



Fundamentos de Protección de Sistemas Eléctricos



Conceptos Generales

Fallas en Sistemas Eléctricos

- Condición anormal de operación en sistemas eléctricos.
- Puede producir daños en el mismo o en objetos adyacentes.



Conceptos Generales

Tipos de Falla

- Fallas Shunt: Cortocircuitos

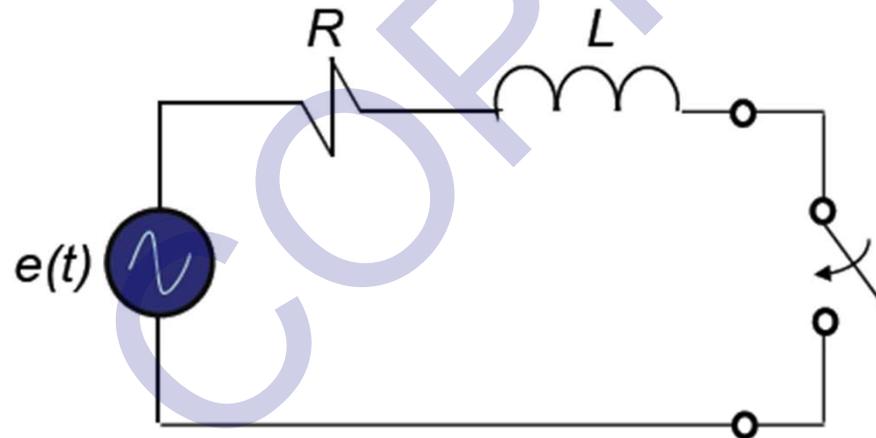
TIPO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA
CC Monofásico a tierra	70%
CC Bifásico	15%
CC Bifásico a tierra	10%
CC Trifásico	5%

- Fallas Serie: fase abierta, fases intercambiadas, entre otros.
- Otras: fallas simultáneas, pérdida de sincronismo, entre otras

Conceptos Generales

Cortocircuito

Conexión accidental o intencional, de relativa baja resistencia o impedancia, en dos o más puntos en un circuito, que están normalmente a diferente tensión.



$$\sqrt{2}E_{MAX} \sin(\omega t + \varphi) = R \cdot i(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

Conceptos Generales

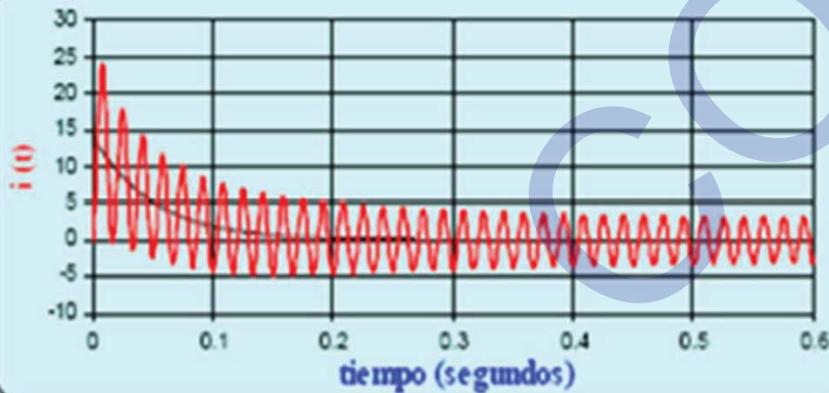
Cortocircuito

$$i(t) = \sqrt{2} \frac{E_{MAX}}{\sqrt{R^2 + X^2}} \sin(\omega t + \varphi - \theta) + k \cdot e^{\frac{-\omega \cdot t}{X/R}}$$

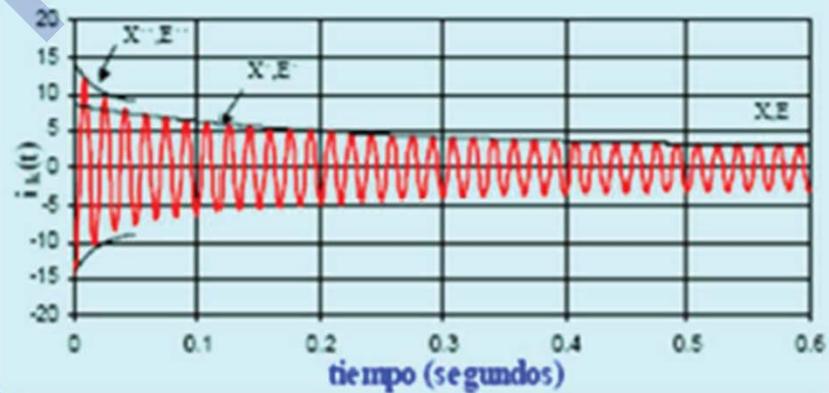
Componente AC

+

Componente DC



Corriente de cortocircuito
Asimétrica



Corriente de cortocircuito
Simétrica

Conceptos Generales

Efectos de la Corriente Cortocircuito

Esfuerzos Térmicos:

Ley de Joule: toda corriente eléctrica I , al circular por un elemento de resistencia R , produce una disipación calórica ($I^2 R$).

Esfuerzos Mecánicos:

Todo elemento conductor que porte corriente y esté sometido a un campo magnético, se ve sometido a fuerzas ($\mathbf{F} = i \mathbf{L} \times \mathbf{B}$).

Conceptos Generales

Efectos de la Corriente Cortocircuito

Oscilaciones de Potencia:

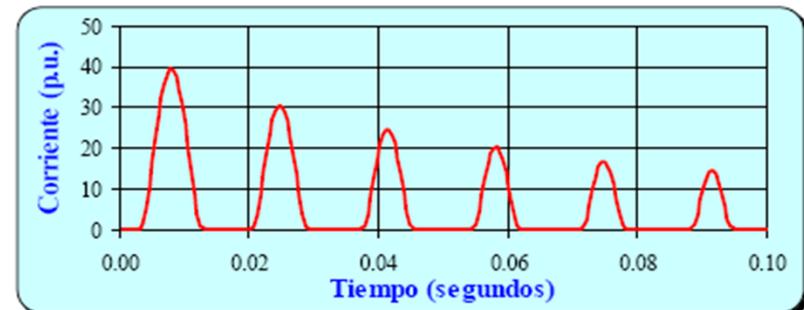
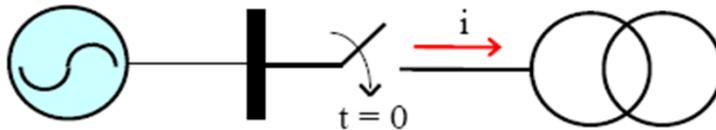
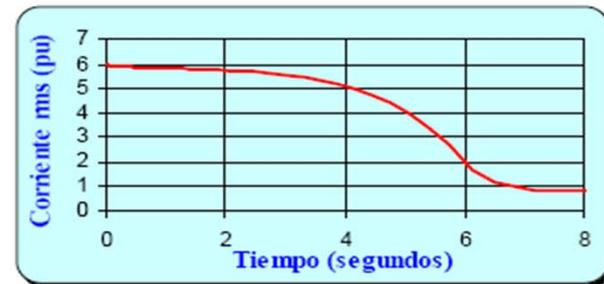
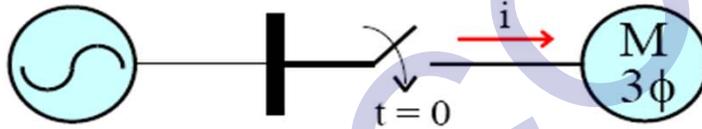
Ante cortocircuitos se deprimen las tensiones y se impide el traspaso normal de potencia entre fuentes y cargas; por otra parte, el despeje de los circuitos también perturba el sistema de potencia.

Conceptos Generales

Fenómenos Transitorios en Sistemas Eléctricos

Energización de Motores y Transformadores:

- Involucran valores de altos de corriente.
- No constituyen corrientes de falla y, por ello, las protecciones no deben actuar ante este tipo de eventos.



Conceptos Generales

Definiciones Fundamentales

1. Nivel de Cortocircuito:

Máxima corriente de cortocircuito que se puede presentar en un determinado punto del sistema eléctrico. Es una característica del sistema eléctrico.

2. Capacidad de Interrupción:

Es una característica de los equipos de interrupción, que indica su capacidad de despeje ante corrientes de cortocircuito en forma segura. es decir, sin ocurrencia de explosión, incendio, etc.

Conceptos Generales

Definiciones Fundamentales

Capacidad de Cortocircuito:

Es una característica de equipos sin función de interrupción, por los cuales circulará la corriente de cortocircuito, que indica su capacidad térmica y mecánica para soportar cortocircuitos. .

Sistemas de Protección

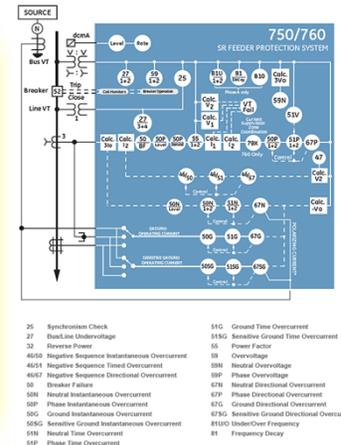
Los Sistemas de Protección se utilizan en los sistemas eléctricos de potencia para evitar el daño a equipos o instalaciones por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control. Los sistemas de protección deben aislar la sección del sistema en condición de falla, evitando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, minimizar la posibilidad de un incendio, el peligro para las personas y el riesgo de daños de equipos eléctricos adyacentes

Sistema de Protección

Detectar una
Condición de falla



Actuar en
consecuencia



Sistemas de Protección

Funciones Principales

Detección de condición anormal o falla

Captación de parámetros

Toma de Decisiones

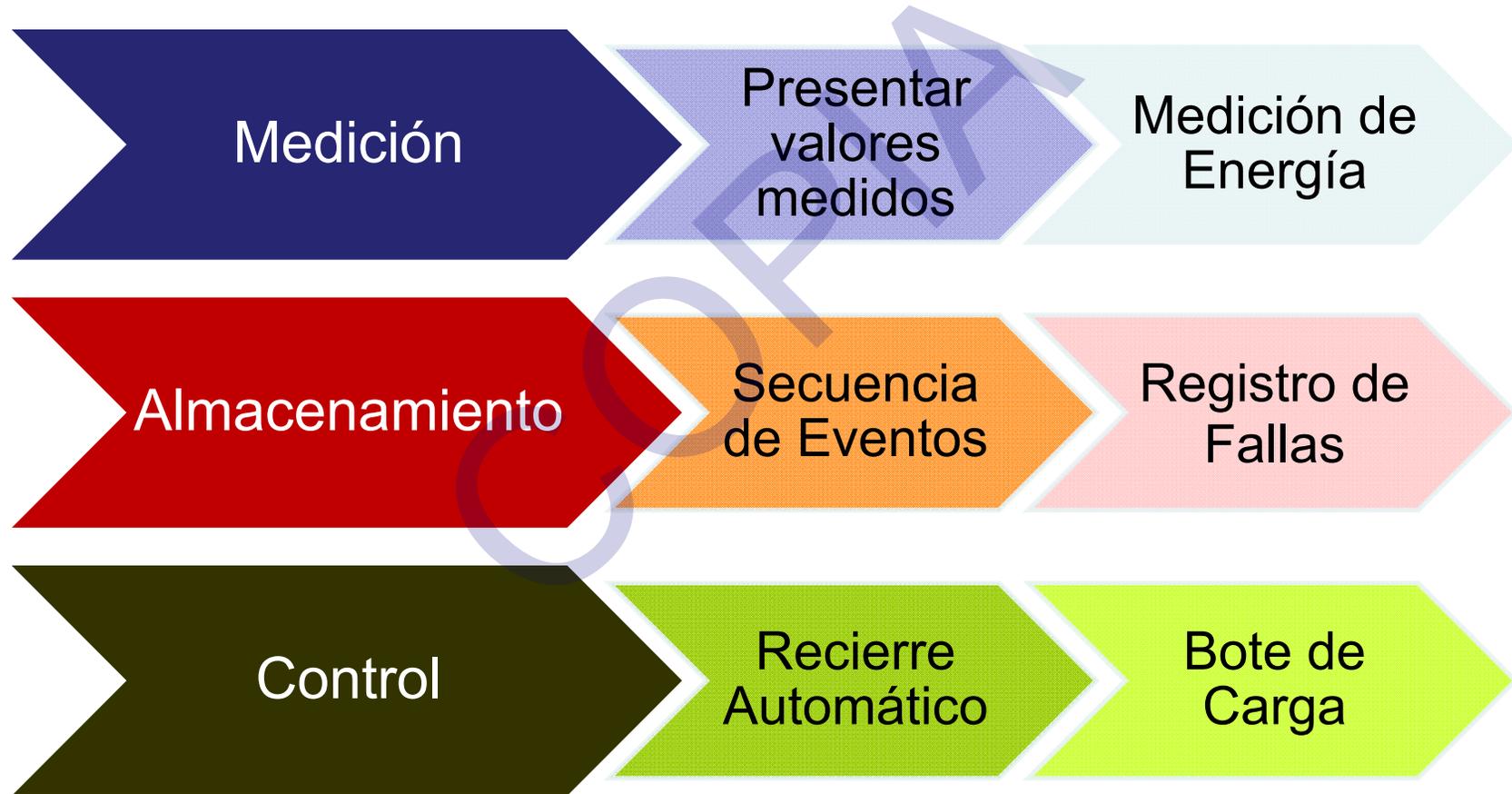
Actuación ante condición anormal o falla

Abrir interruptor del circuito

Alarma

Funciones del Sistema de Protección

Funciones Adicionales



Características de los Sistema de Protección

Seguridad

Las fallas deben ser despejadas en forma segura. Esto significa que no deben ocurrir explosiones, incendios o daños de los equipos durante la interrupción para garantizar la integridad física de personas y bienes.

Capacidad de
Interrupción



Nivel de
Cortocircuito

Características de los Sistemas de Protección

Velocidad

El tiempo para la detección-acción del sistema de protección debe ser corto, para evitar que se sobrepase el tiempo que tarda en dañarse el elemento a proteger ante la ocurrencia de fallas en el sistema eléctrico de potencia.

$$i^2 t = k$$

Sensibilidad

Capacidad de detección de las fallas más “leves”, es decir, las que producen las menores alteraciones del sistema eléctrico.

Características de los Sistemas de Protección

Selectividad

Es la capacidad de detectar una falla dentro de la zona de protección. La falla debe ser despejada por los interruptores adyacentes en tiempos adecuados.

Fiabilidad

Es la capacidad de actuar correctamente cuando sea necesario. La fiabilidad define el grado de certeza con el que el relé de protección actuará, para un estado pre diseñado.

Características de los Sistemas de Protección

Simplicidad

Forma sencilla para operar en cuanto a un diseño de protección.

Economía

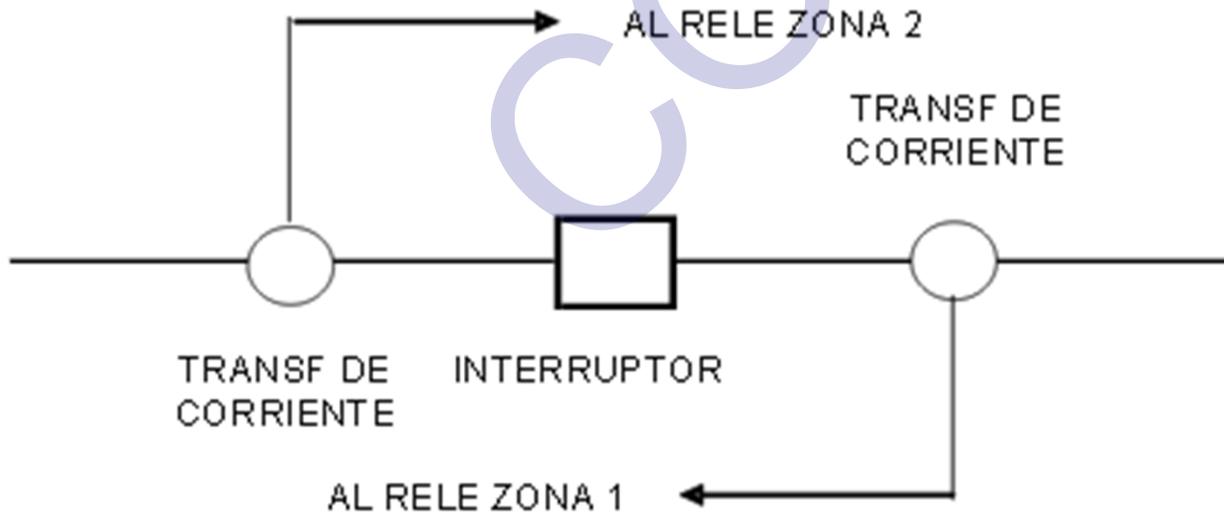
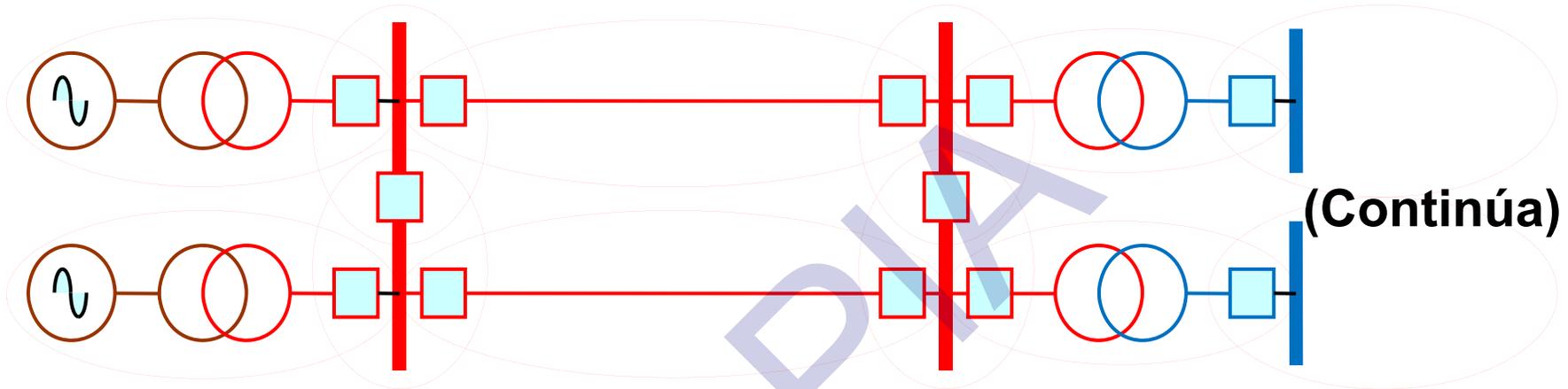
Diseño del sistema de protección en función del costo e importancia de los elementos a proteger.

Zonas de Protección

Para definir la protección de un Sistema Eléctrico de Potencia se le divide en zonas, constituyéndose así un Sistema de Protección. En los límites de estas zonas de protección se instalan interruptores para aislar las fallas y transformadores de tensión y corriente para detectar las respectivas tensiones y corrientes en dichos límites, cuyas señales sirven para alimentar a los correspondientes relés de protección.

