislar las fallas tan pronto sea posible para evitar:
 - ✓ Posible explosión y daño de los equipos de distribución.
 - ✓ Disminución de la vida útil de los equipos de distribución.
 - ✓ Evitar mayores daños en los equipos involucrados en la operación.
2. Alertar sobre las condiciones anormales de los sistemas de distribución.
3. Alertar sobre el estado inapropiado del equipo: por envejecimiento, por mala operación, sobrecarga.

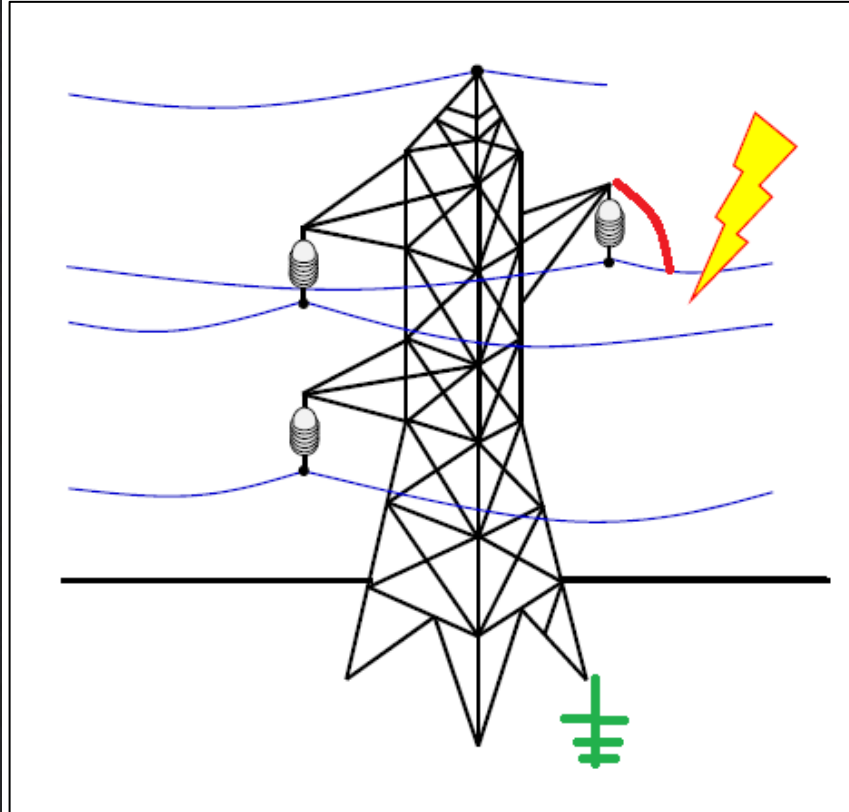
NECESIDAD DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN EN DISTRIBUCIÓN

- ✓ Prevenir daños importantes en los equipos del Sistema de Distribución.
- ✓ Reducir los cortes de energía a los usuarios al mínimo posible.
- ✓ Proteger a las personas.
- ✓ Minimizar los daños a los equipamientos del Sistema de Distribución.
- ✓ Protección ante sobrecargas de los Equipos.
- ✓ Aislar la zona de falla.
- ✓ Incrementar la estabilidad del sistema.

NECESIDAD DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN EN DISTRIBUCIÓN



FLASH OVER



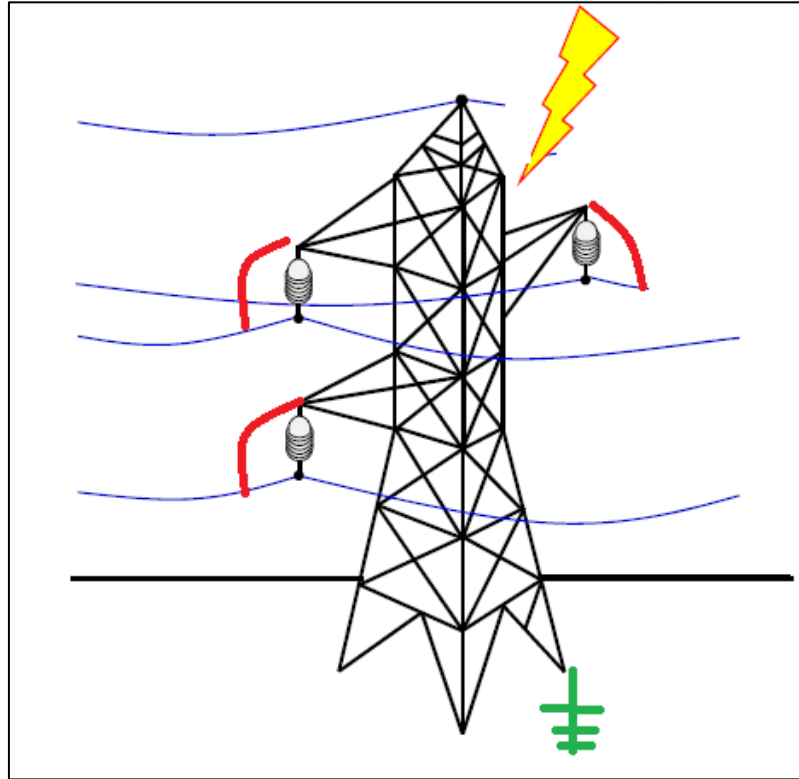
- La descarga se produce del conductor hacia la torre.
- Produce fallas monofásicas

https://www.researchgate.net/publication/224226487_380_kV_Corona_Ring_Optimization_for_ac_Voltages/figures

BACK FLASHOVER



https://dbnst.nii.ac.jp/view_image/4488/9277?height=873&width=728



- La descarga se produce de la torre hacia el conductor.
- Produce fallas simultaneas, bifásicas y trifásicas.
- La descarga del rayo se realiza en la torre o en el cable de guarda.
- Depende del valor de la puesta a tierra.

PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS PROTECCIÓN

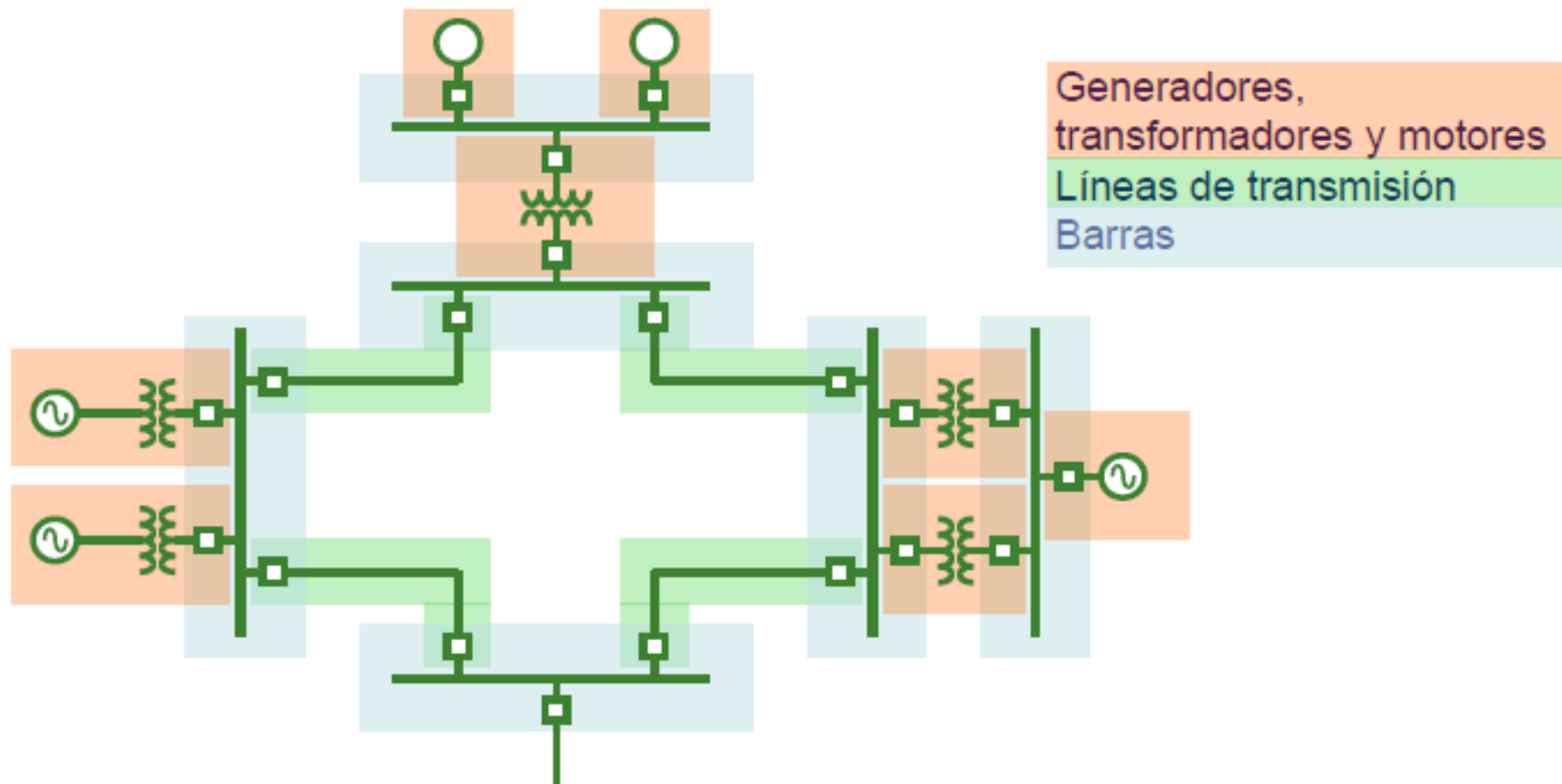
1. Fiabilidad:

- Confiabilidad:
 - ✓ Certeza de la operación correcta y oportuna de la protección ante la ocurrencia de una falla.
 - ✓ La protección debe operar aún después de años de inactividad.
 - ✓ Se mejora la confiabilidad con la implementación de equipos de protección de respaldo.
- Seguridad:
 - ✓ La protección no debe operar cuando no sea requerida.
 - ✓ Habilidad de prevenir una incorrecta operación ante fallas.

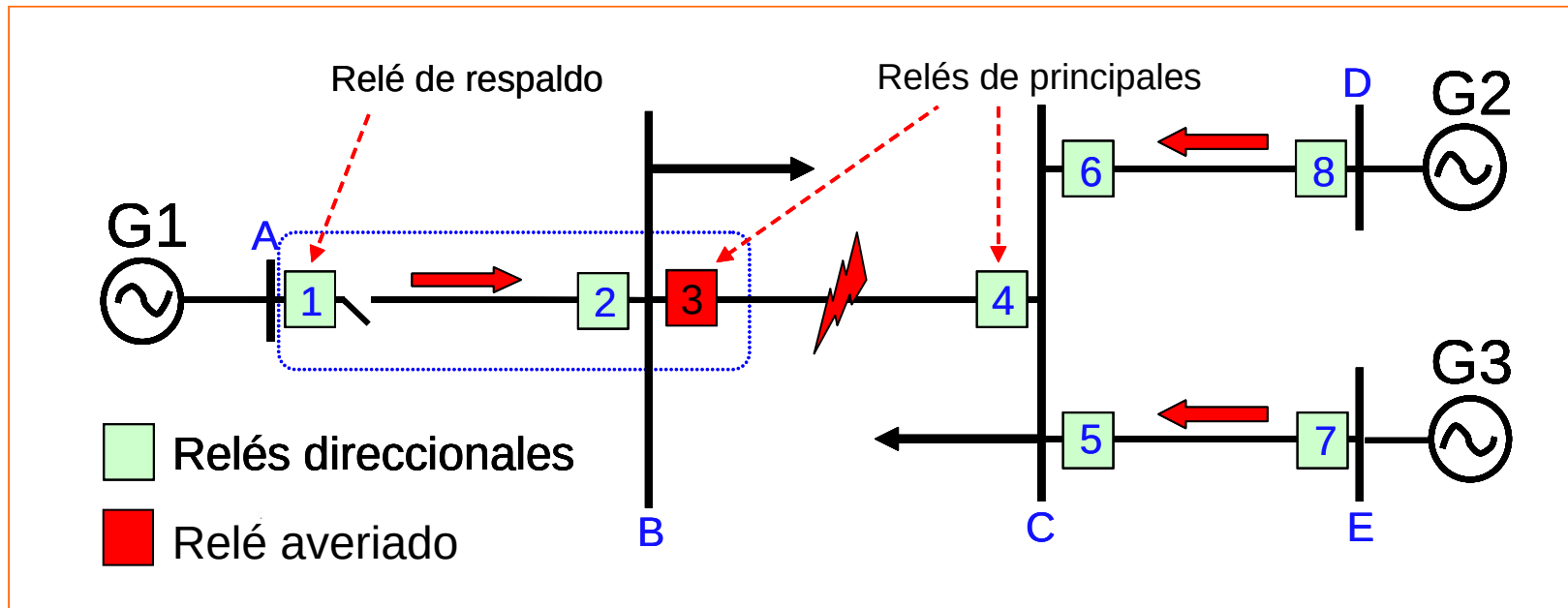
PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS PROTECCIÓN

2. **Selectividad:** Continuidad del servicio con las desconexiones mínimas en el sistema. Aislar la zona de ocurrencia de la falla.
3. **Velocidad:** Mínima duración de la falla. La protección debe rápida para el despeje de falla, para que los equipos no este expuesto largo tiempo con altas corrientes.
4. **Simplicidad:** Mínimos equipos de protección y circuitos asociados para lograr los objetivos.
5. **Economía:** Máxima protección al mínimo costo total.
6. **Sensibilidad:** Detectar una falla por muy pequeña que sea. Se refiere al valor mínimo que se requiere para que la protección actúe
7. **Capacidad de registro:** Almacenar información relativa a la falla.