De esta manera, al producirse una falla, los relés darán la orden de apertura de los correspondientes Interruptores aislando la zona fallada

Zonas de Protección



**Solapamiento
Zonas de
Protección**

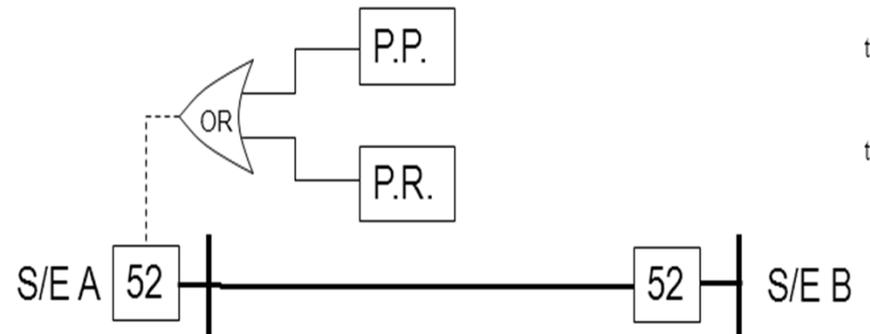
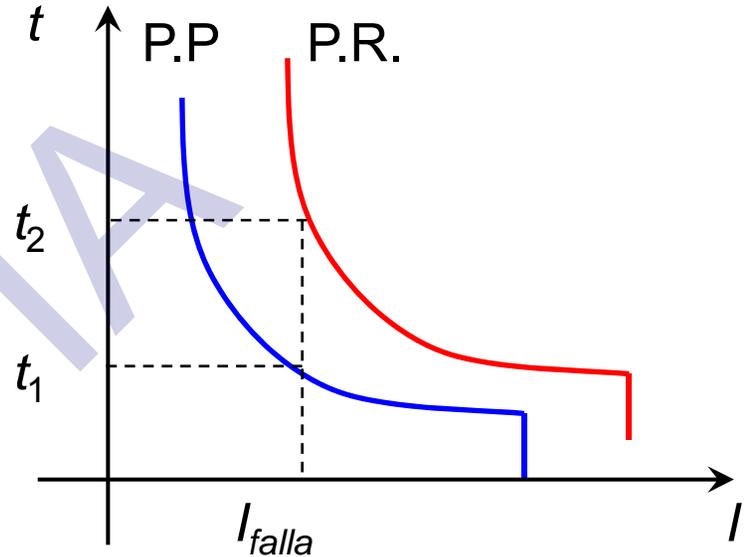
Protección Principal y Protección de Respaldo

Protección Principal

- Actúa en primera instancia, si ocurre una falla en su zona

Protección de Respaldo

- Actúa en caso que la principal no actúe ante una falla en su zona de protección



Protección Principal y Protección de Respaldo

Protección de Respaldo

Local

Misma ubicación física que la protección principal. Deseable un sistema con un principio de operación distinto (confiabilidad y redundancia).

Remoto

Ubicación distante a la protección principal. Puede ser protección principal de otra zona.

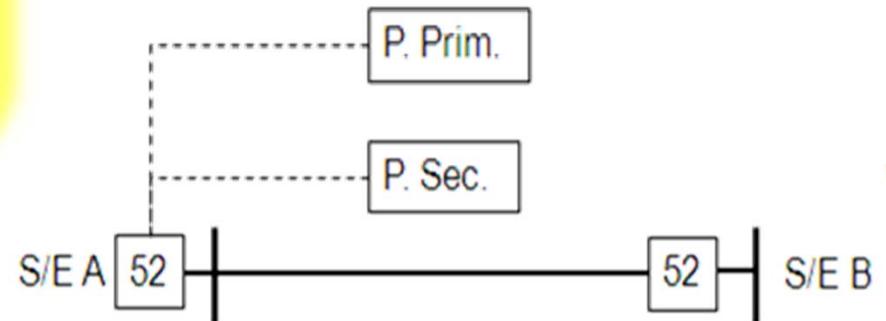
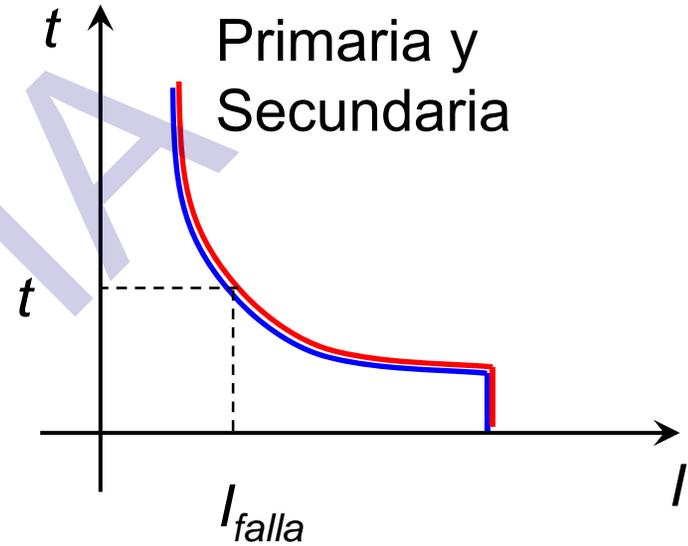
Protección Principal y Protección de Respaldo

Protección Primaria

Protecciones con la misma prioridad de actuación.

Protecciones 100% redundantes. Generalmente tienen circuitos de disparo de interruptor independientes.

Protección Secundaria



Protección Unitaria y Protección No Unitaria

Protección Unitaria

Detectan fallas únicamente en su zona, debido a ello, pueden ser muy sensibles. Ejm: detector de sobretensión en transformadores

Protección No Unitaria

No está restringida a detectar fallas en su zona de protección. Ejm: protección de sobrecorriente.

Transformadores de Medida

Función Básica

- ***Reducción de magnitudes***, para que sean manejadas por los relés de protección.
- ***Aislamiento eléctrico***, pues los relés de protección son dispositivos que operan en baja tensión

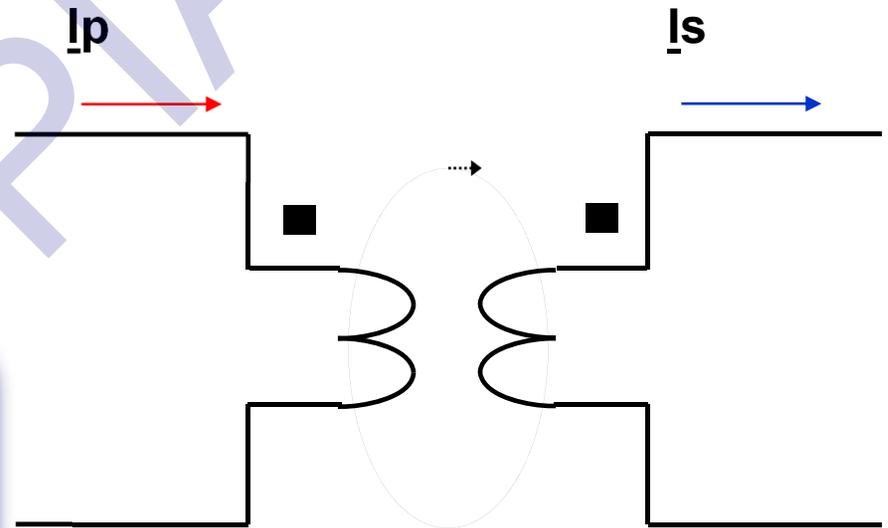
Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

Principio básico de operación: inducción electromagnética.



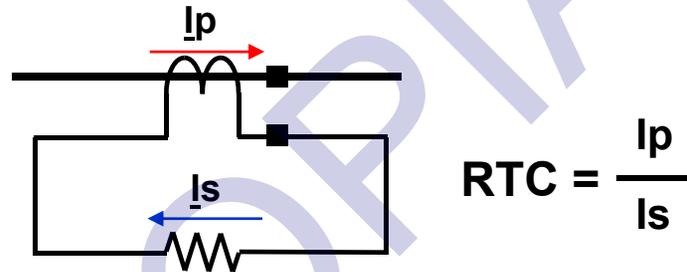
Es el mismo principio de operación en el cual se basan los transformadores de potencia



Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

PRINCIPIO BÁSICO DE OPERACIÓN:



La corriente del sistema de potencia es la **primaria** (I_p).

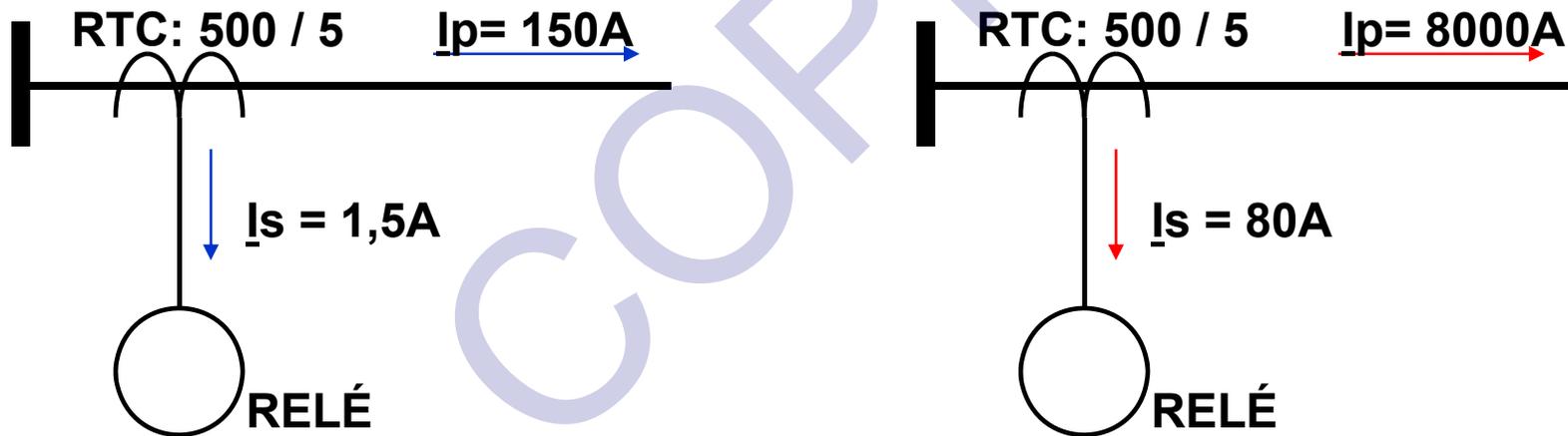
La corriente del relé de protección es la **secundaria** (I_s).

El cociente entre ambas es la **relación de transformación** del transformador de corriente (**RTC**).

Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

EJEMPLOS



$$RTC=500/5=100 \Rightarrow I_s=I_p/RTC$$

CONDICIÓN DE CARGA

CONDICIÓN DE FALLA

Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

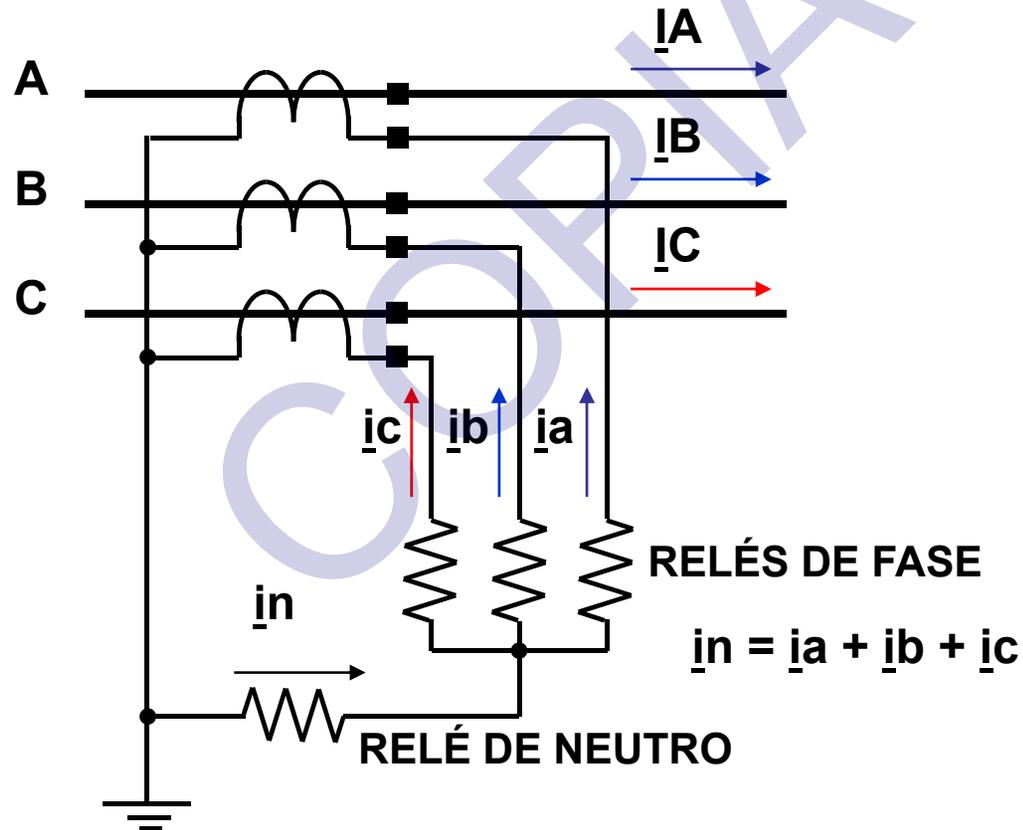
¿ Cuándo hay “error” en la relación de transformación ?

- Generalmente el error puede considerarse insignificante.
- Sin embargo, si la impedancia total del circuito secundario (cableado + relés) es alta y la corriente de falla también, el transformador de corriente podría **saturarse** e incrementar su error. ***El diseño del sistema debe evitar que esto ocurra.***

Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

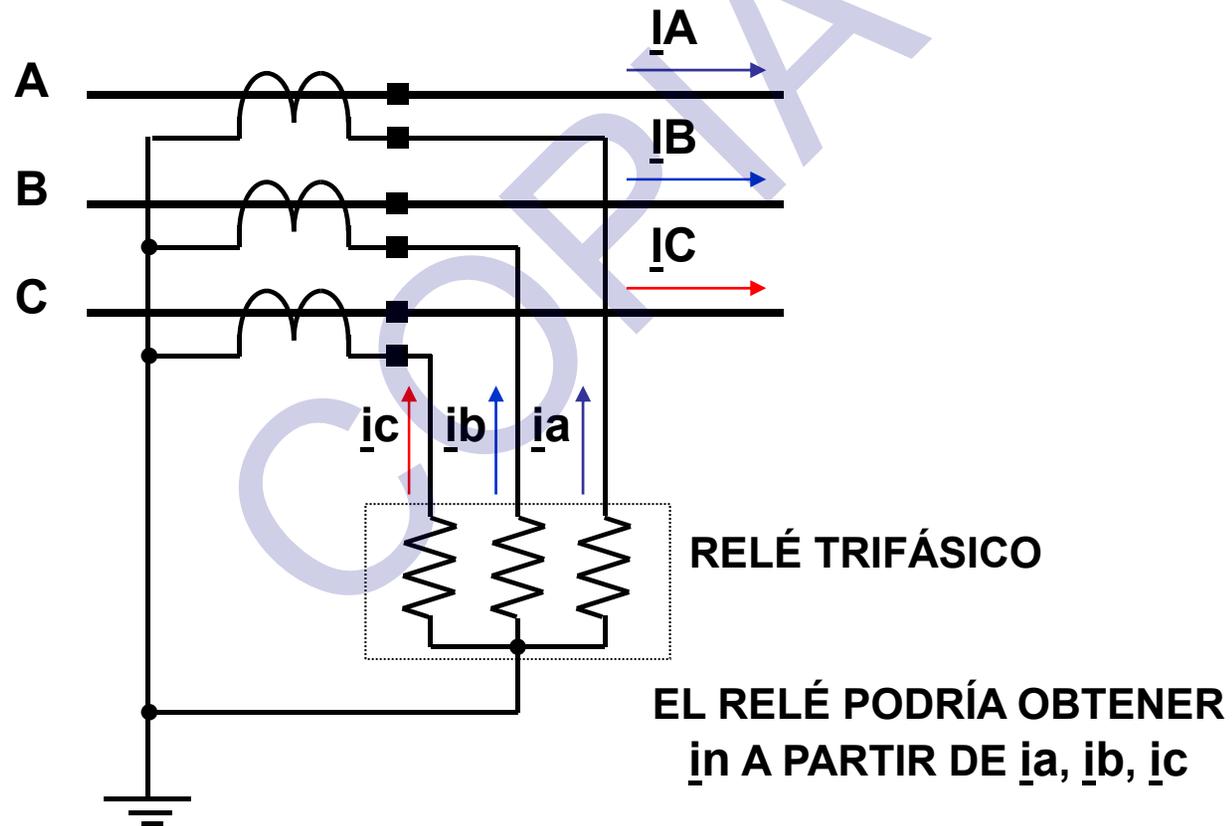
CONEXIONES TRIFÁSICAS USUALES



Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

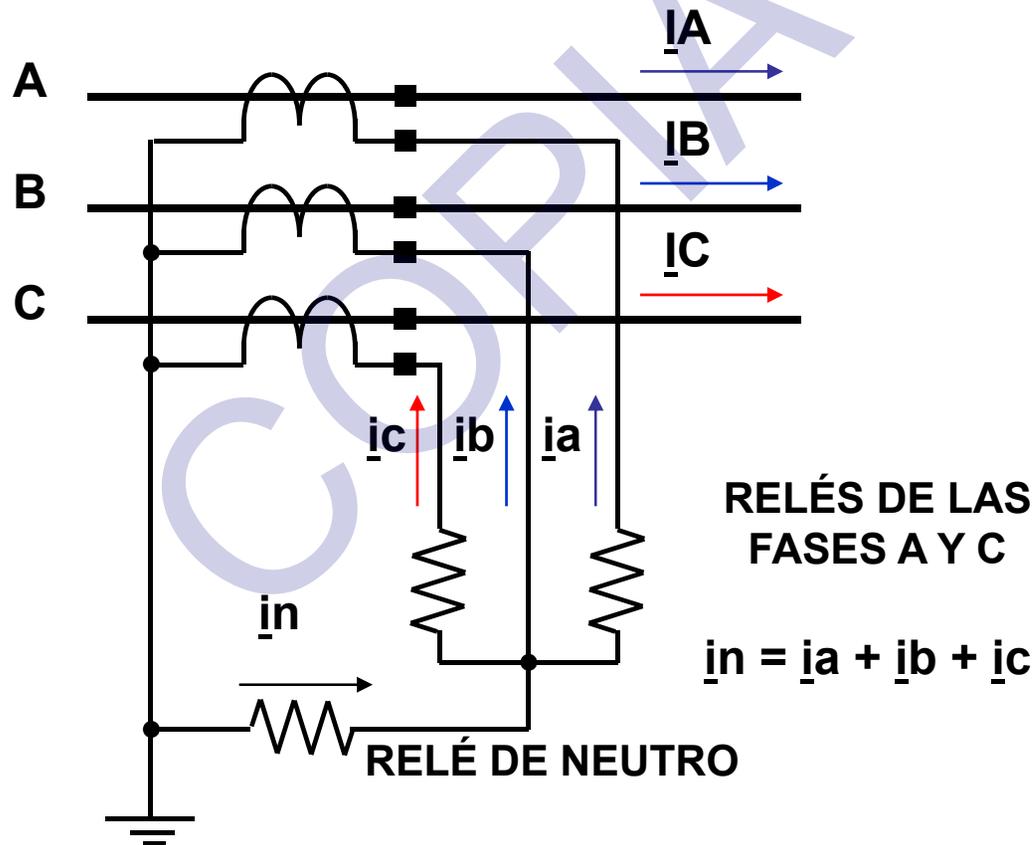
CONEXIONES TRIFÁSICAS USUALES



Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

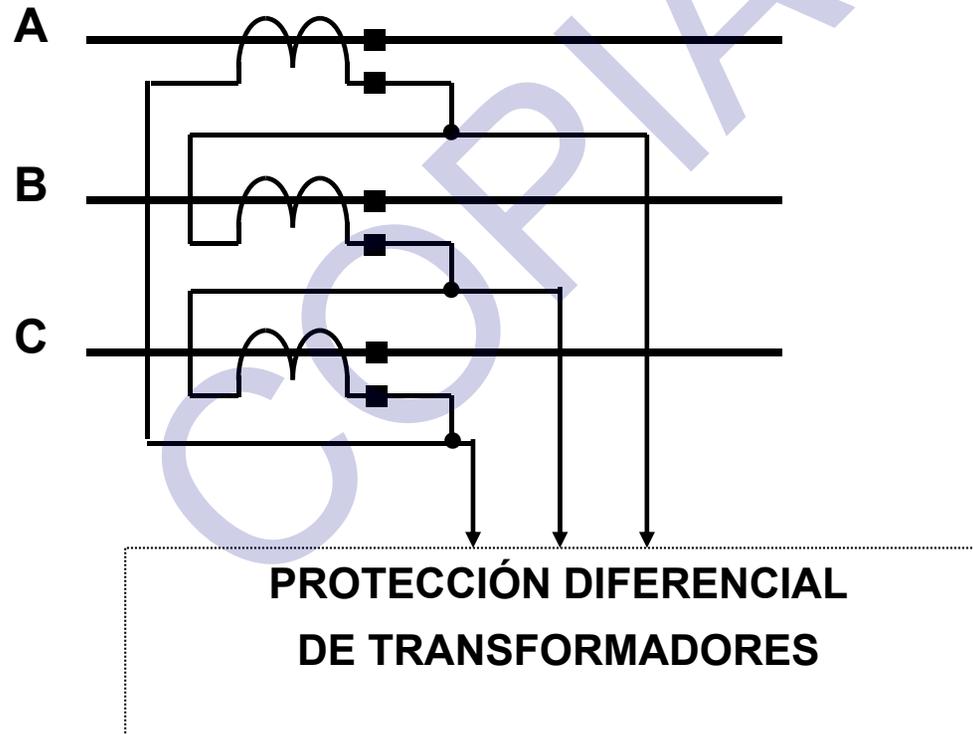
CONEXIONES TRIFÁSICAS (OTRAS)



Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

CONEXIONES TRIFÁSICAS (OTRAS)



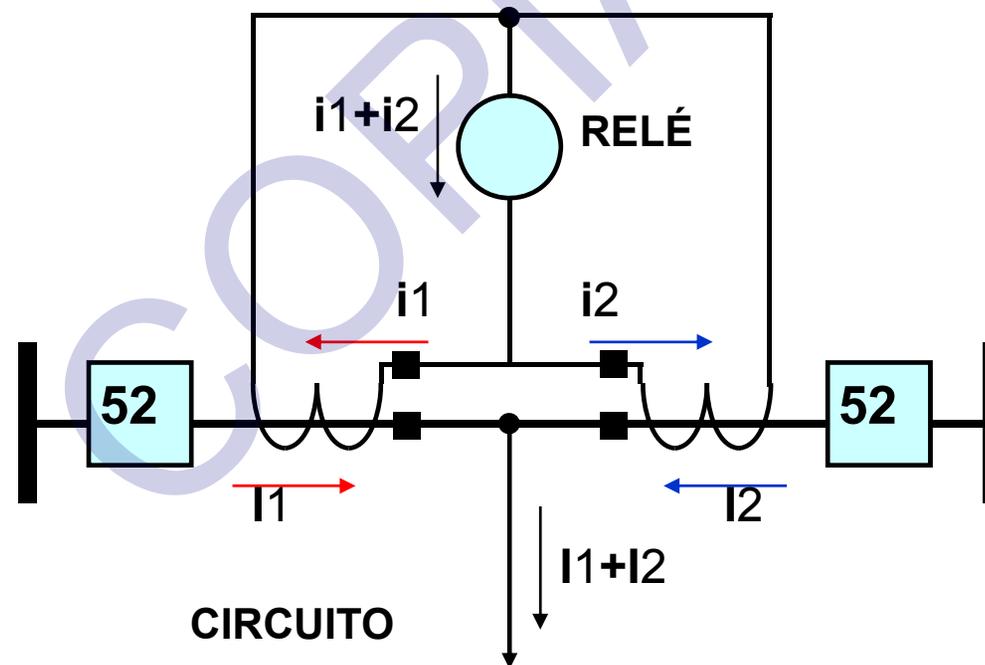
Hay casos de conexión d secundaria (cada vez menos usual).

Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

CONEXIONES TRIFÁSICAS (OTRAS)

CONFIGURACIÓN SUMADORA

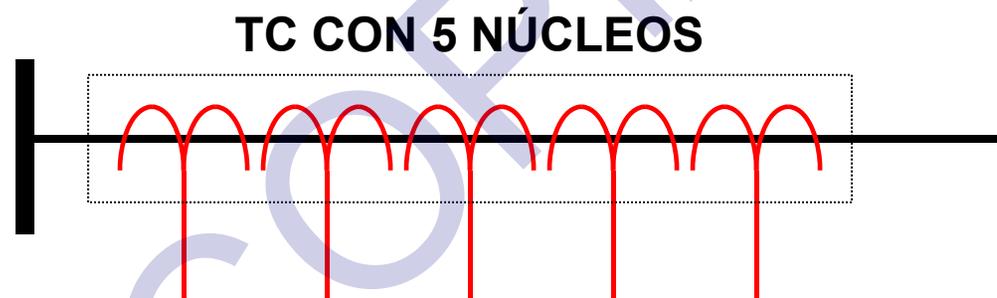


Se usa configuración sumadora cuando la corriente de un circuito está asociada a dos transformadores de corriente.

Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

TRANSFORMADORES CON MÚLTIPLES NÚCLEOS

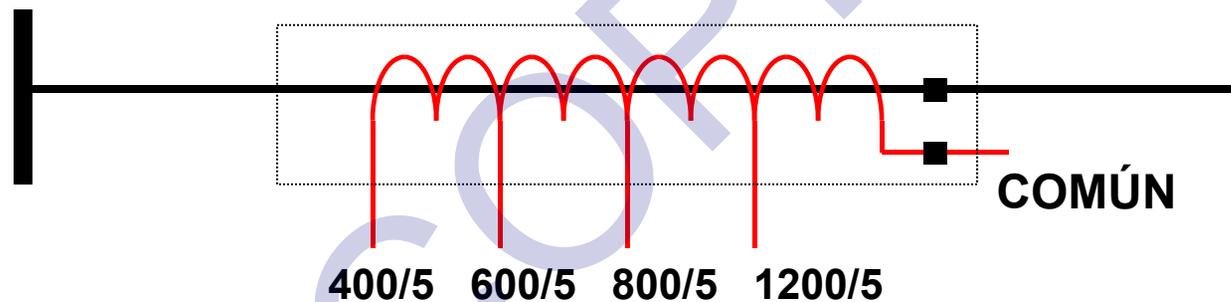


- Un mismo equipo puede tener distintos circuitos secundarios.

Transformadores de Medida

Transformadores de Corriente

SECUNDARIOS CON MÚLTIPLE RELACIÓN



- Un mismo secundario puede tener distintas RTC's.

Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

CLASIFICACIÓN

- a) Transformadores de potencial inductivos.
- b) Transformadores de potencial capacitivos.

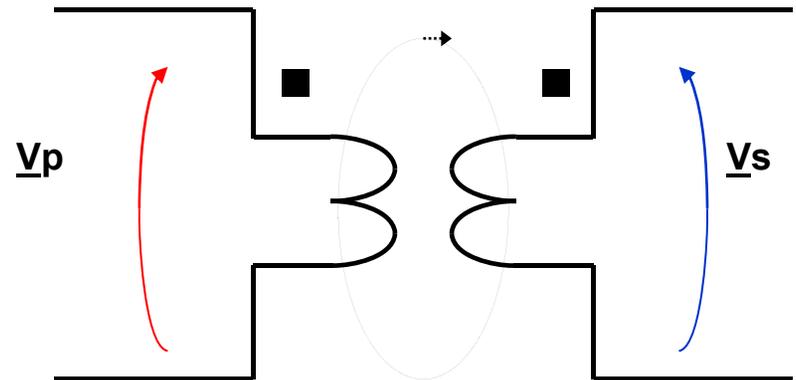
Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVOS

PRINCIPIO BÁSICO DE OPERACIÓN:

Inducción electromagnética.



Es el mismo principio de operación en el cual se basan los transformadores de potencia

Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

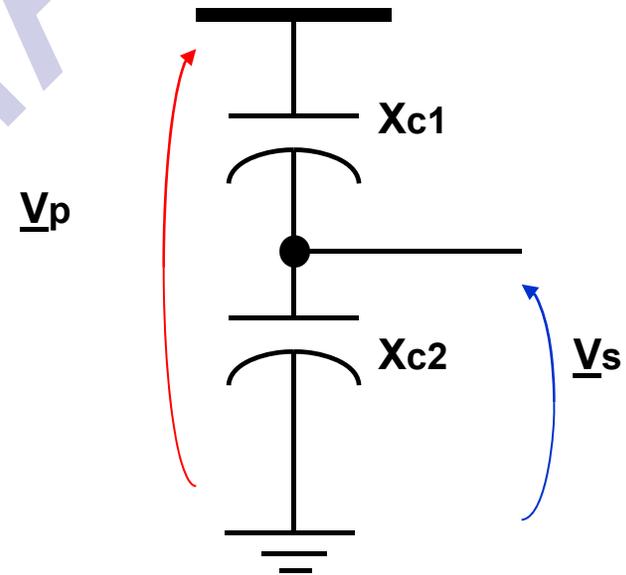
TRANSFORMADORES DE POTENCIAL CAPACITIVOS

PRINCIPIO BÁSICO DE OPERACIÓN:

Divisor de voltaje.



- La relación de tensiones depende de las impedancias
- X_{C2} es mucho menor que X_{C1}



Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

El voltaje del sistema de potencia es el **primario** (V_p).

El voltaje del relé de protección es el **secundario** (V_s).

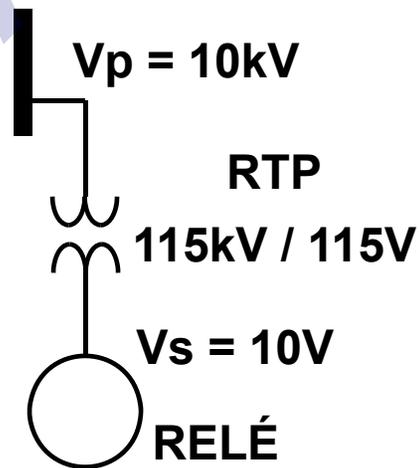
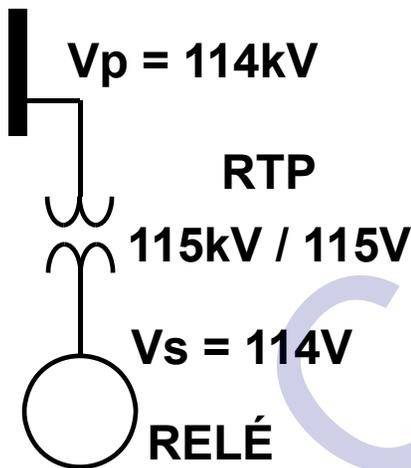
El cociente entre ambos es la **relación de transformación** del transformador de potencial (**RTP**).

$$\text{RTP} = V_p / V_s$$

Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

EJEMPLOS



$$\text{RTP} = 115\text{kV} / 115 = 1000 \Rightarrow V_s = V_p / \text{RTP}$$

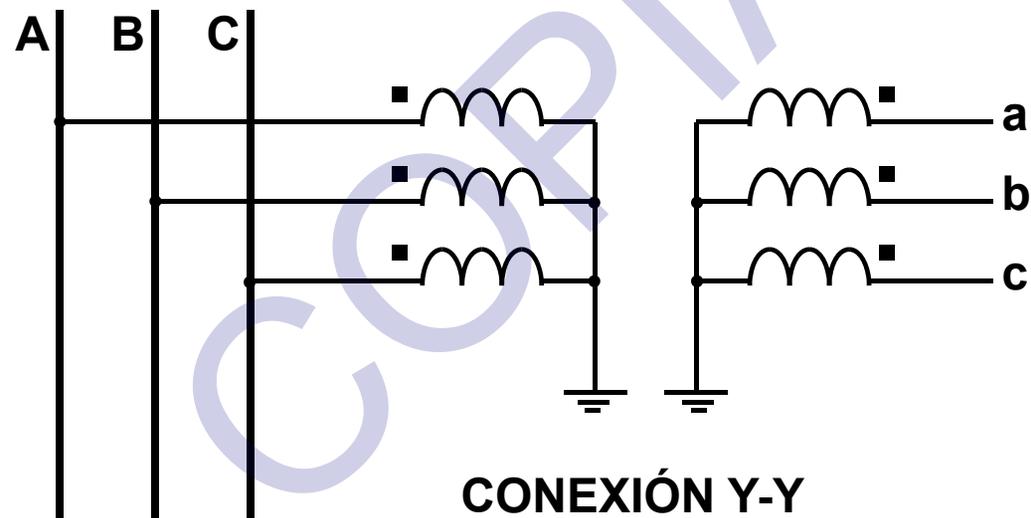
CONDICIÓN DE CARGA

CONDICIÓN DE FALLA

Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

CONEXIONES TRIFÁSICAS USUALES

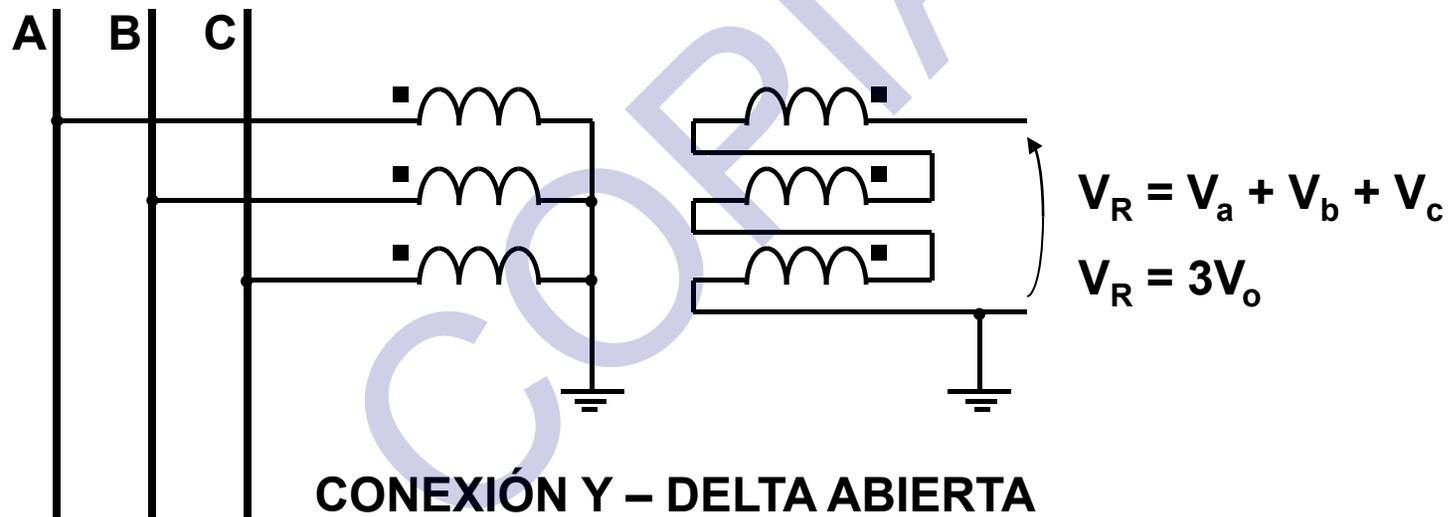


-INFORMACIÓN DE TODOS LOS VOLTAJES (FASE-FASE Y FASE-NEUTRO)

Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

CONEXIONES TRIFÁSICAS USUALES

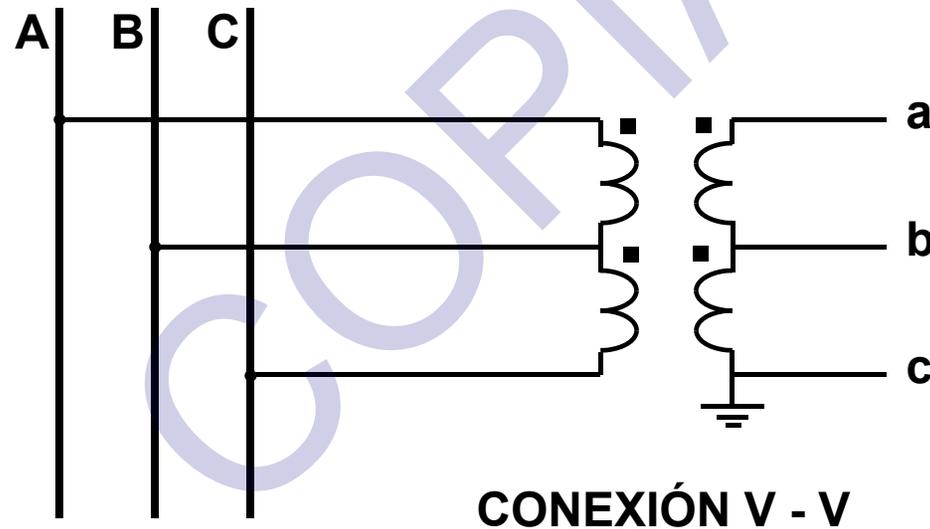


-INFORMACIÓN DEL VOLTAJE RESIDUAL (SECUENCIA CERO)

Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

CONEXIONES TRIFÁSICAS USUALES



-INFORMACIÓN SÓLO DE VOLTAJES FASE-FASE.

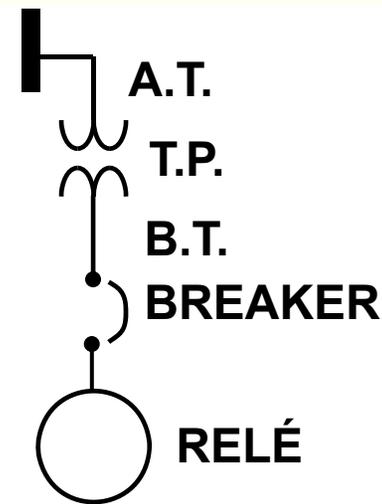
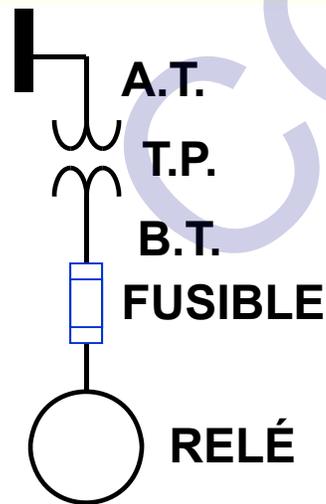
Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

CONEXIONES TRIFÁSICAS USUALES

PROTECCIÓN DEL CIRCUITO SECUNDARIO

El secundario de los transformadores de potencial se protege con fusibles o breakers para baja tensión.