ZONAS DE PROTECCIÓN



COORDINACIÓN Y RESPALDO

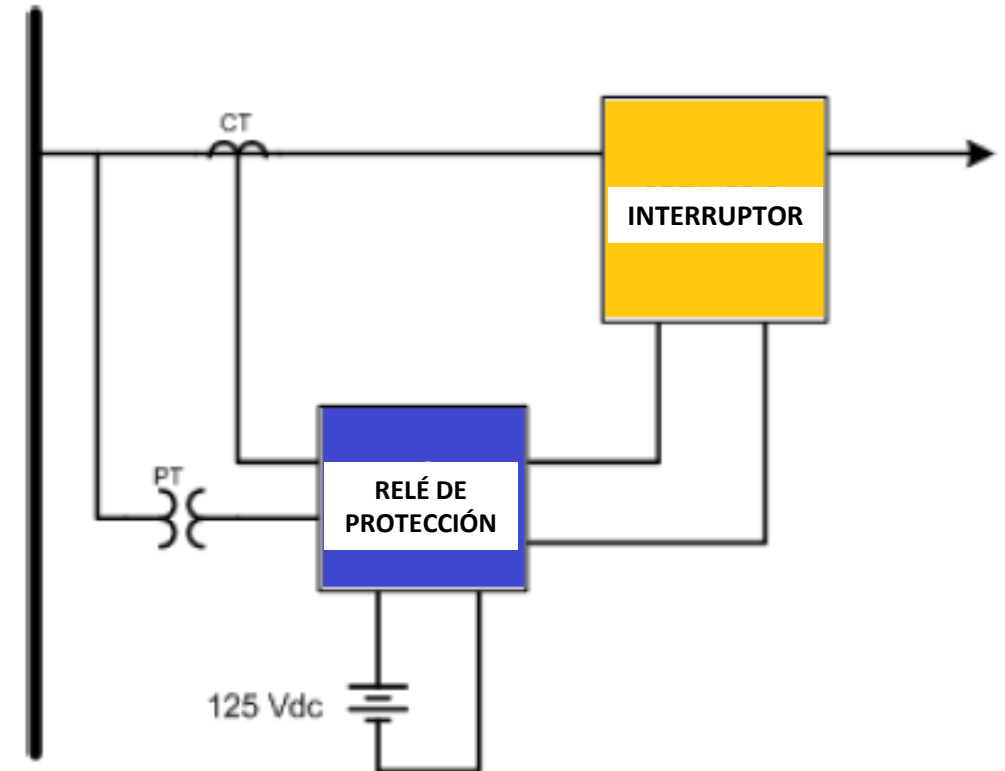


ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

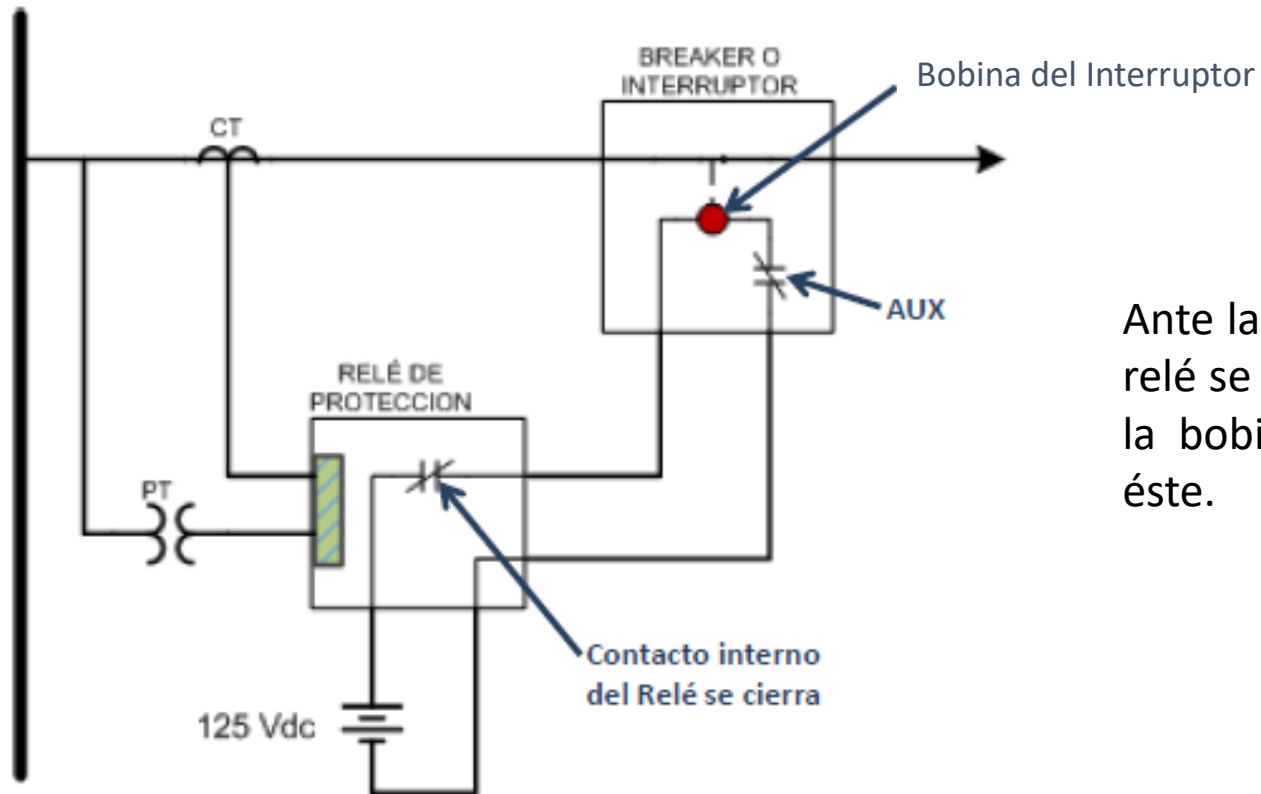
Los componentes generales de un sistema de protección son:

- Interruptores.
- Transformadores de Tensión (PT's)
- Transformadores de Corrientes (CT's)
- Relés de protección.

Todos los elementos son muy importantes para la correcta operación de la protección.

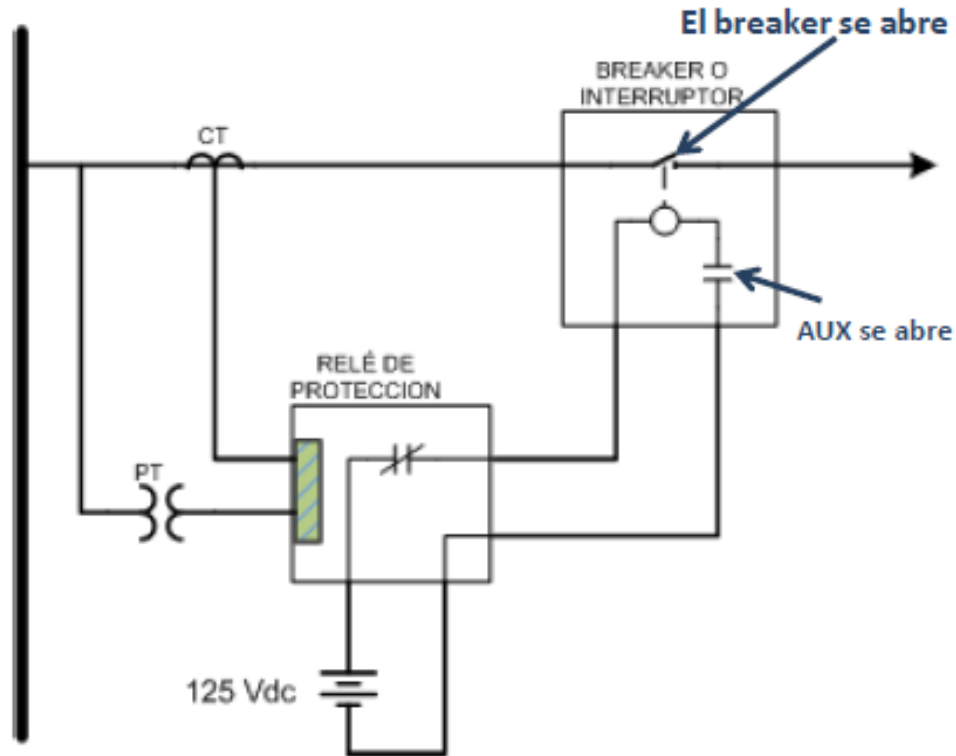


ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN



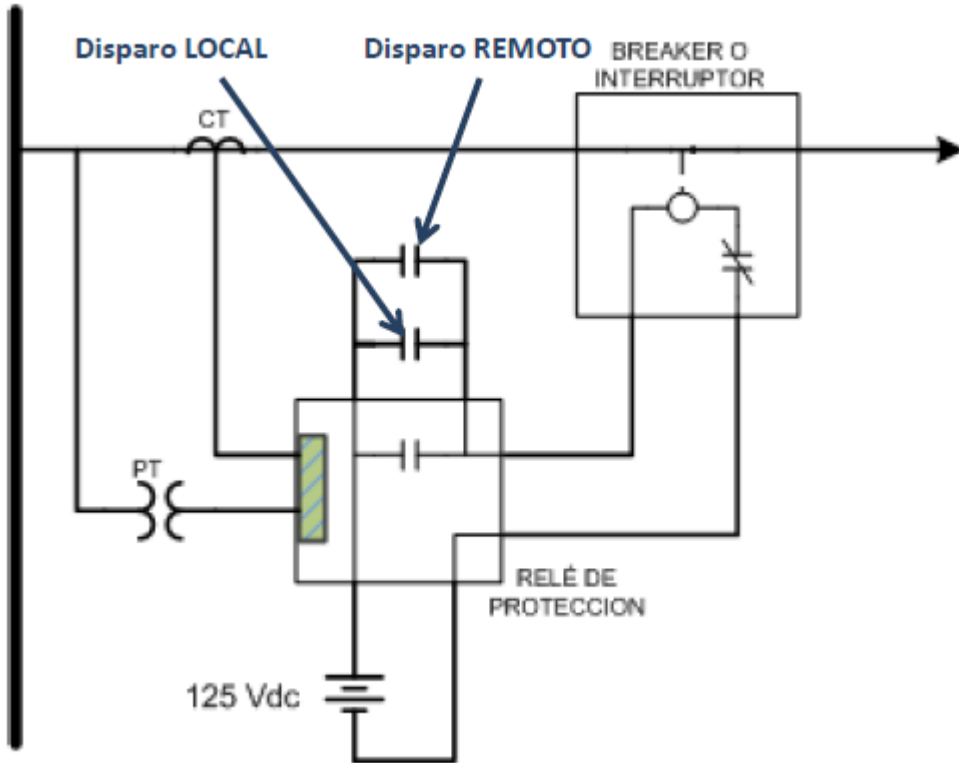
Ante la presencia de una falla, el contacto interno del relé se cierra y permite que fluya una corriente DC en la bobina del Interruptor, generando el disparo de éste.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN



Cuando el interruptor dispara, ocasiona que el contacto AUX se coloca en posición abierto, la cual abre el circuito DC y corta el flujo de corriente, desenergizando la bobina del Interruptor

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN



También es posible integrar en el relé un disparo LOCAL y un disparo REMOTO.

INTERRUPTOR

En la Norma ANSI C37.100, define al Interruptor como: “Un dispositivo mecánico capaz de generar, transportar y romper corrientes bajo condiciones normales. También capaz de generar, transportar corrientes durante un tiempo específico y romper corrientes en condiciones anormales específicas, como las de cortocircuito ”.