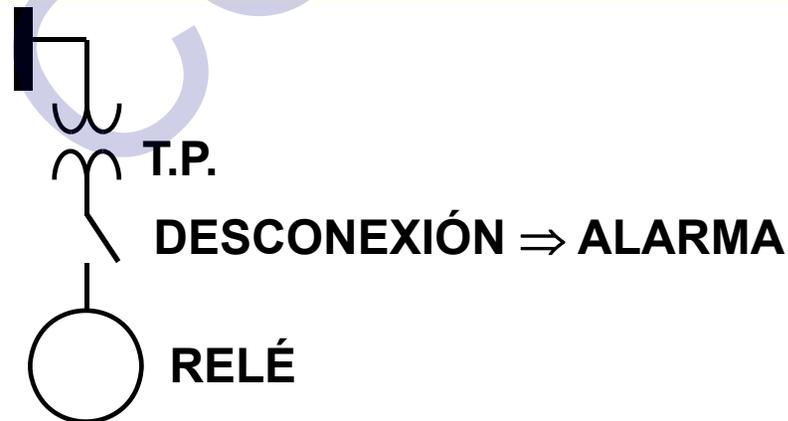
Transformadores de Medida

Transformadores de Potencial

CONEXIONES TRIFÁSICAS USUALES

PROTECCIÓN DEL CIRCUITO SECUNDARIO

La actuación de esta protección suele activar una **alarma** pues hay protecciones asociadas del sistema de potencia que son bloqueadas o inhibidas (para evitar operación errática).



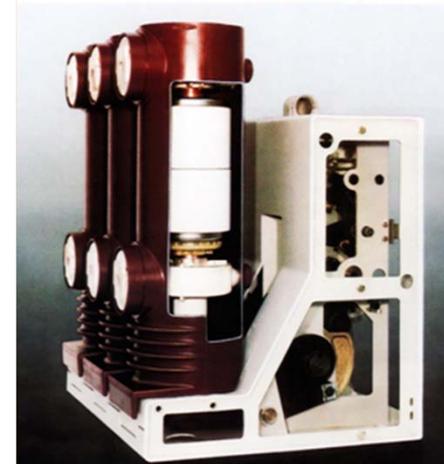
Interruptores de Potencia

Función básica

- Apertura y cierre de los circuitos de potencia, en condiciones normales o en condiciones de falla.
- Tienen cierta capacidad de interrupción para abrir corrientes de falla

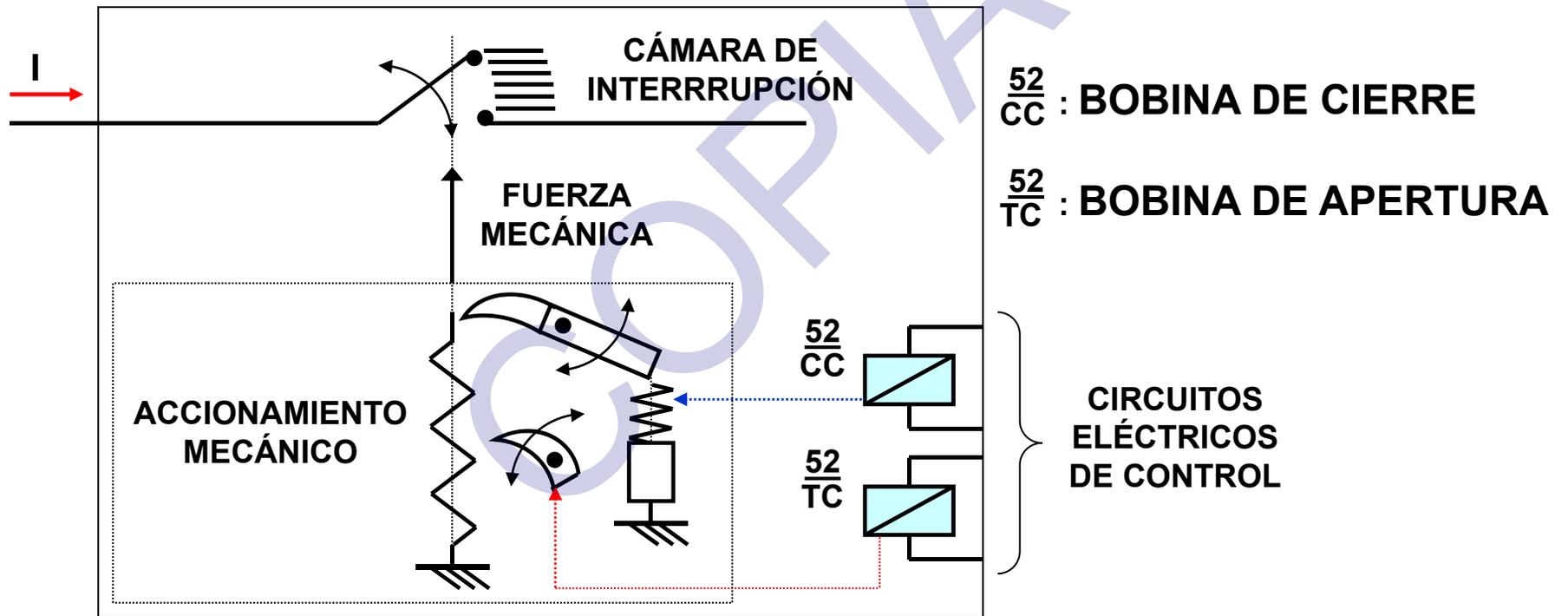
Clasificación según el tipo de cámara de interrupción

- Vacío.
- Gran volumen de aceite.
- Pequeño volumen de aceite.
- Hexafluoruro de azufre (SF₆).
- Otros.



Interruptores de Potencia

COMPONENTES BÁSICOS



Interruptores de Potencia

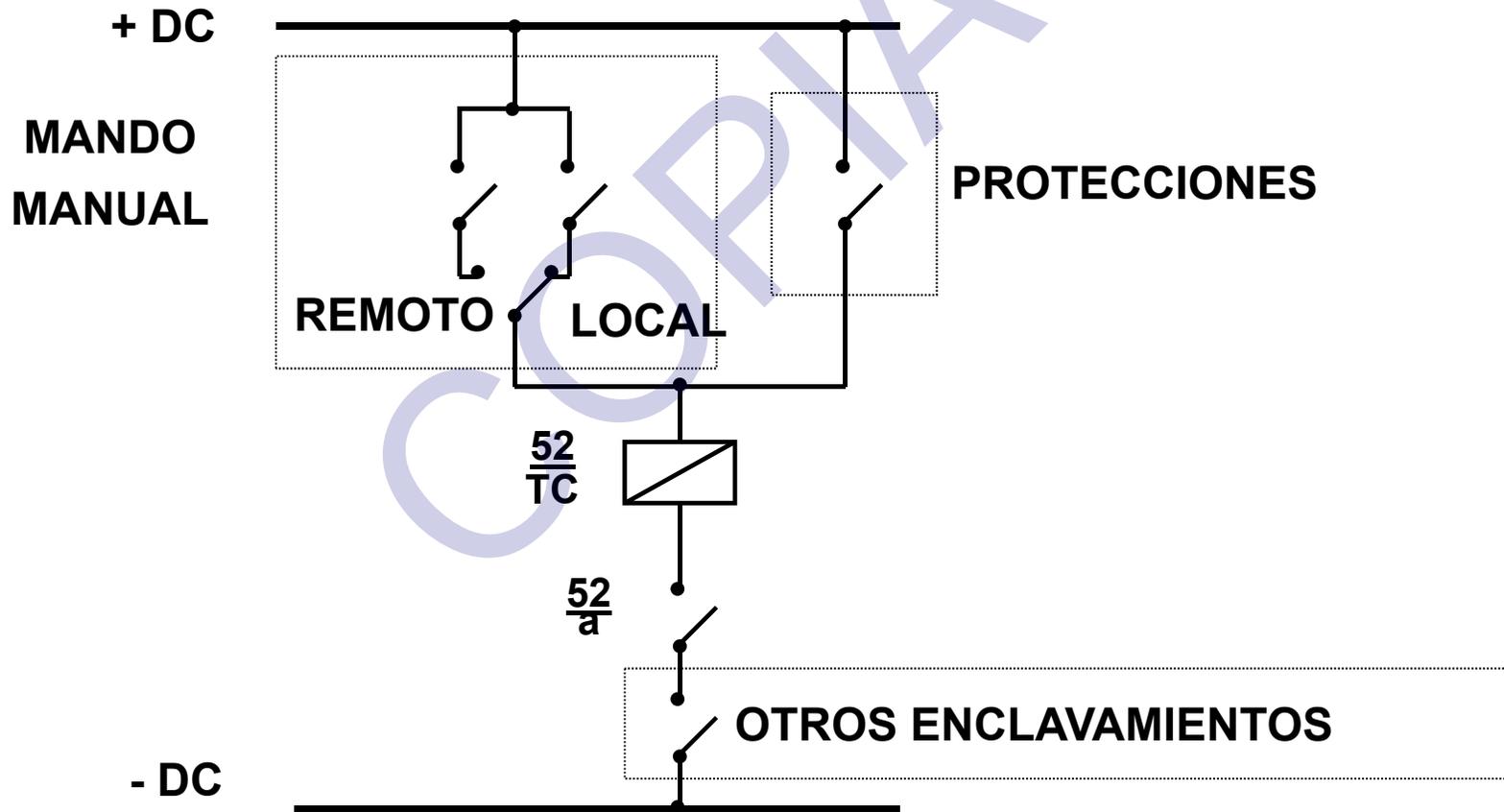
CIRCUITOS DE CONTROL

- Permite las órdenes de cierre y apertura.
- Está formado por bobinas de actuación.
- Por confiabilidad, suele estar diseñado para su alimentación en corriente continua desde los bancos de baterías.

Interruptores de Potencia

CIRCUITOS DE CONTROL

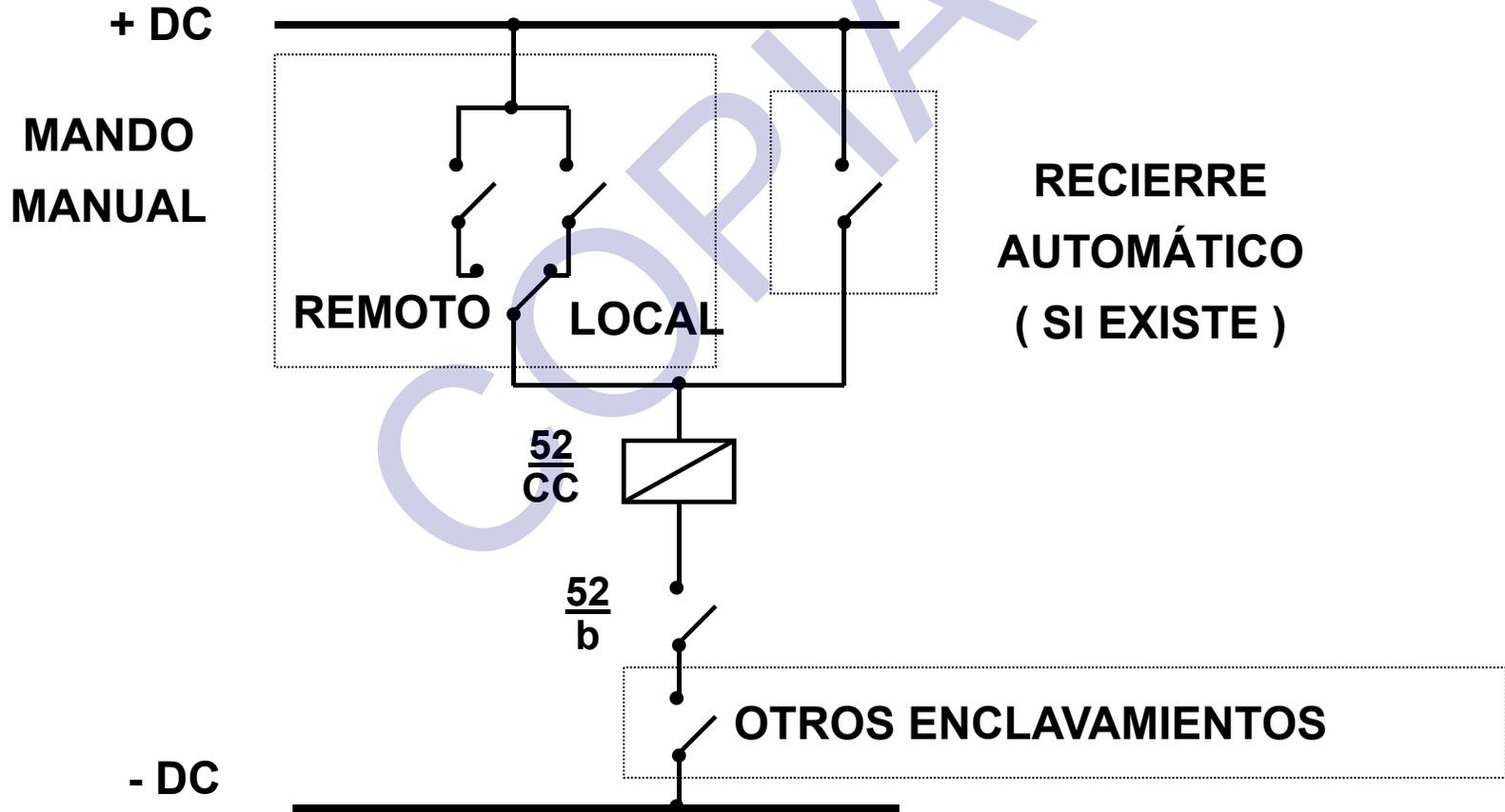
EJEMPLO DE UN CIRCUITO DE APERTURA (SIMPLIFICADO)



Interruptores de Potencia

CIRCUITOS DE CONTROL

EJEMPLO DE UN CIRCUITO DE CIERRE (SIMPLIFICADO)

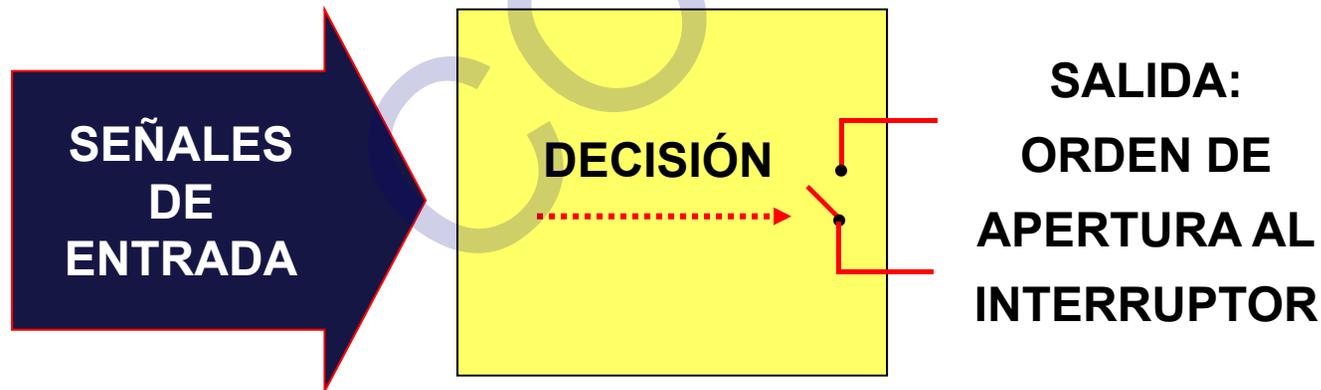


Relés de Protección



Función Básica

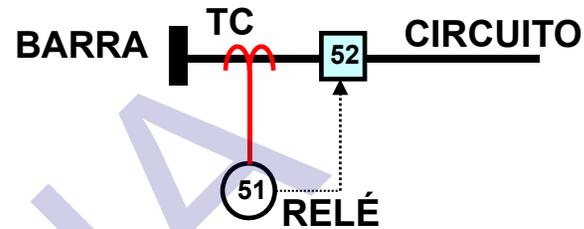
- Procesa las señales para ***decidir*** si es necesario actuar.
- Si es necesario, ordena la actuación del interruptor.



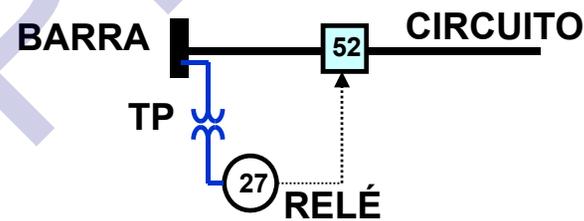
Relés de Protección

Posibles Señales de Entrada

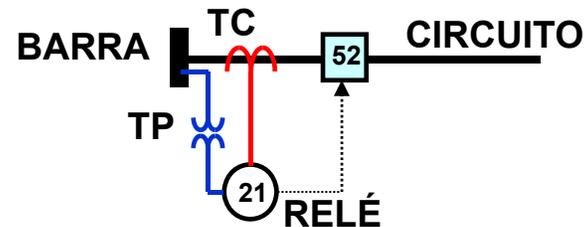
-Corrientes.



-Voltajes.



-Voltajes Y Corrientes.



-Otras (Temperatura, Presión, Etcétera).

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Utilizar las señales
medidas para
convertirlas en
movimiento



Uso de las fuerzas
debidas al magnetismo, o
uso de expansión térmica
debida al calor.

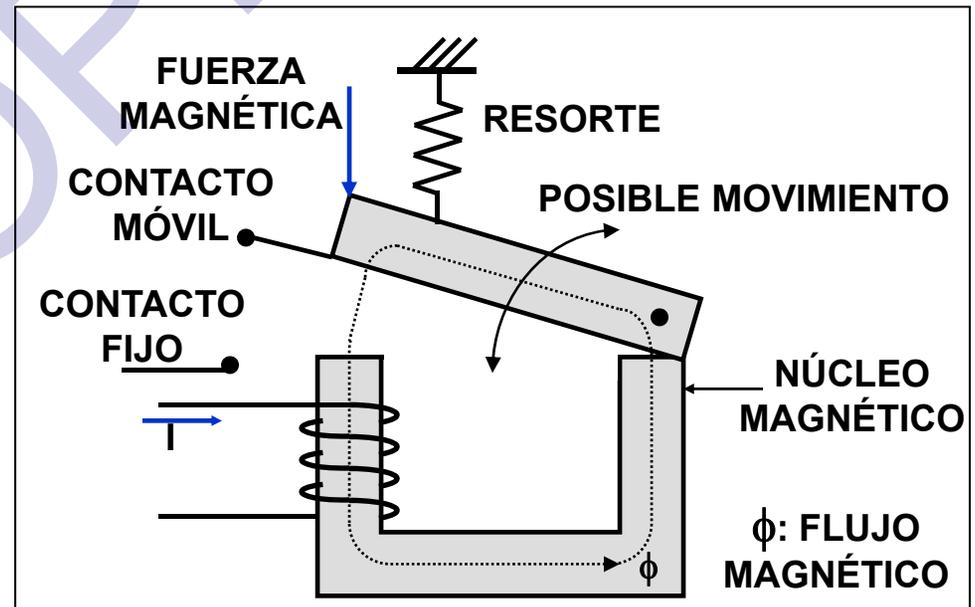
Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente Instantáneo (IOC)

Estructura
Electromagnética



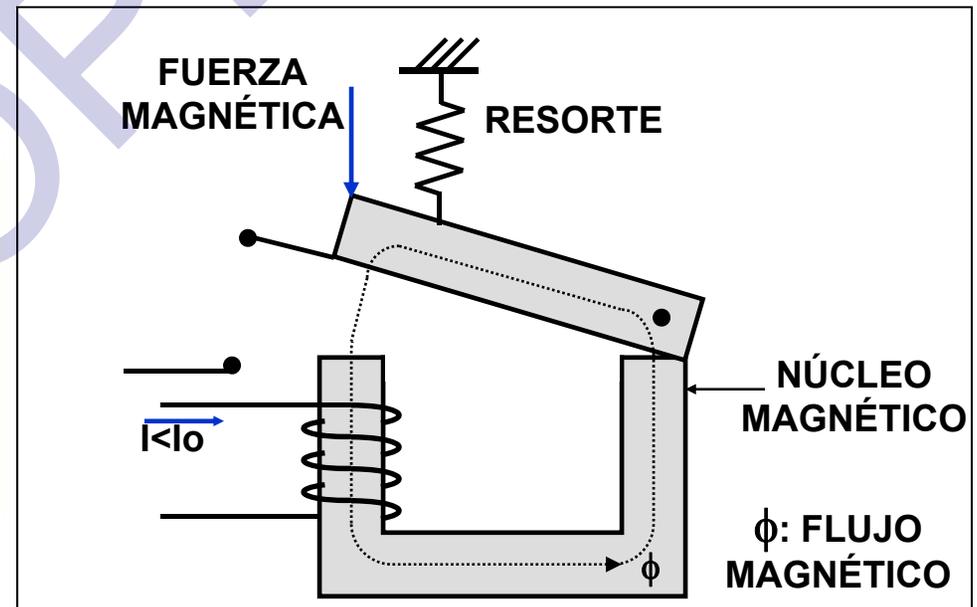
Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente Instantáneo (IOC)

Si la corriente es moderada,
La fuerza magnética no es
Capaz de vencer la acción
del resorte.



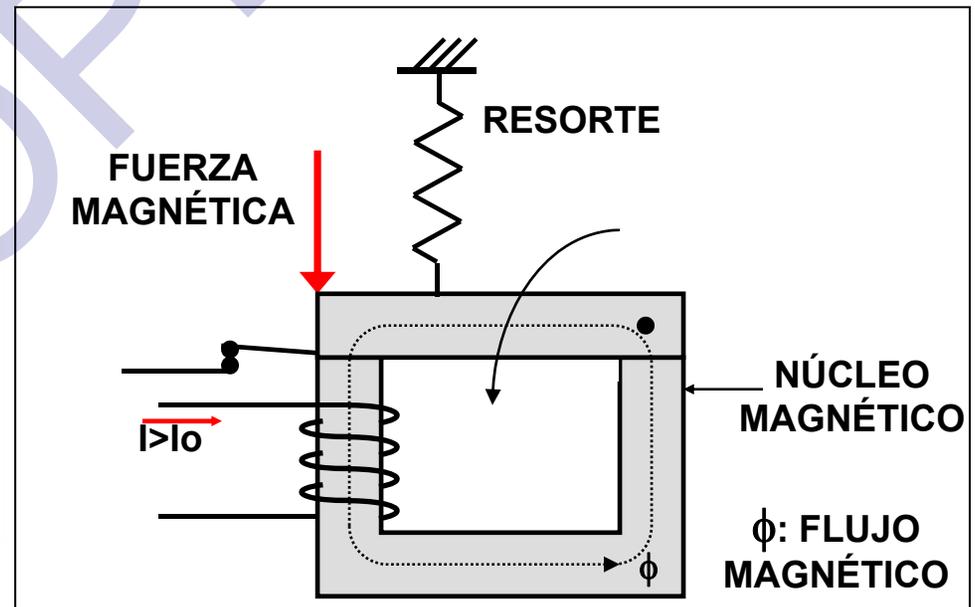
Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente Instantáneo (IOC)

Si la corriente es mayor que el valor “umbral”, la fuerza magnética es capaz de vencer la acción del resorte.



Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente Instantáneo (IOC)

El valor “umbral” puede ser ajustado mediante:

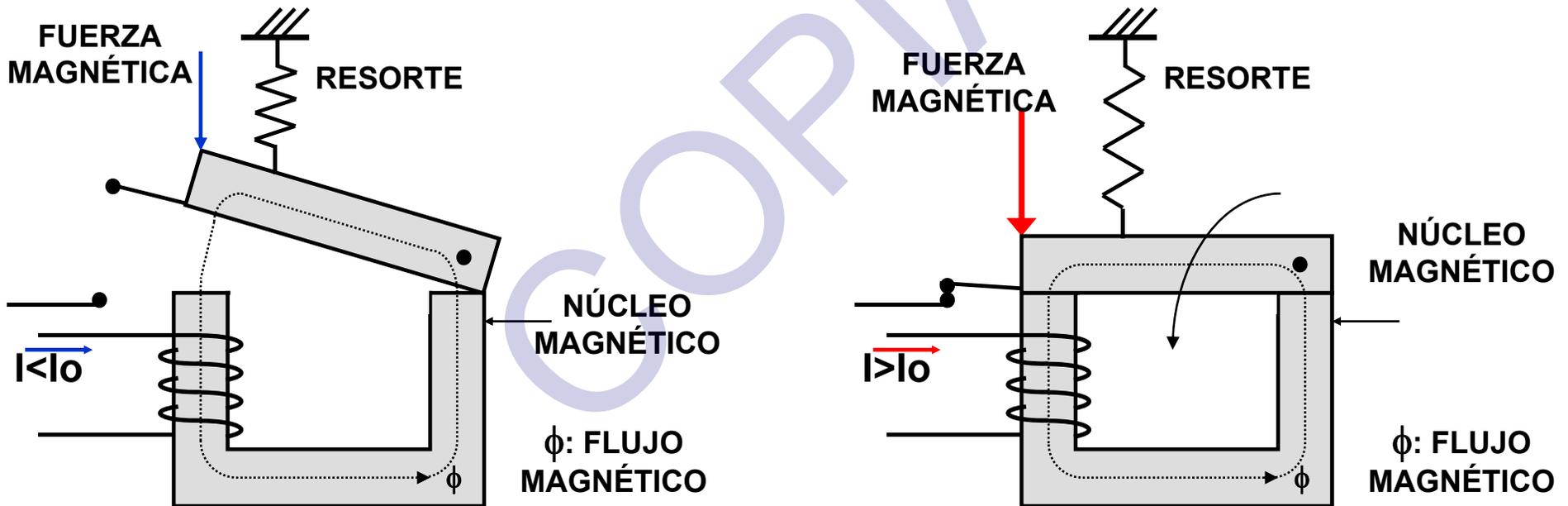
- Cambios en el entrehierro (usual).
- Tomas en la bobina.
- Fuerza del resorte.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente Instantáneo (IOC)



Relé instantáneo \Rightarrow no hay retardo intencional de tiempo: $\Delta t \approx 0,01$ seg.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)

Hay retardo intencional de tiempo (ajustable) para que se produzca el cierre de los contactos.

TOC

Se incrementa la distancia entre contactos

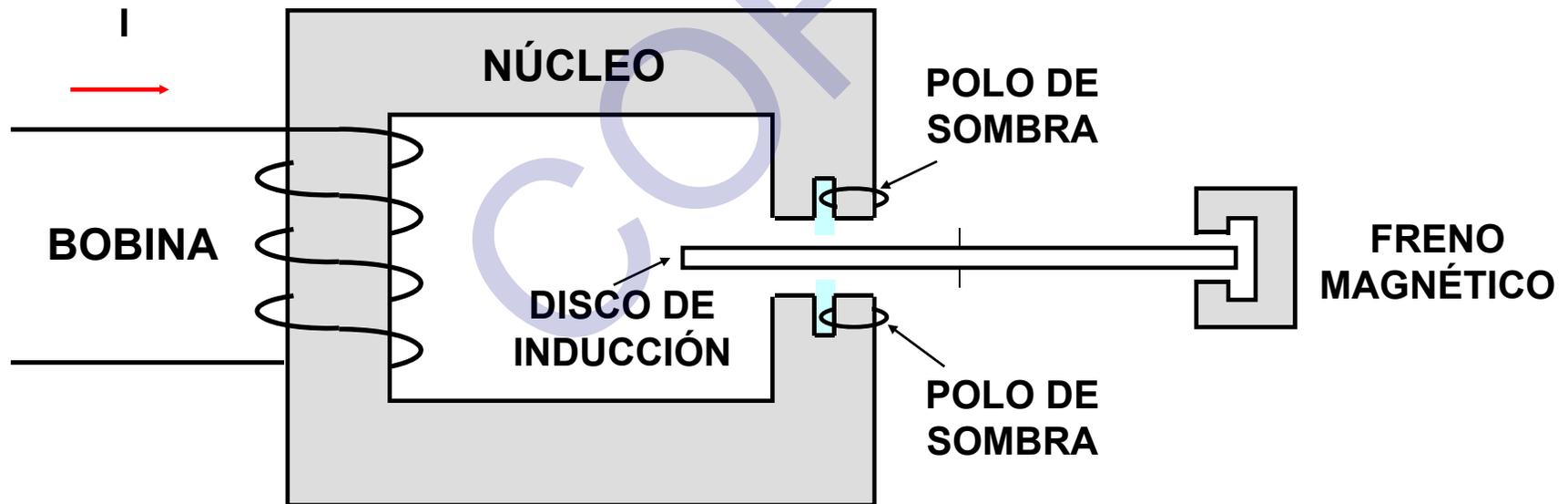
Se incluye un elemento de frenado magnético.
(Caso típico: relé tipo disco de inducción)

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)

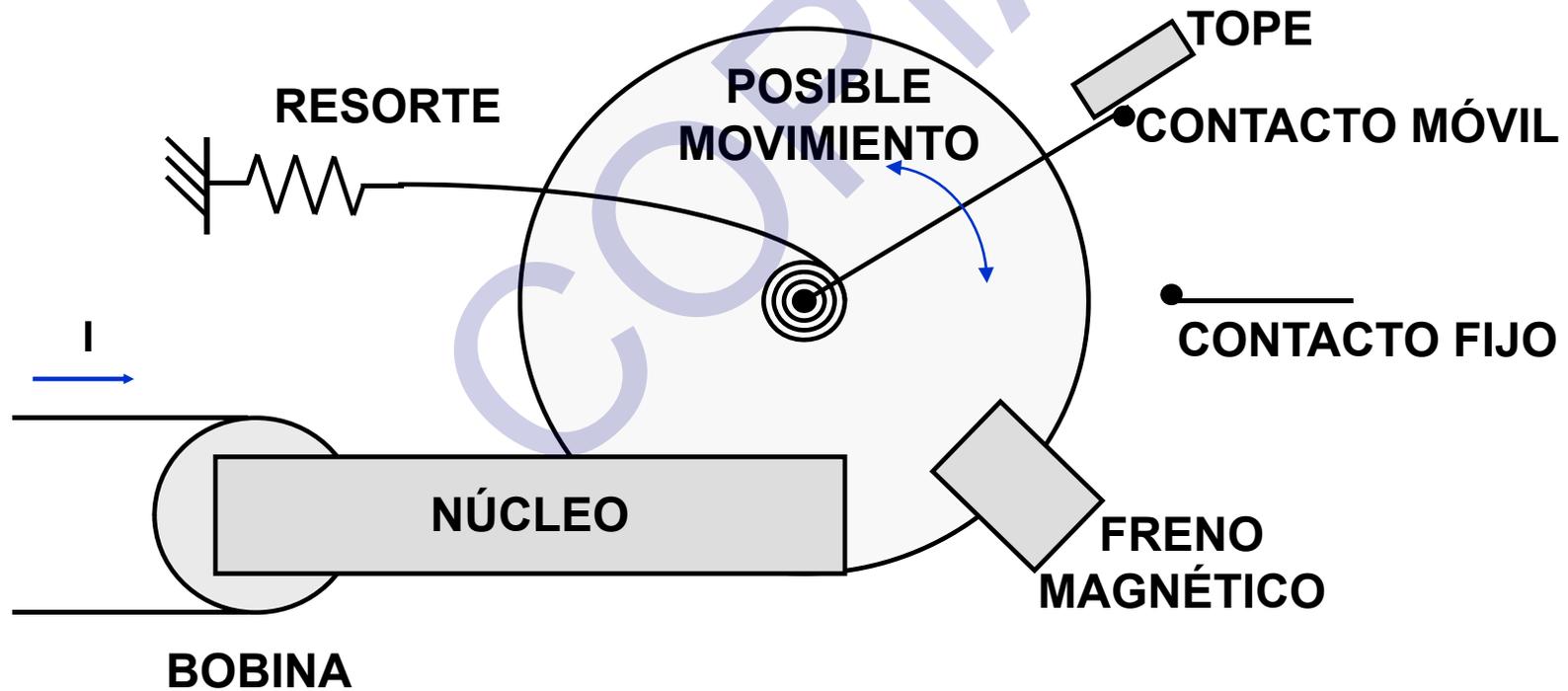


Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)

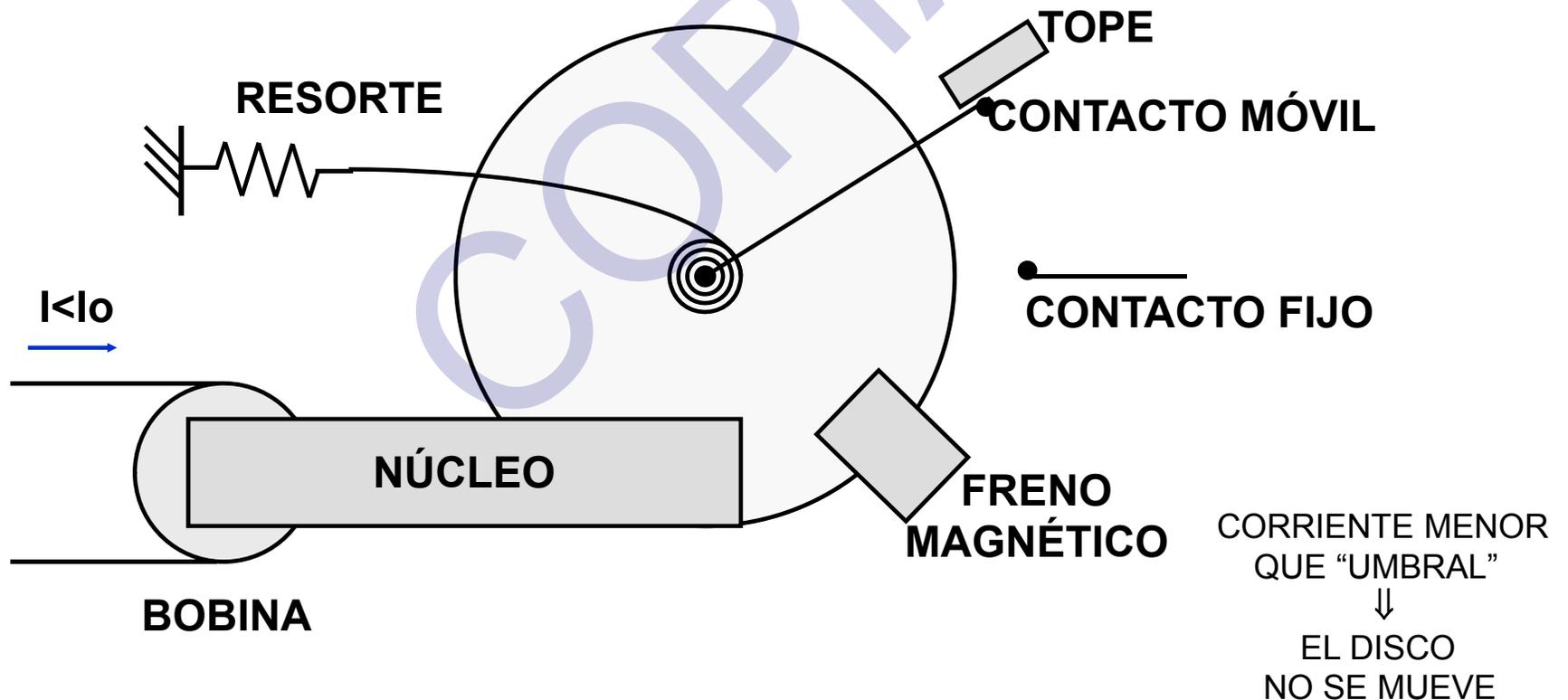


Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)

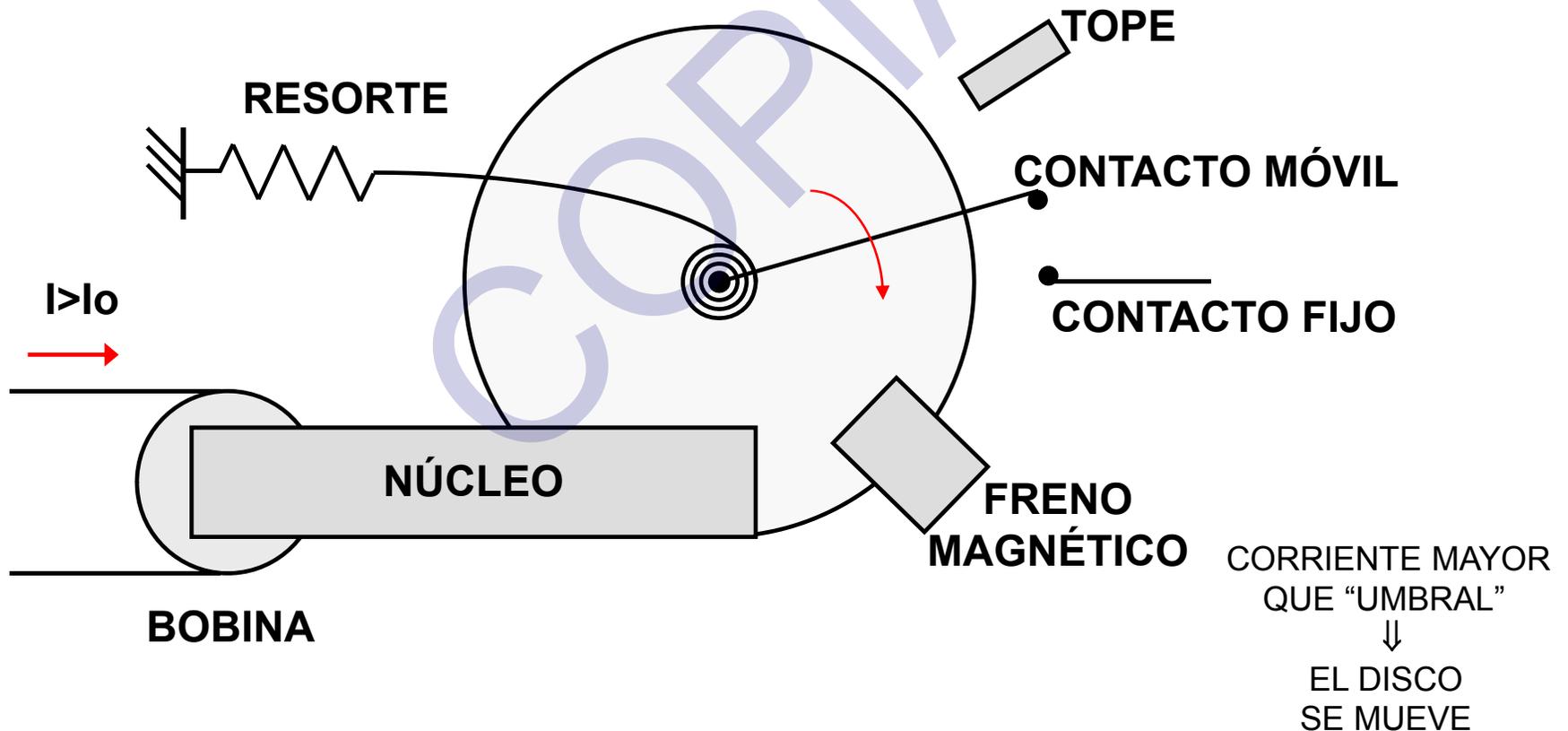


Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)