INTERRUPTOR

El interruptor debe:

- Cerrar e interrumpir corriente de carga nominal.
- Cerrar e interrumpir corriente cortocircuito.
- Ser un conductor perfecto en la posición cerrado.
- Ser un aislante perfecto en la posición abierto.
- Rápido en la apertura.

INTERRUPTOR

Valores estandarizados

- Nivel de tensión:
 - ✓ IEC: 12, 17.5, 24, 36, 40.5 kV, etc.
 - ✓ ANSI: 15, 27, 38 kV, etc.
- Corriente Nominal: 400, 630, 800, 1250, 2500 A
- Capacidad de Corte: 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 50 KA.
- Capacidad de soportabilidad: 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 50 KA
- Corriente nominal de cresta admisible: 31.5, 52, 63, 104 kA

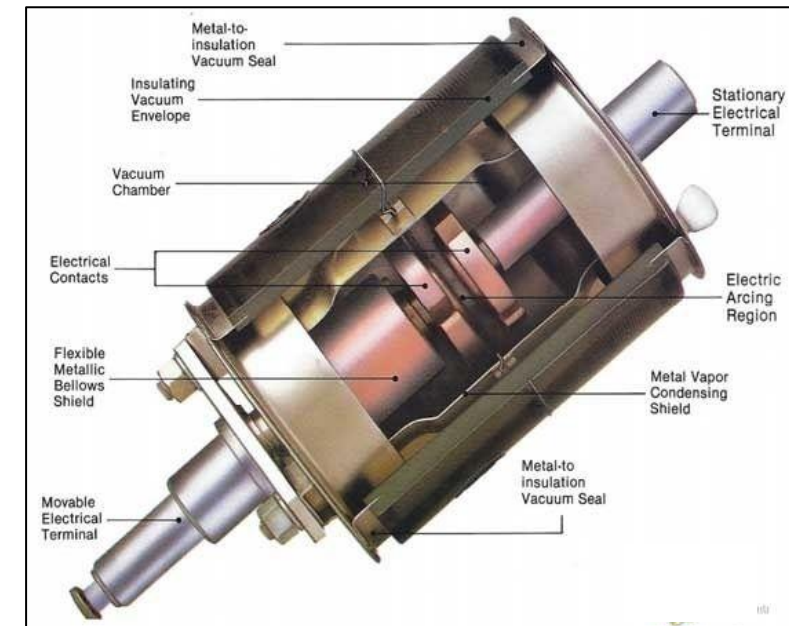
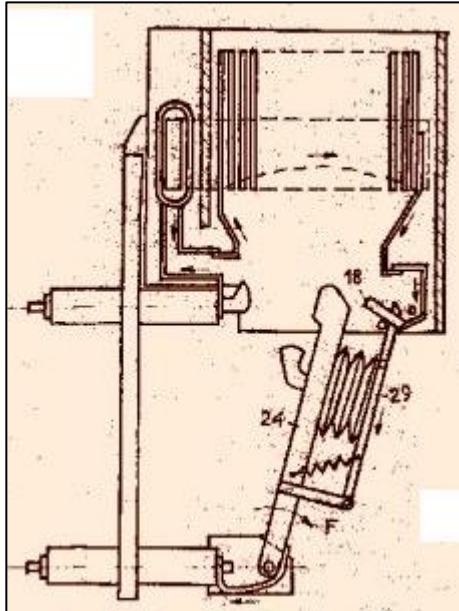
INTERRUPTOR

ABB		CE		MADE in ABB	
Interruptor tipo		Mec. de operación tipo		Número	FSA 1-(F)
Número		Contrato		Poder de corte	20 kA
Contrato				Componente de c.c.	44 %
Tensión	72.5 kV			Factor del primer polo	1.5
Nivel de aislamiento	325 kV			Poder de cierre	52 kA
al impulso tipo rayo (LIWL)	- kV			Corr. de corta duración	3 s 20 kA
al impulso de maniobra (SIWL)	140 kV			Corr. interrupción líneas en vacío	10 A
a frecuencia industrial	60 Hz			Masa total	873 kg
Frecuencia	1250 A			Masa de gas	2.5 kg
Corriente nominal	abs (+ 20°C)			Normas	IEC 62271-100
Presión de gas SF6	0.9 MPa			Secuencia de operación	0-0.3s-CO-3min-CO
Máx. de operación	0.7 MPa			Clase de temperatura	-30 °C
Llenado	0.62 MPa			Año de fabricación	2013
Señal	0.6 MPa				
Bloqueo					
Volumen por polo	18 l				

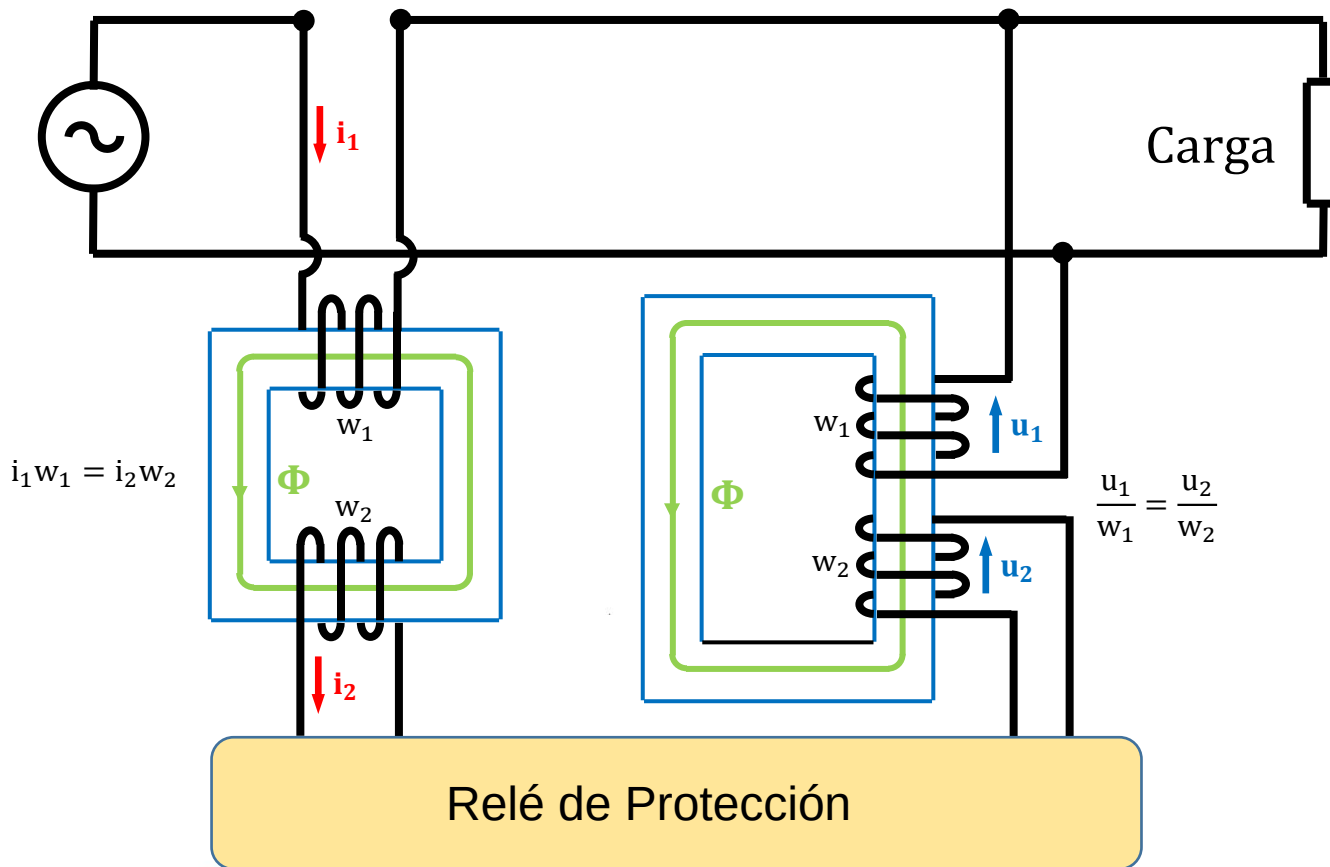
INTERRUPTOR Clasificación (por el medio de extinción del arco)