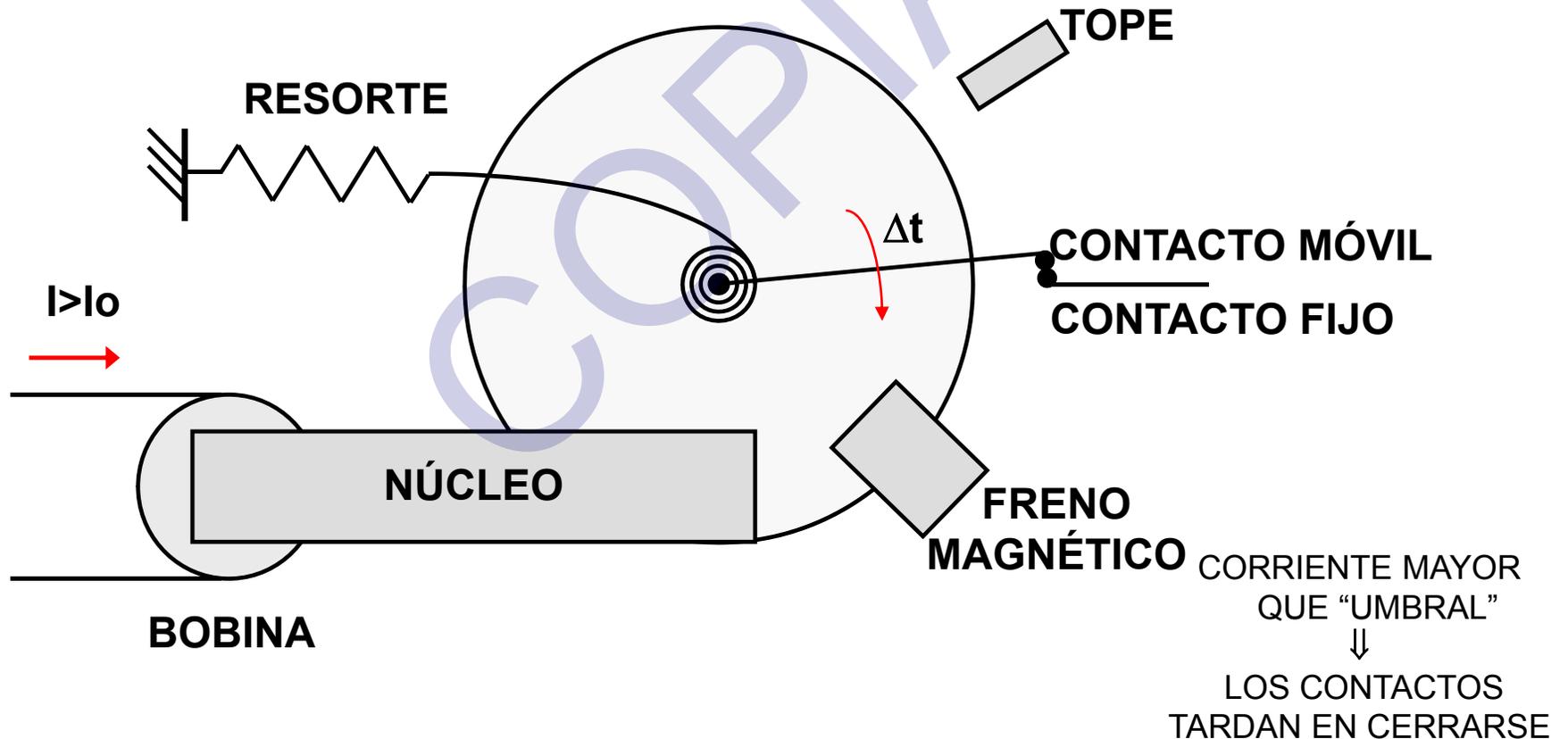


Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)



Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)



TIEMPO t

t_1

I CORRIENTE

I_0

$I_1 > I_0$

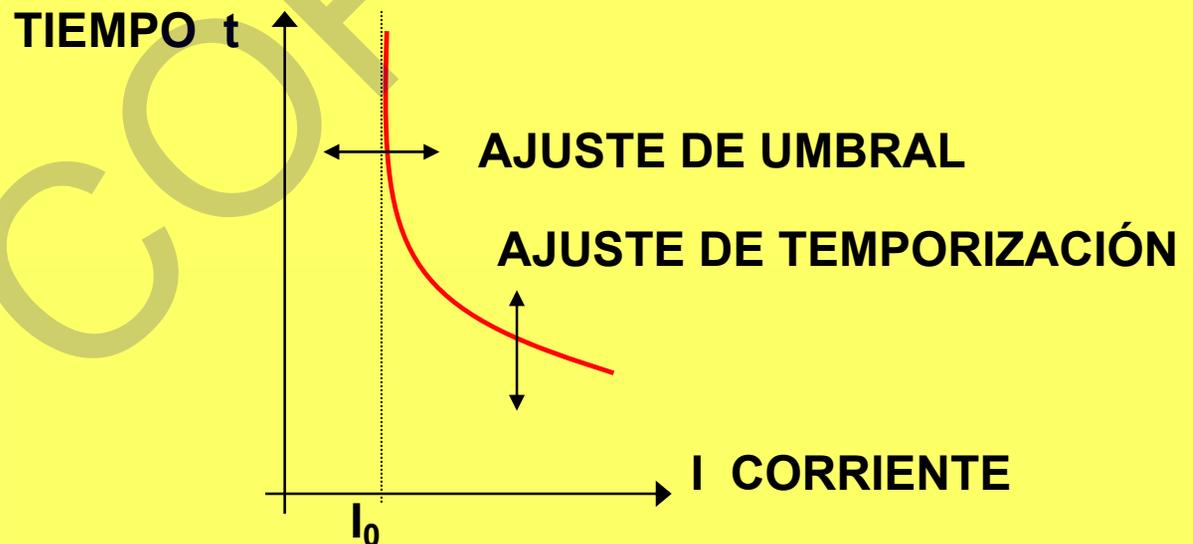
Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)

- El valor “Umbral” puede ser ajustado mediante tomas de la bobina.
- La temporización puede ser ajustada mediante la posición Inicial del tope.



Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)

El grado de inversidad (Inclinación de la curva) No puede ser ajustado, pues depende del diseño específico del relé.



Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Electromecánicos

*Relé de sobrecorriente tipo Temporizado (TOC)
con Instantáneo (IOC)*

Las bobinas de detección se conectan en serie, y cualquiera de los dos elementos puede activar el disparo del interruptor.

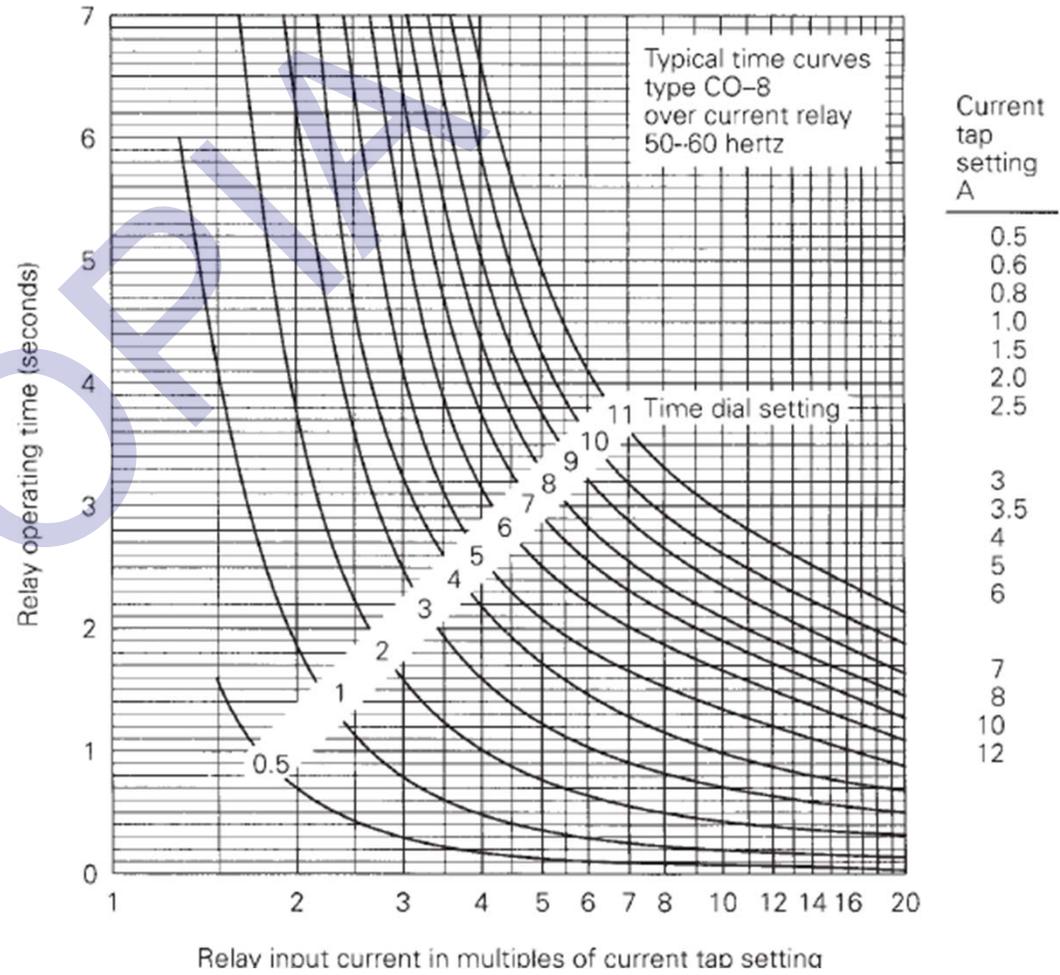


Relés de Protección

Electromecánicos



CO-8 time-delay overcurrent relay characteristics (Courtesy of Westinghouse Electric Corporation)



Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

Utiliza las señales medidas
para procesarlas con
dispositivos electrónicos
analógicos



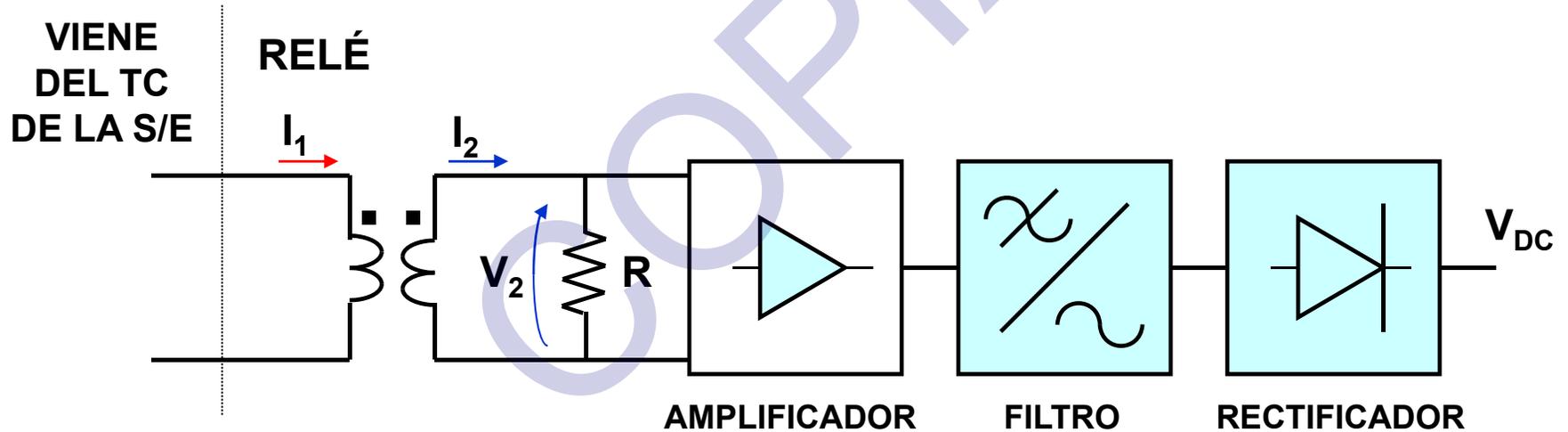
Uso de circuitos electrónicos
amplificadores, integradores,
detectores de nivel,
comparadores de magnitud/fase,
y otros.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

ETAPA DE ADECUACIÓN DE SEÑALES



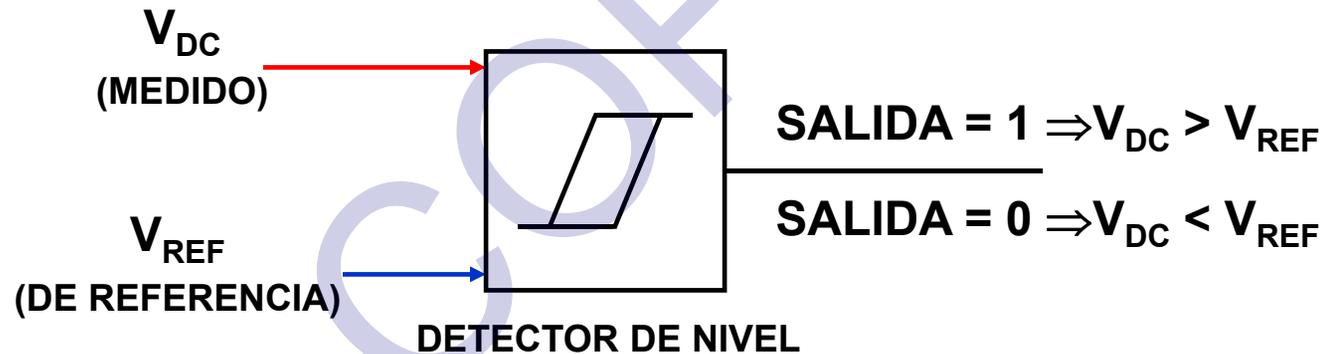
Se obtiene un voltaje dc proporcional a la corriente.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

ETAPA DE DETECCIÓN DE SOBRECORRIENTE



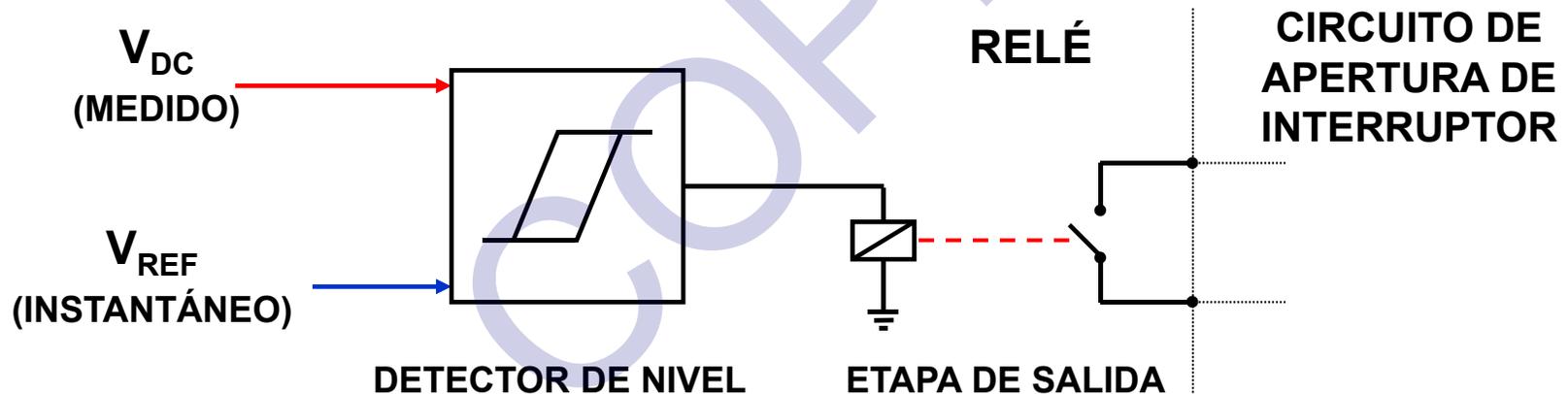
Se compara con el valor de referencia (ajustable).