Tipos

- Aire
- Aceite
- SF6
- Vacío



TRANSFORMADORES DE TENSIÓN Y CORRIENTE

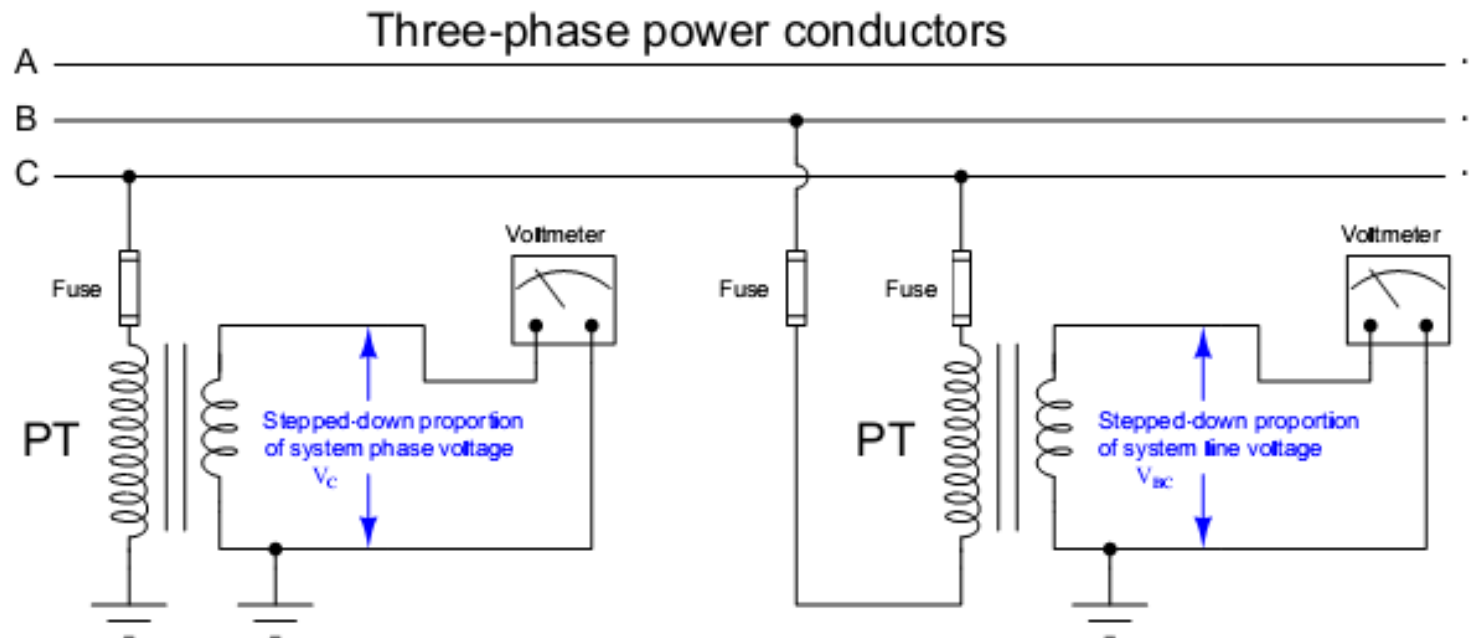


- a. Disminuye la corriente y tensión primaria a valores admisibles para los relés de protección (IEDs)
- b. Aislamiento entre los relés y sistema de distribución.
- c. Son equipos importantes y esencial para el sistema de protección de distribución.
- d. Modelamiento es similar a los transformadores; reducción a circuito equivalente simplificado.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Los transformadores de tensión reducen la tensión del sistema primario a un nivel en el cual los circuitos de medición y protección pueden manejar y medir

Ellos también proveen el aislamiento entre la alta tensión del sistema primario y los dispositivos conectados a los secundarios.



TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

TIPOS

1. Transformadores Inductivos

- ✓ Son mas precisos.
- ✓ Son mas caros.
- ✓ Se utilizan en Alta y Media Tensión.

2. Transformadores Capacitivos

- ✓ Son mas comunes en Alta Tensión.
- ✓ Son menos precisos.



TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Valores estandarizados

- ✓ Tensión secundaria:
 - Entre Fases: 100 V o 110 V.
 - Conectados a tierra: $100/\sqrt{3}$ V o $110/\sqrt{3}$
- ✓ Potencia: 10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 VA.
- ✓ Los transformadores de tensión de protección, la precisión es importante en condiciones de falla.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Valores de las Precisiones, según norma IEC-61869-3:

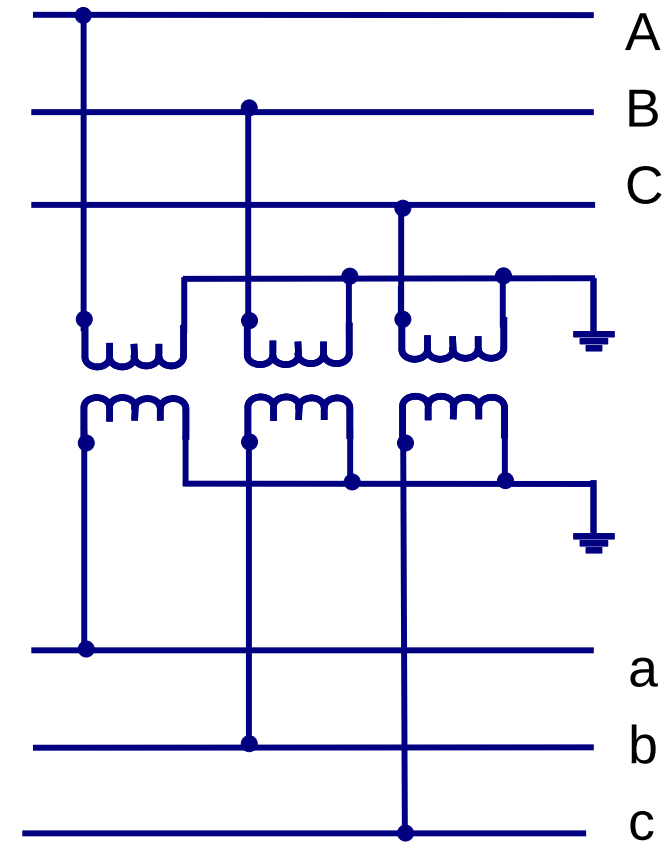
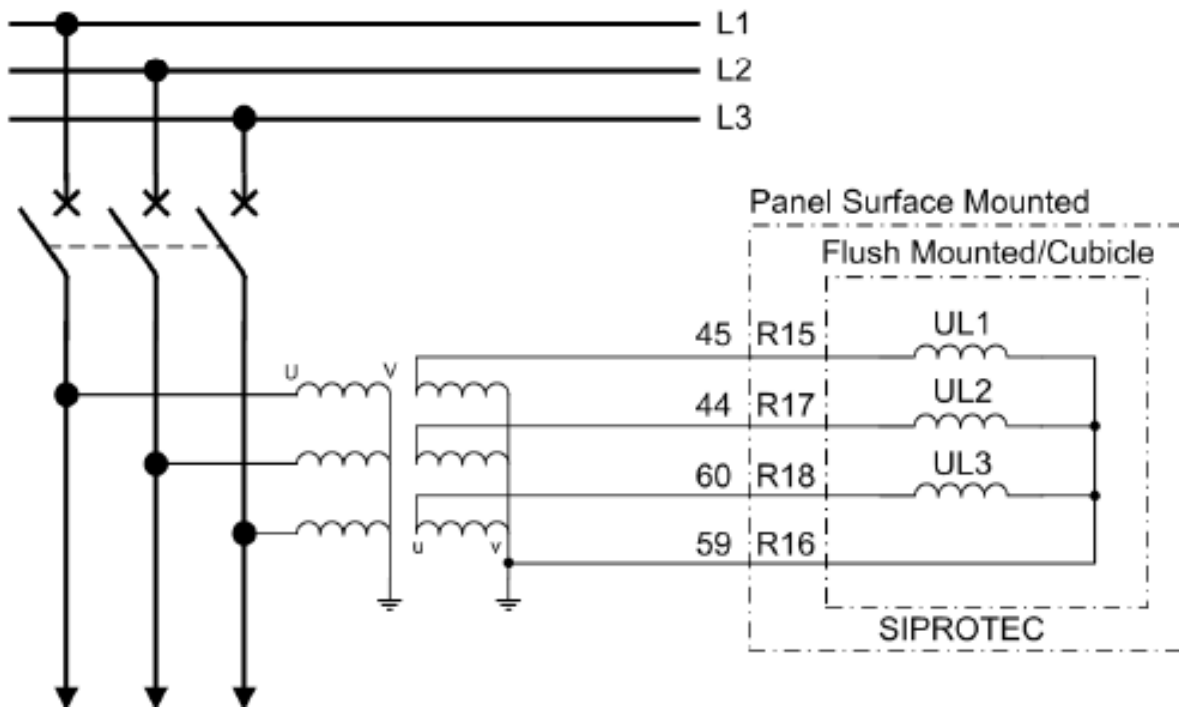
Accuracy Class	0.8 - 1.2 x rated voltage 0.25 - 1.0 x rated burden at 0.8pf	
	voltage ratio error (%)	phase displacement (minutes)
0.1	+/- 0.1	+/- 5
0.2	+/- 0.2	+/- 10
0.5	+/- 0.5	+/- 20
1.0	+/- 1.0	+/- 40
3.0	+/- 3.0	not specified

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Valores de las Precisiones, según norma IEC-61869-3:

Accuracy Class	0.25 - 1.0 x rated burden at 0.8pf 0.05 - Vf x rated primary voltage	
	Voltage ratio error (%)	Phase displacement (minutes)
3P	+/- 3.0	+/- 120
6P	+/- 6.0	+/- 240

CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES DE TENSIÓN



DATOS DE PLACA DE TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO
IEC 60044-5

TRENCH
TIPO TCVT 72.5 FRECUENCIA 60 Hz No. SERIE [REDACTED]
72.5/140/325 kV FACTOR CONT./30s 1.2 / 1.5

TENSION PRIMARIA 60000 / $\sqrt{3}$ VOLTS

TERMINALES SECUNDARIOS	TENSION SECUNDARIA	RELACION NOMINAL (A 1)	CLASE (IEC)	VA (NOM)
1a-1n	100 / $\sqrt{3}$ V	600	0.2	30
2a-2n	100 / $\sqrt{3}$ V	600	3P	30

CARGA DE EXACTITUD SIMULTANEA 60 VA PARA 0.2

CAPACIDAD TERMICA 1000 VA TEMP.: -25° / +40°C

EQUIPADO DE LAS UNIDADES CAPACITIVAS No. [REDACTED]

CAPACITANCIA TOTAL 10000 pF C1 120% pF C2 72723 pF

ACEITE DE LA UNIDAD: CAPACITIVA PXE PESO 8.7 kg

ELETROMAGNETICA PETRO CHINA KI45GX PESO 27 kg

PESO TOTAL 220 kg AÑO 2013

LEER EL MANUAL DE INSTRUCCIONES No. 0M17 043 ANTES DE INSTALAR PARA OPERACIÓN

ATENCIÓN
CIERRE INTERRUPTOR DE PUESTA A TIERRA DE TENSION Y ONDA PORTADORA ANTES DE ABRIR ESTA CAJA

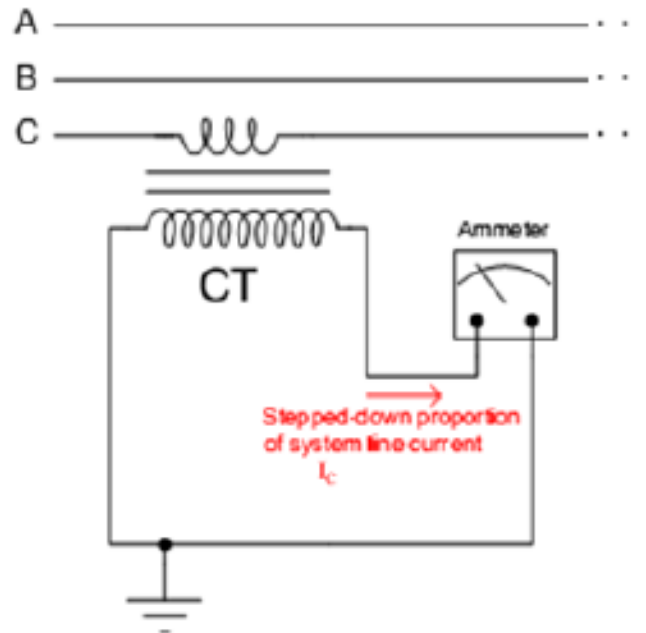
MWB(Shanghai) Co., Ltd. P.R.China

W871C.562S

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente reducen la corriente del sistema primario a un nivel en el cual los circuitos de medición y protección pueden manejar y medir. Ellos también proveen el aislamiento entre la alta tensión del sistema primario y los dispositivos conectados a los secundarios.

Precisión requerida alrededor de la corriente nominal de operación (normalmente hasta 120%).



TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

TIPOS

1. Transformadores Inductivos

- ✓ Son mas precisos
- ✓ Son mas caros
- ✓ Miden directamente en las fases



2. Transformadores Toroidales

- ✓ Medir la suma vectorial de fases para obtener la corriente homopolar.
- ✓ No mide directamente en las fases.
- ✓ Comúnmente son menos precisos



TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

- Transformador de corriente de medición:
 - ✓ Precisión requerida: corriente nominal de operación (hasta 120%).
 - ✓ Requiere nivel bajo de saturación del núcleo.
- Transformador de corriente de protección:
 - ✓ Nivel de precisión a corriente nominales menos importante.
 - ✓ Precisión requerida para corrientes de cortocircuito.
 - ✓ Núcleo con alta densidad de flujo de saturación.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Valores estandarizados

- ✓ Relación de Transformación: 50/1, 100/1, 200/5, 300/5, 600/1, 1000/1, etc.
- ✓ Capacidad o Burden: 10, 15, 25, 30, 50, 75 VA, etc.
- ✓ Precisión: 5P20, 10P10, 5P10, etc.

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Valores de las Precisiones, según norma IEC-61869-2:

Accuracy Class		+/- Percentage current (ratio) error				+/- Phase displacement (minutes)			
	% current	5	20	100	120	5	20	100	120
0.1		0.4	0.2	0.1	0.1	15	8	5	5
0.2		0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10	10
0.5		1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30	30
1		3	1.5	1.0	1.0	180	90	60	60

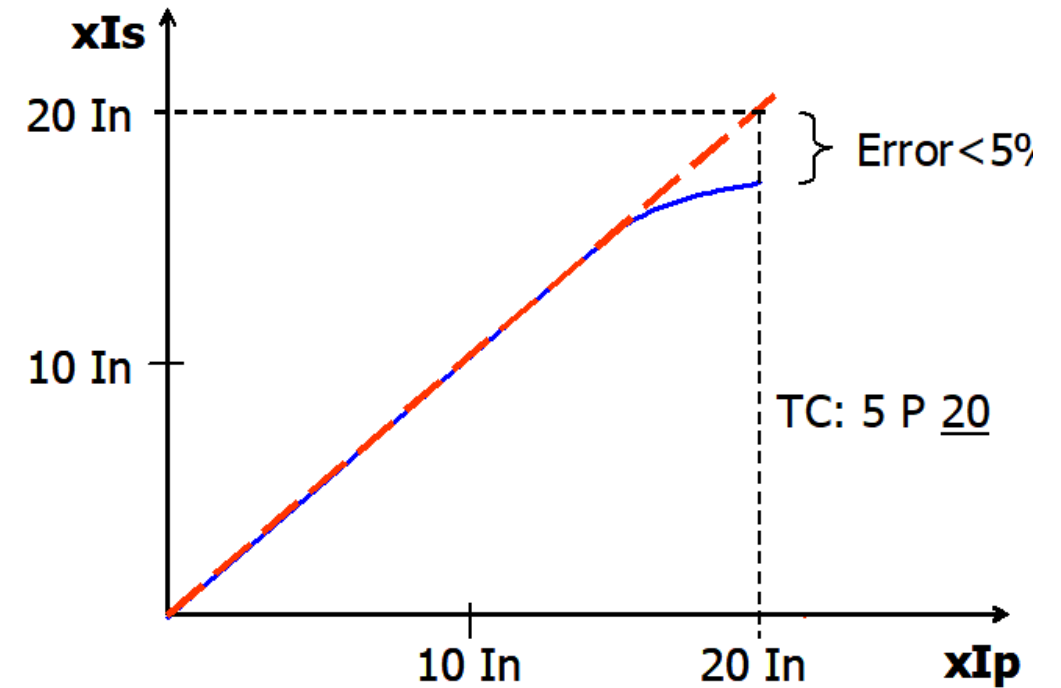
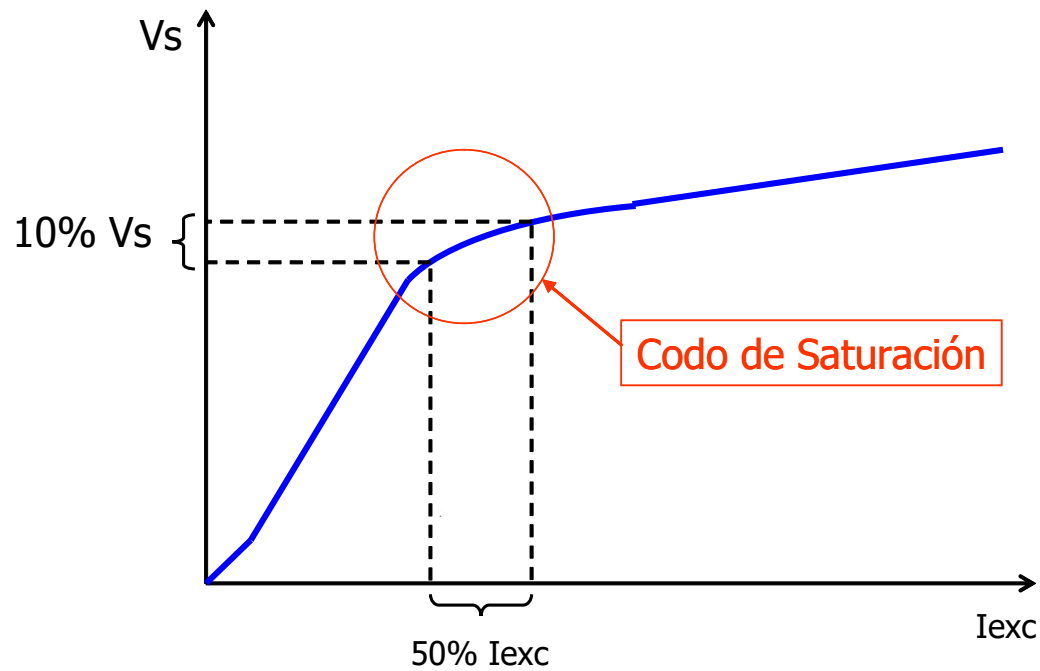
Accuracy Class		+/- current (ratio) error, %	
		% current	
		50	120
3		3	3
5		5	5