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

ETAPA DE SALIDA (DISPARO DE INTERRUPTOR)

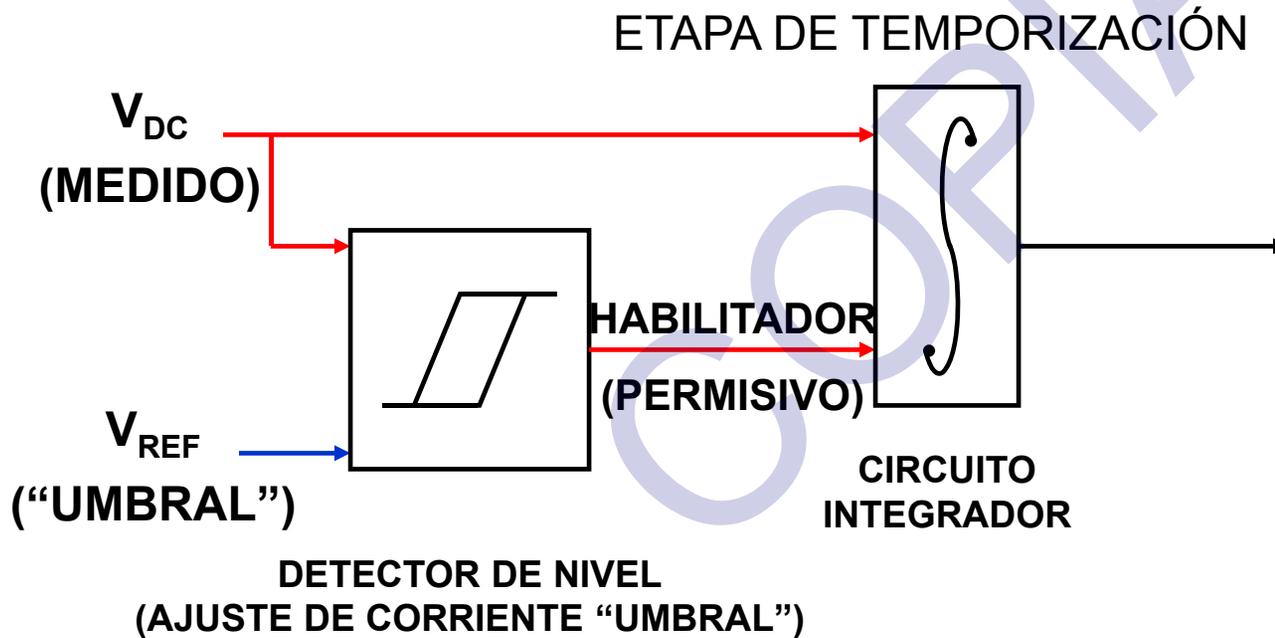


El detector instantáneo sólo compara el nivel para decidir.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

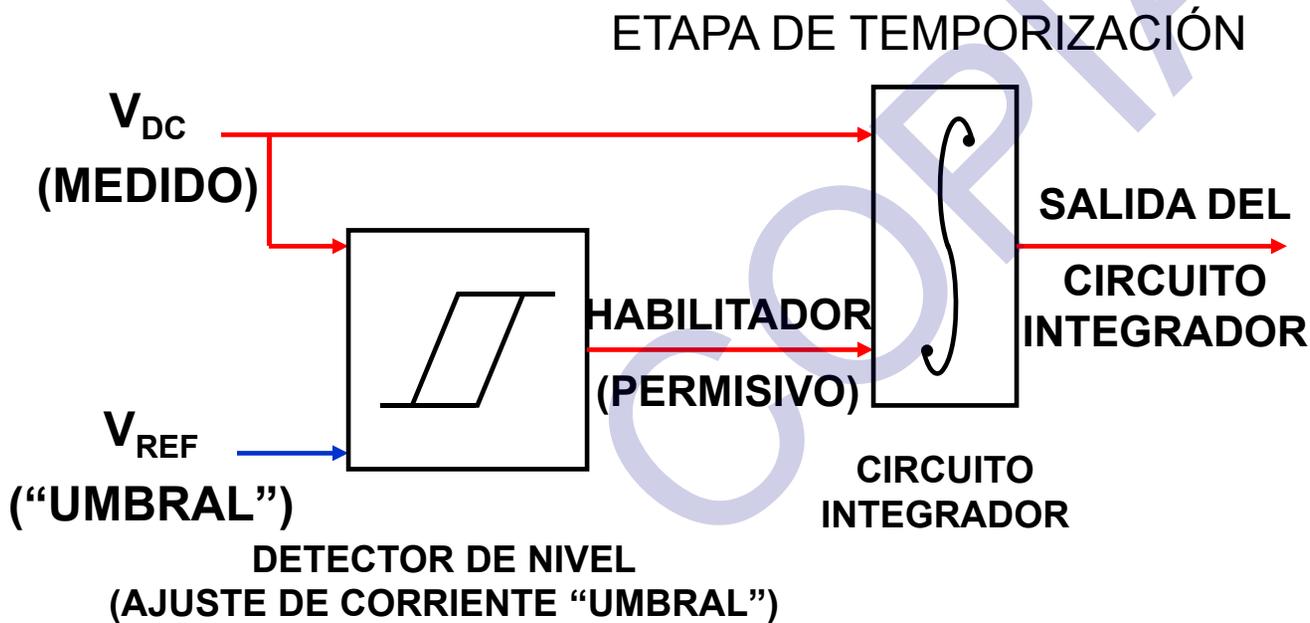


El integrador se inicializa si la corriente supera el "umbral".

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

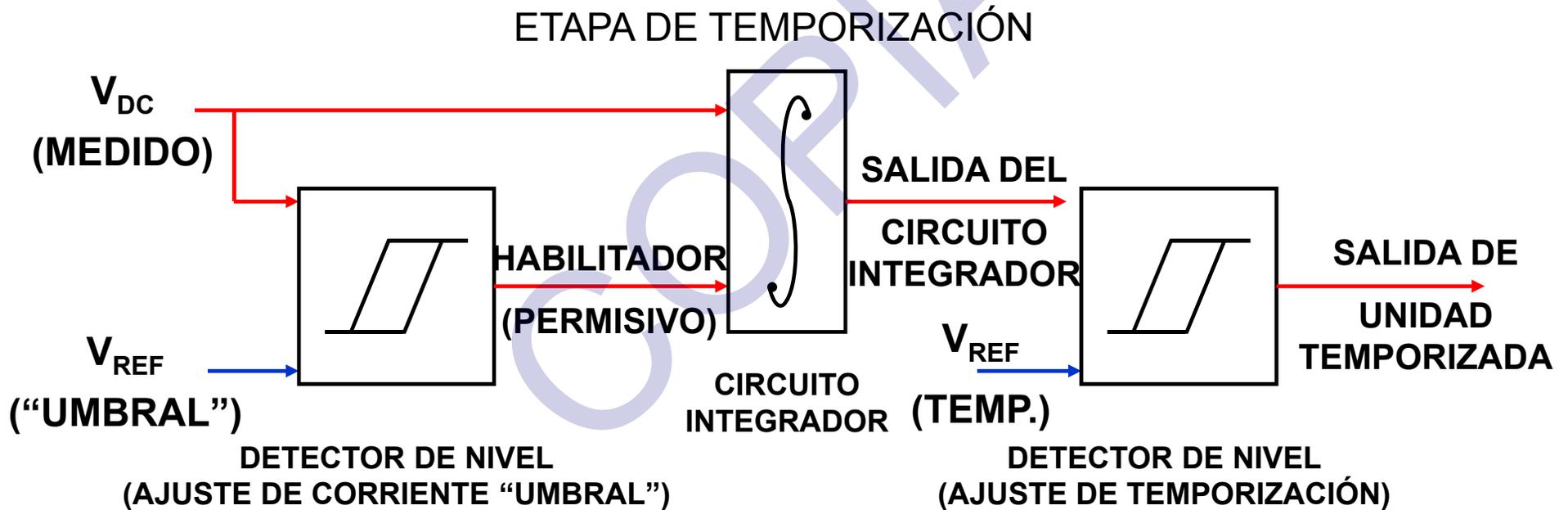


La salida del integrador se incrementa en el tiempo.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos



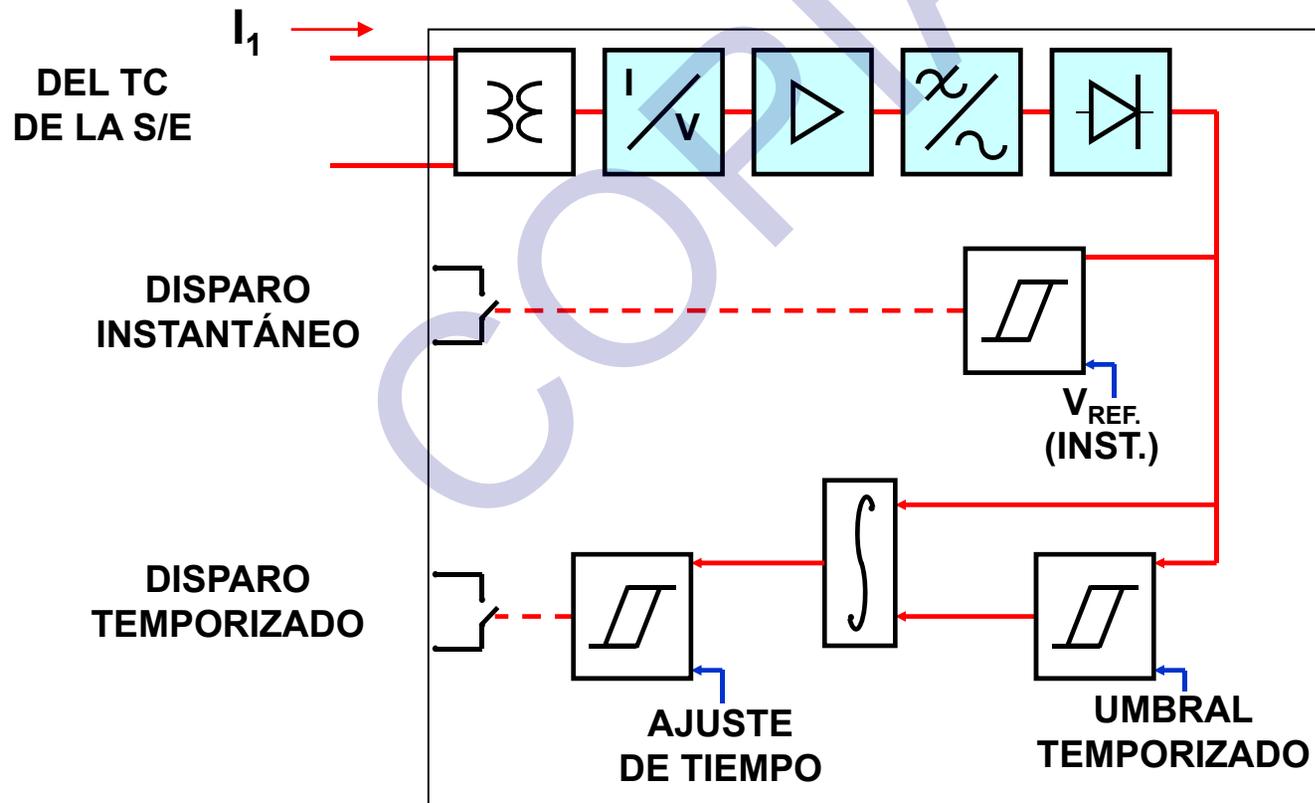
Salida del integrador mayor que valor de ajuste \Rightarrow disparo.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

ESQUEMA COMPLETO (SIMPLIFICADO)



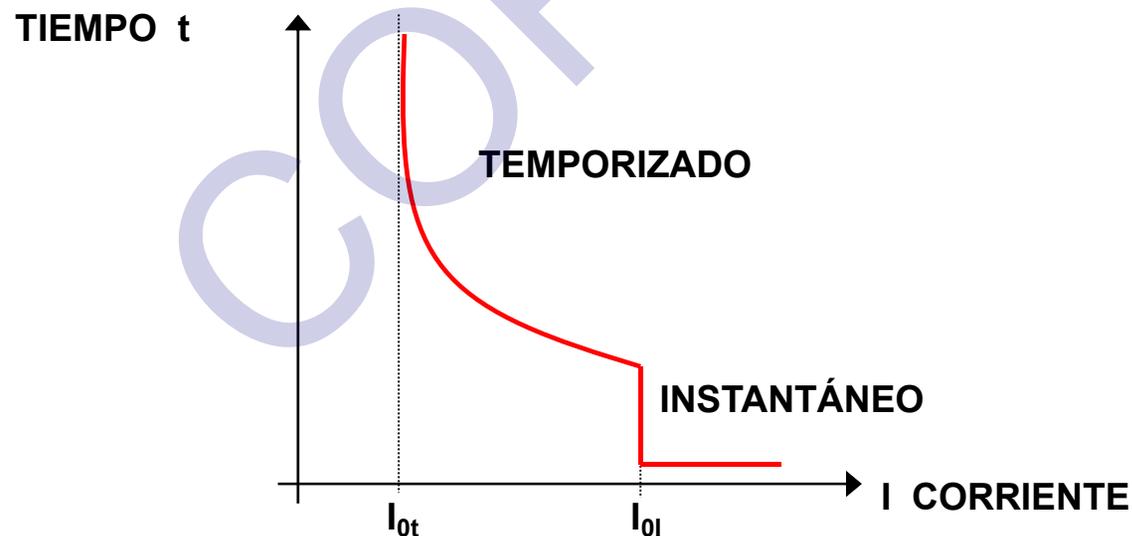
Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

¿ CÓMO SON LAS CURVAS TIEMPO-CORRIENTE ?

SIMILARES AL CASO ELECTROMECAÁNICO



Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Analógicos

¿ Cómo se cambia el grado de inversidad de las curvas ?

Generalmente hay que cambiar

La “tarjeta” de temporización,

Pero no es necesario cambiar el relé

(como sí ocurre en el caso electromecánico).

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos

Utiliza las señales medidas para convertirlas en números que son procesados por su computador interno



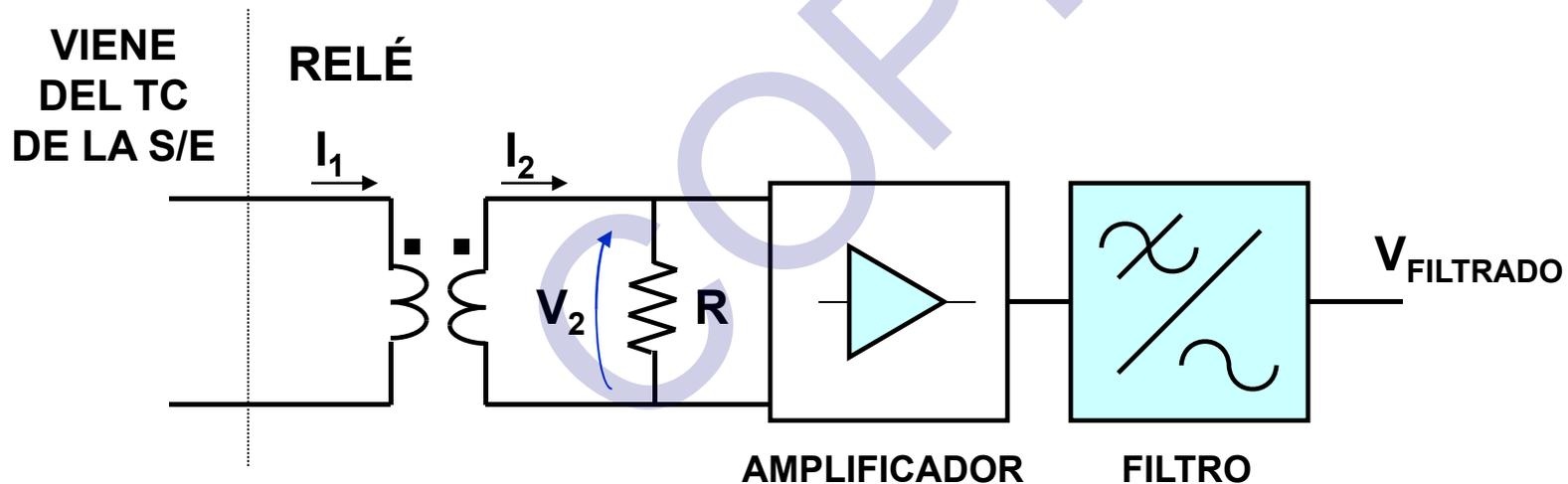
Uso de conversores análogo-digitales y de procesamiento computarizado de valores mediante ***microprocesadores*** (μPX).

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos

ETAPA DE ADECUACIÓN DE SEÑALES



Se obtiene un voltaje AC proporcional a la corriente.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos



Se obtienen los valores numéricos de las señales.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos

ETAPA DE MUESTREO



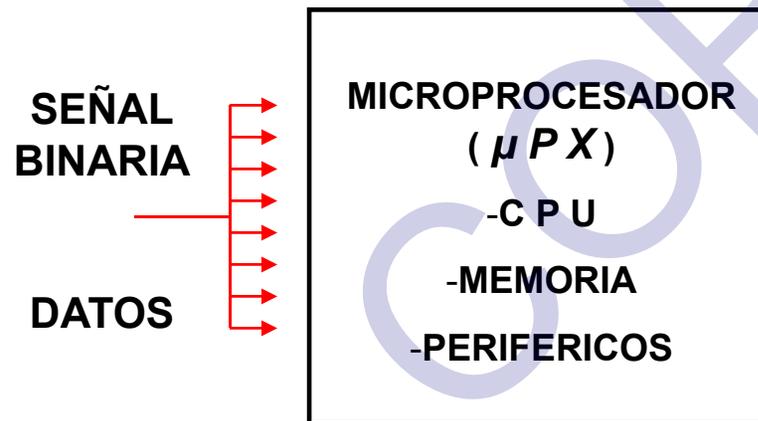
Velocidad de muestreo \Rightarrow un *número de muestras por ciclo*.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos

ETAPA DE PROCESAMIENTO

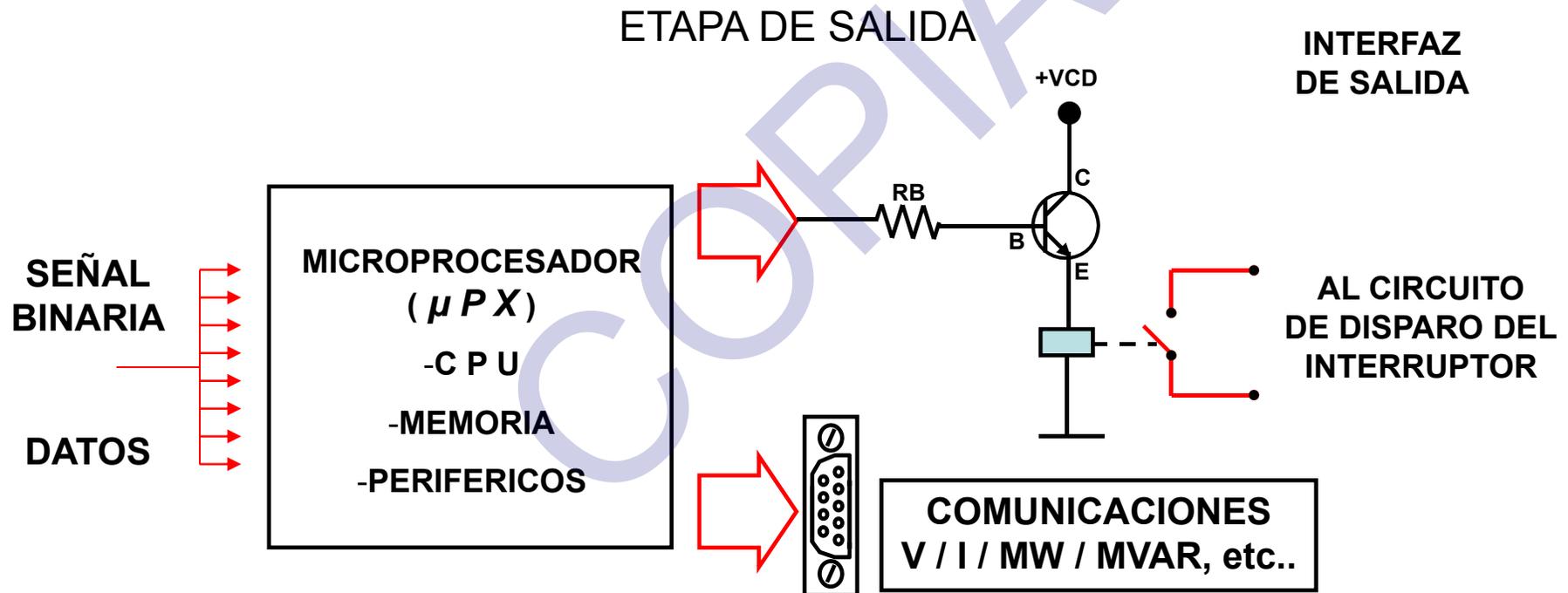


El **software** del μpx procesa las muestras adquiridas.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos



Si se requiere el disparo, el $\mu p x$ activa el circuito de salida.

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos

Software

Es la programación interna del dispositivo (conjunto de instrucciones)

Ejecuta las funciones de protección. Para el caso de la función de sobrecorriente, calcula la magnitud de la corriente, calcula la temporización y activa el disparo, si es necesario.

Ejecuta otras funciones: Comunicación, medición, registro de eventos, etc.