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

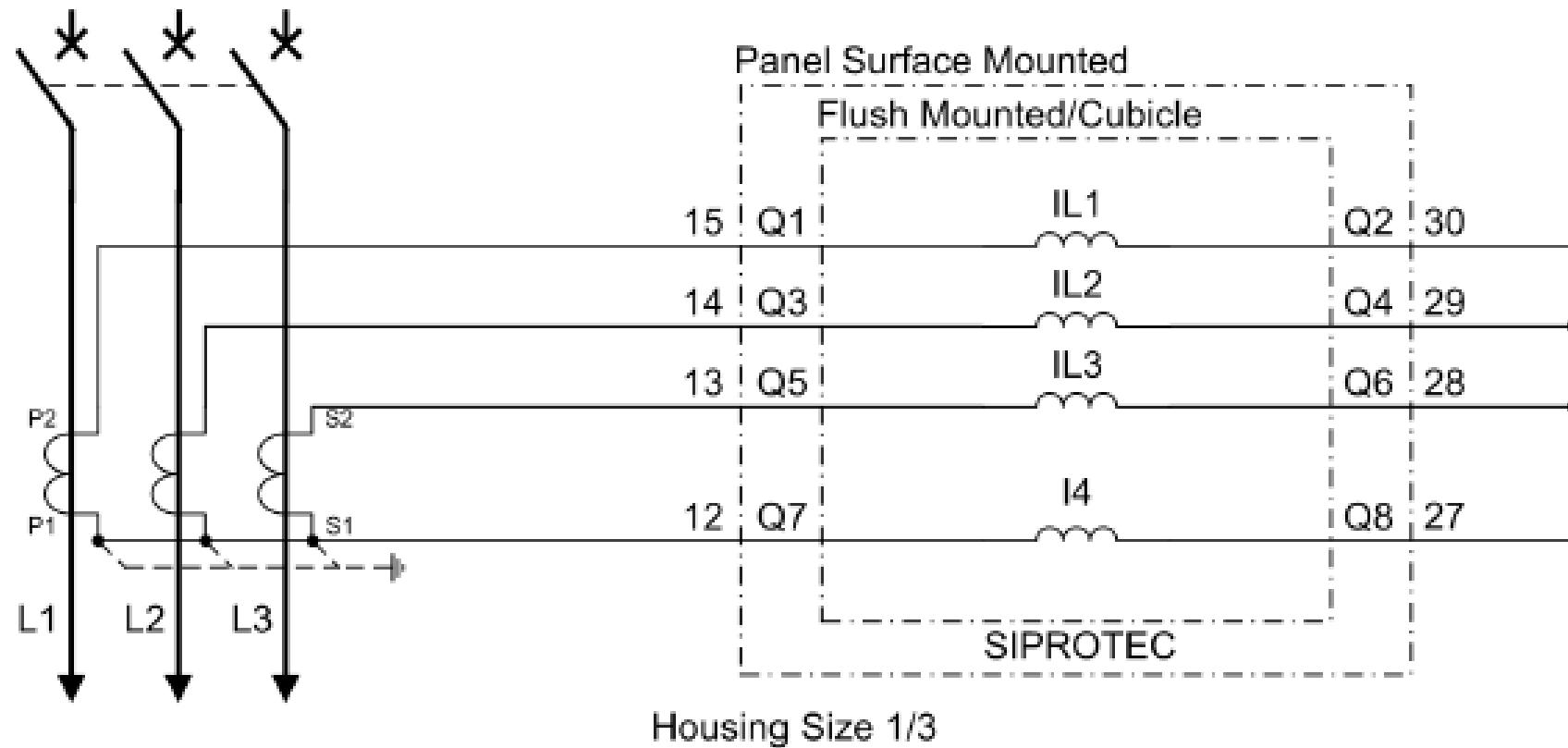
Valores de las Precisiones, según norma IEC-61869-2:

Class	Current error at rated primary current (%)	Phase displacement at rated current (minutes)	Composite error at rated accuracy limit primary current (%)
5P	+/-1	+/-60	5
10P	+/-3	-	10
Standard accuracy limit factors are 5, 10, 15, 20, and 30			

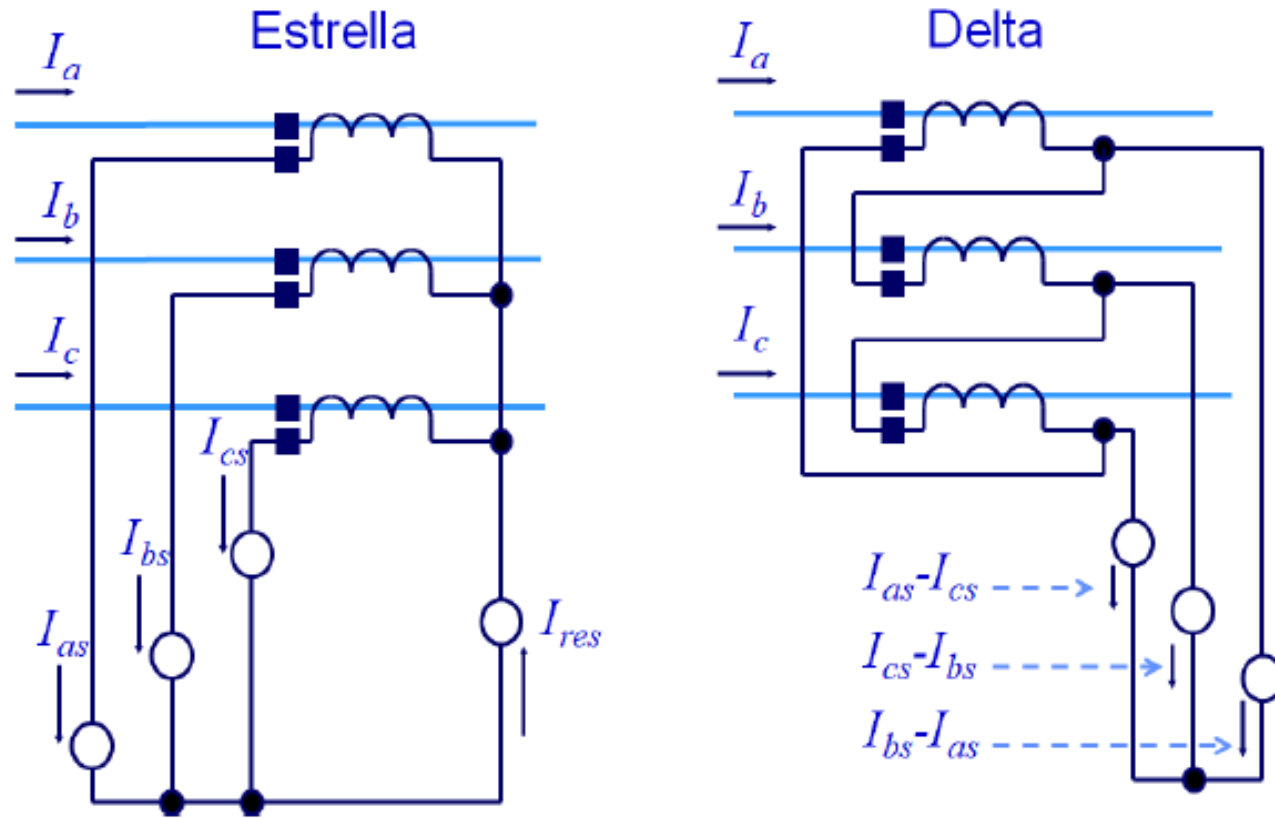
PRECISIÓN DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



CONEXIONES TÍPICAS DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



DATOS DE PLACA DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

TRENC H

Transformador de corriente IOSK 72.5

No. : 3 0 5 0 Año : 2 0 1 3 - 9

Temp. : -25/+40 °C Tipo aceite : Mineral Nafténico Masa : 170 kg

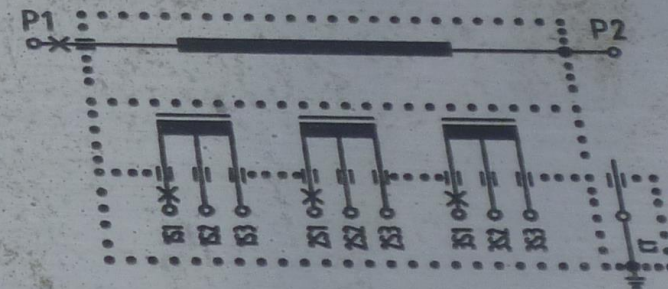
U_m : 72.5 kV Ins. lev. int : 140/350 kV Vol : 40 L

I_{dyn} : 80 kA pico Ins. lev. ext : 140/350 kV f_N : 60 Hz

I_{th} : 31.5 kA eff. / 1 s Altitud : <1000 m.s.n.m $1.2 I_{pn}$

IEC 60044-1 Distancia de fuga = 31 mm/kV

I_{pn} (A)	P1 - P2 200/400-1-1-1A			
Nucleo	1S1 - 1S2	1S1 - 1S3	2S1 - 2S2 3S1 - 3S2	2S1 - 2S3 3S1 - 3S3
K_n (A)	200/1	400/1	200/1	400/1
(VA)	30	30	30	30
Clase	0.2S	0.2S	5P20	5P20



MWB(SHANGHAI) CO., LTD. P. R. CHINA

W871C.564

PORCENTAJE DE ERROR EN MEDICIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE MEDIDA

SEGÚN LOS CRITERIOS DE AJUSTE Y COORDINACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DEL SEIN:

En el caso de los ajustes de tensión, los errores serán los siguientes:

▪ Error de los transformadores de tensión:	1%
▪ Error del relé	1%
▪ Conexiones	1%
▪ Tolerancia de cálculo	5%
Total	8% => 10%

En el caso de los ajustes de corriente, los errores serán los siguientes:

▪ Error de los transformadores de corriente:	5%
▪ Error del relé	1%
▪ Tolerancia de cálculo	5%
Total	11% => 15%

RELÉS DE PROTECCIÓN

Son los elementos inteligentes encargados de detectar las condiciones de falla de un sistema eléctrico, a través de los transformadores de corriente y tensión; para ejercer el control sobre el interruptor para abrir la línea de distribución con el propósito de proteger el sistema de distribución.



Relés Numéricos



Relés Electromecánicos



Relés Electrónicos Digital

RELÉS DE PROTECCIÓN

Funciones definidas en las norma IEEE C37.90 (“Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus”):

- Protección: Detecta condiciones intolerables y aparatos defectuosos.
- Monitoreo: Verifica condiciones de las protecciones y/o sistema de potencia.
- Recierre: Establece secuencias de cierre para el interruptor posterior a la operación de una protección.
- Regulación: Opera para mantener parámetros operativos dentro de una región definida.
- Auxiliar: Opera en respuesta a la acción de otro (relé) proporcionando funcionalidad adicional.
- Sincronización: Asegura que adecuadas condiciones existen para interconectar dos secciones del sistema de potencia.

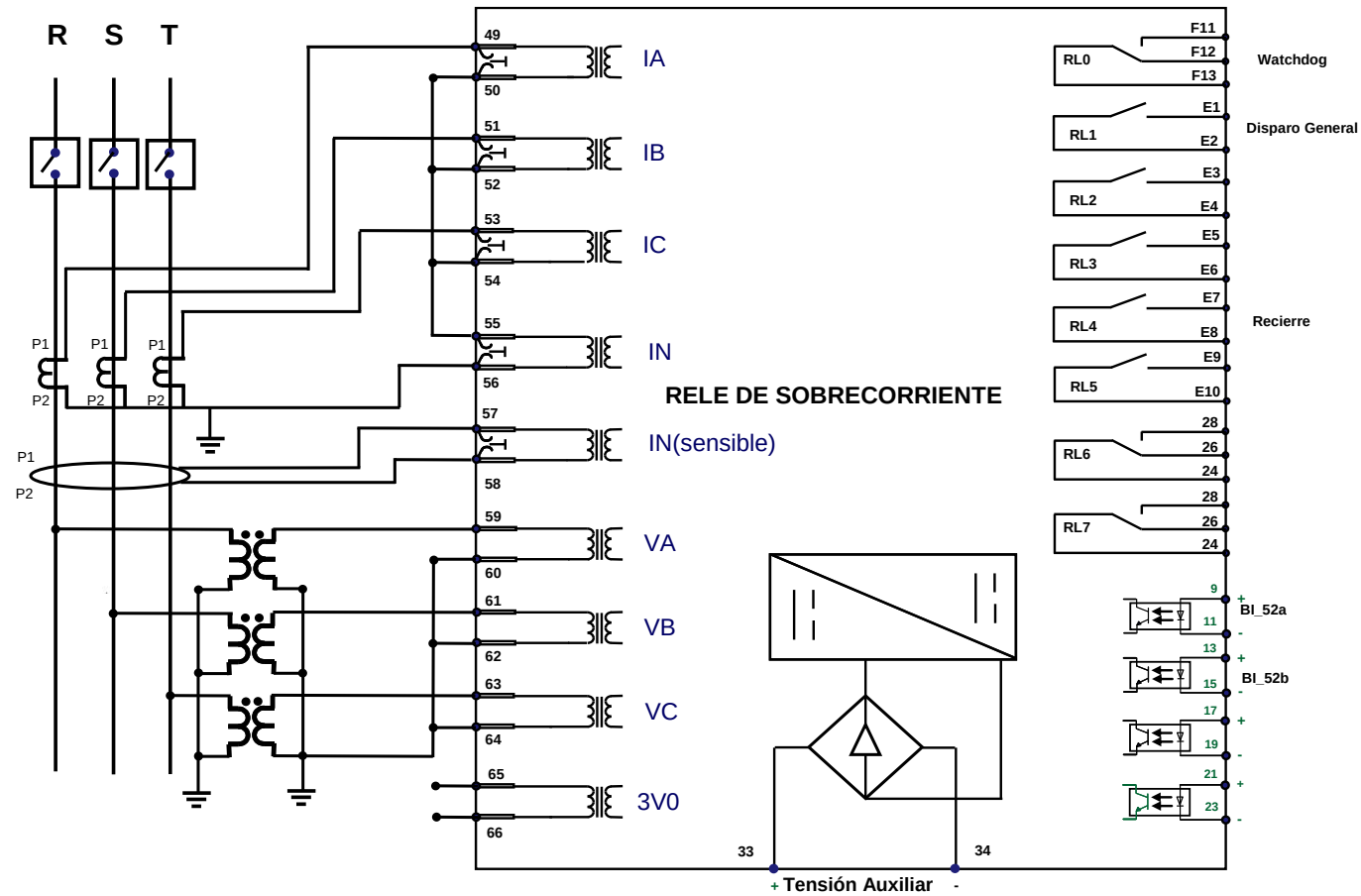
TIPO DE RELÉS DE PROTECCIÓN

Los distintos relés se clasifican en:

- Relés de magnitud: Relés de Sobrecorriente.
- Relés diferencial.
- Relés direccional.
- Relés Impedancias: Relés Distancia.

Los sistemas de protección de distribución se utilizan generalmente los relés de magnitud y relés direccionales.

RELÉS DE PROTECCIÓN



**MUCHAS
GRACIAS**