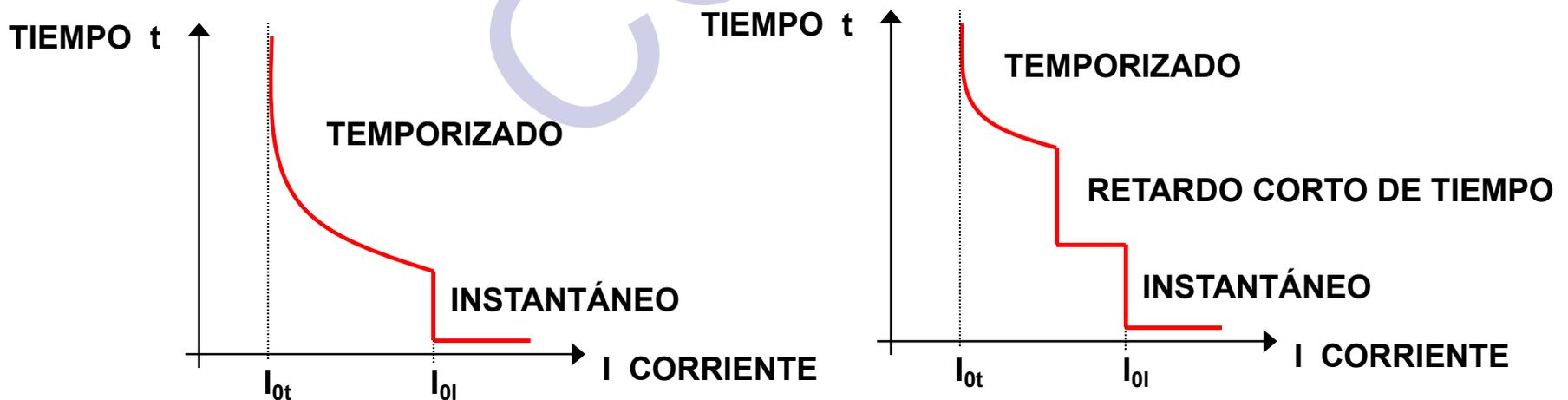
Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos

¿Cómo son las curvas tiempo-corriente ?

Similares al caso electromecánico, con otras posibilidades (ejm: retardo corto de tiempo) y con otras posibilidades (ejm: función de secuencia Negativa)



Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos

¿ Cómo se cambia el grado de inversidad de las curvas ?

“***por software***”: en los ajustes que introduce el usuario.

No hay que cambiar nada en la circuitería
(como sí ocurre en los casos anteriores:
Electromecánico y Electrónico Analógico).

Relés de Protección

Clasificación según su tecnología de fabricación

Numéricos

Applications



- Primary protection and control for distribution feeders on solidly grounded, high impedance grounded or resonant grounded systems
- Bus blocking/Interlocking schemes
- High-speed fault detection for arc flash
- Throw over schemes (bus transfer scheme)
- Load shedding schemes based on voltage and frequency elements
- Back-up protection for transmission lines, feeders and transformers
- Distributed Generation (DG) interconnect protection

Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

Aplicación de Relés de Sobrecorriente



Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

Nomenclatura ANSI de relés de sobrecorriente

Códigos Por Temporización:

51: Temporizado

50: Instantáneo

Otros Códigos:

50N / 51N: De Neutro

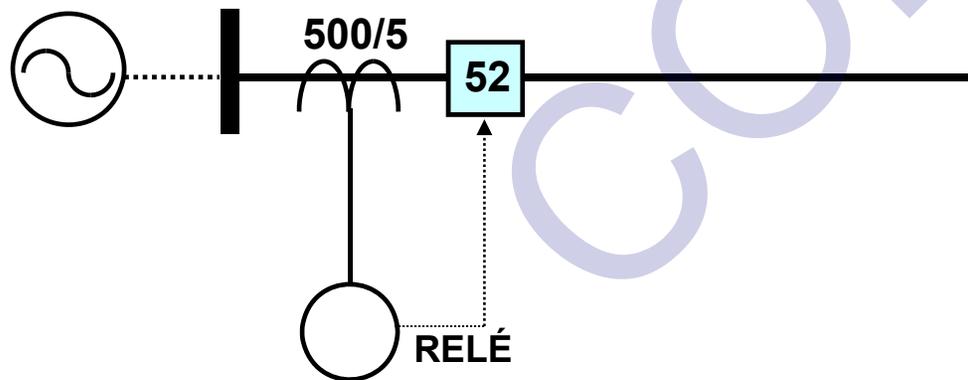
51V: Controlado Por Voltaje

50G / 51G: De Tierra

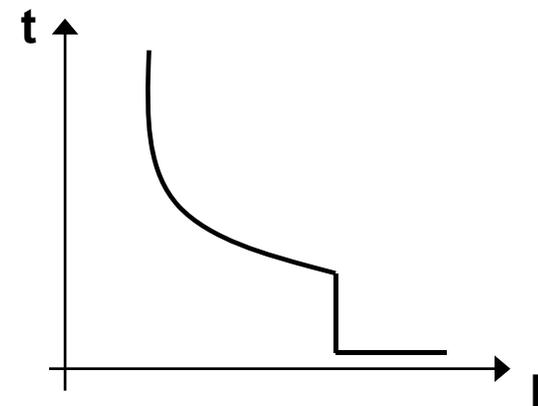
Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

Protección de Líneas Radiales

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVA DEL RELÉ



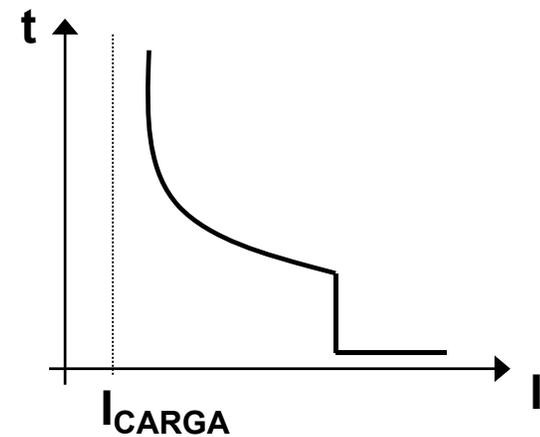
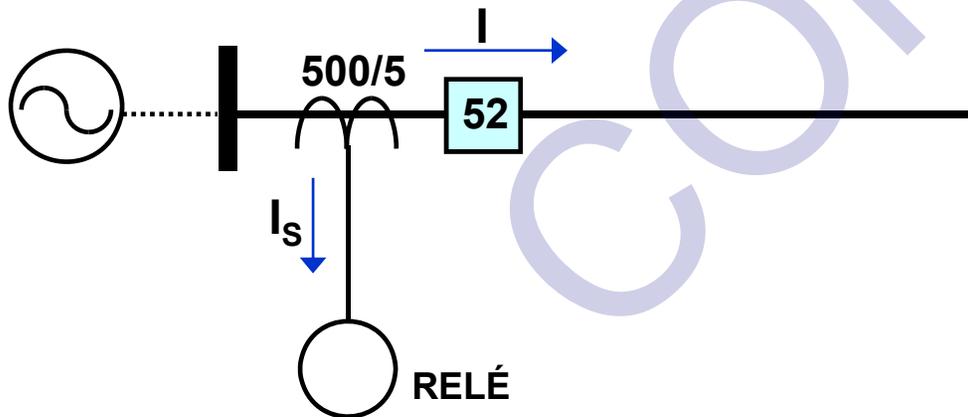
Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

Protección de Líneas Radiales

CONDICIÓN NORMAL (CARGA)

UNIFILAR DEL SISTEMA

CURVA DEL RELÉ

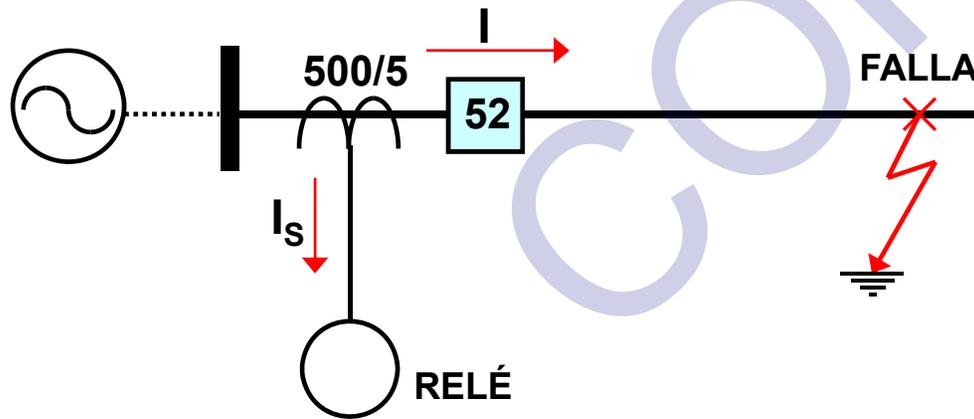


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

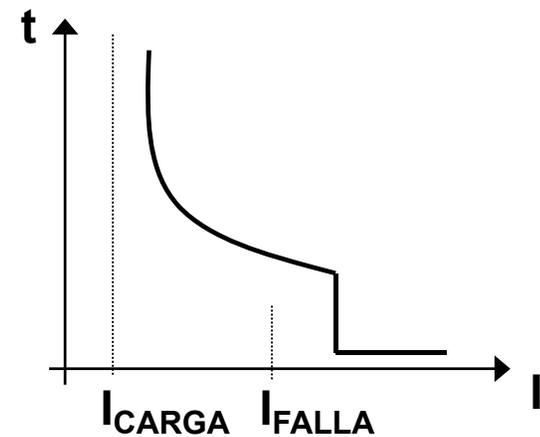
Protección de Líneas Radiales

ANTE FALLAS, LA CORRIENTE SUPERA EL VALOR "UMBRAL"

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVA DEL RELÉ

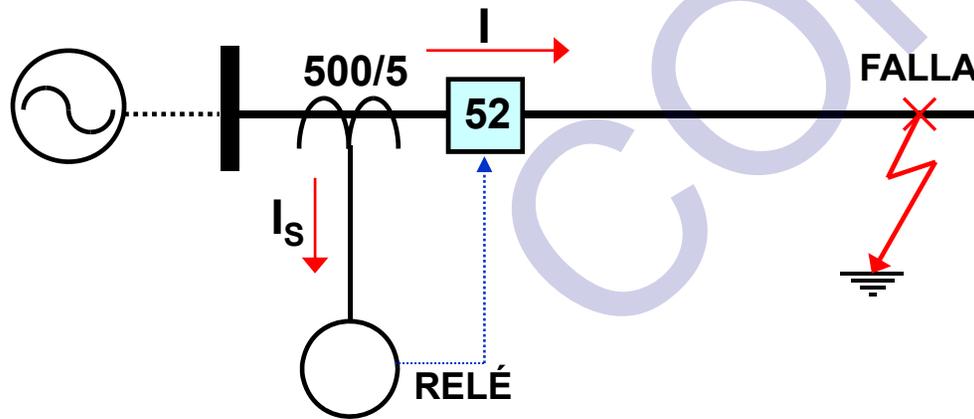


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

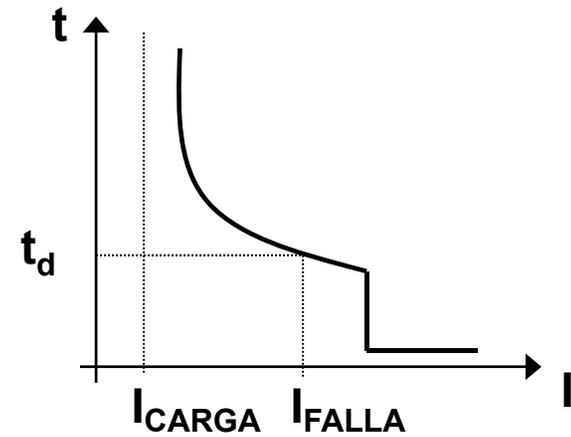
Protección de Líneas Radiales

AL CULMINAR EL TIEMPO (t_d), EL RELÉ ORDENA EL DISPARO

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVA DEL RELÉ



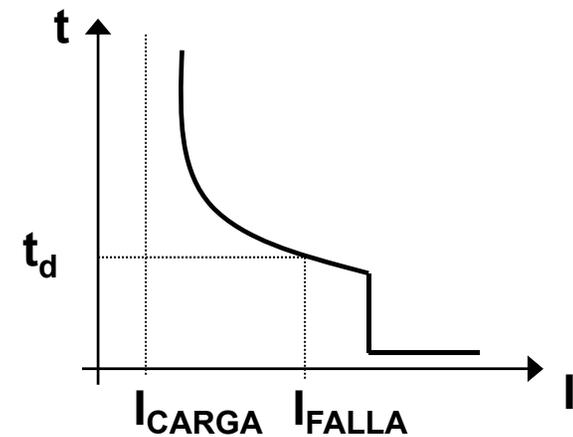
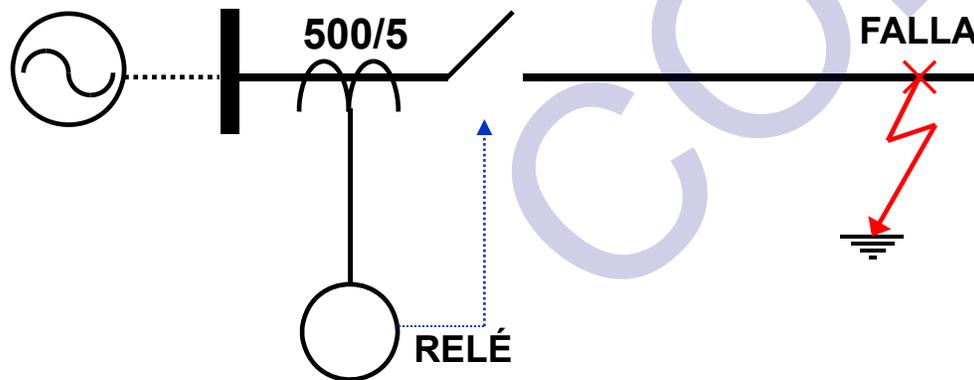
Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

Protección de Líneas Radiales

LA APERTURA DEL INTERRUPTOR DESPEJA LA FALLA

UNIFILAR DEL SISTEMA

CURVA DEL RELÉ

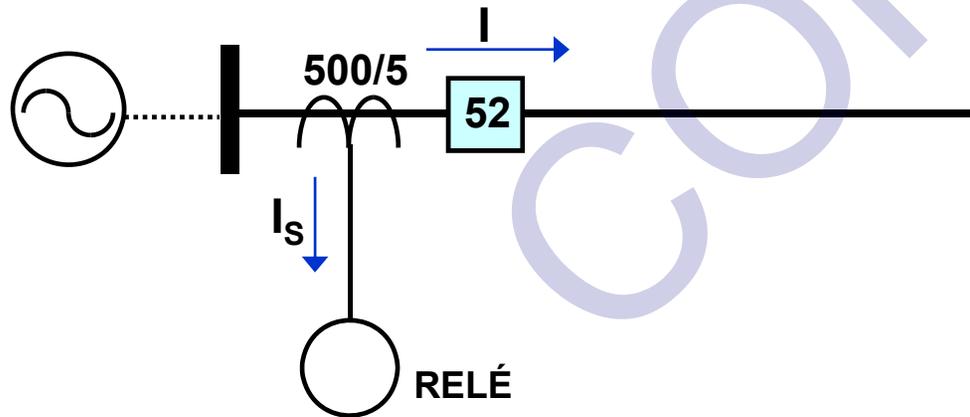


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

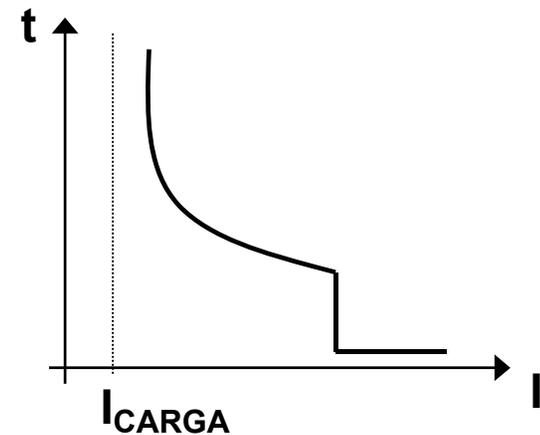
Protección de Líneas Radiales

LA ACTUACIÓN INSTANTÁNEA ES SIMILAR: CONDICIÓN PRE-FALLA

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVA DEL RELÉ



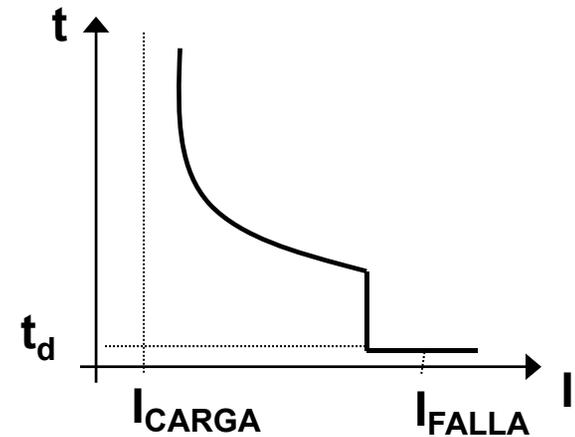
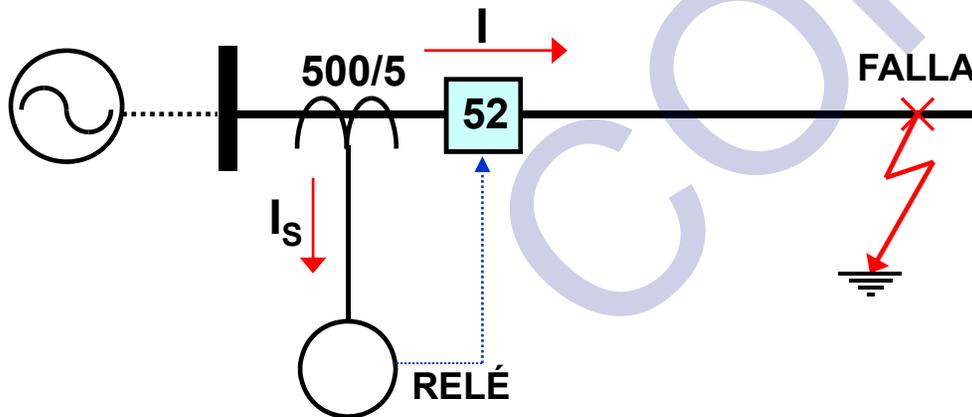
Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

Protección de Líneas Radiales

LA ACTUACIÓN INSTANTÁNEA ES SIMILAR: CONDICIÓN DE FALLA

UNIFILAR DEL SISTEMA

CURVA DEL RELÉ

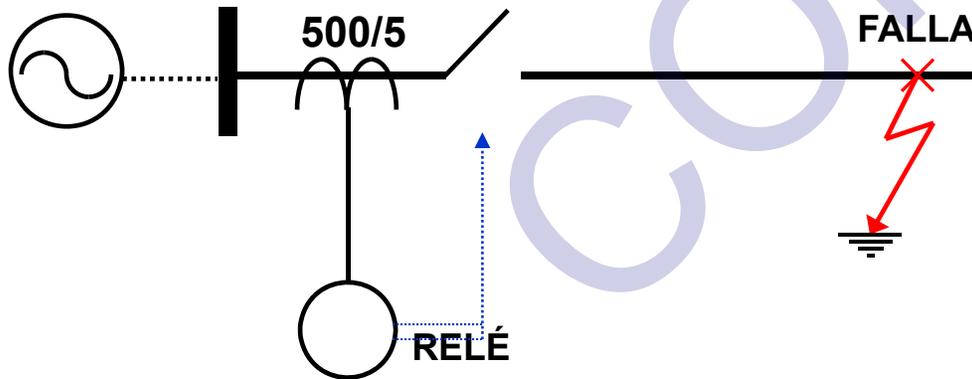


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

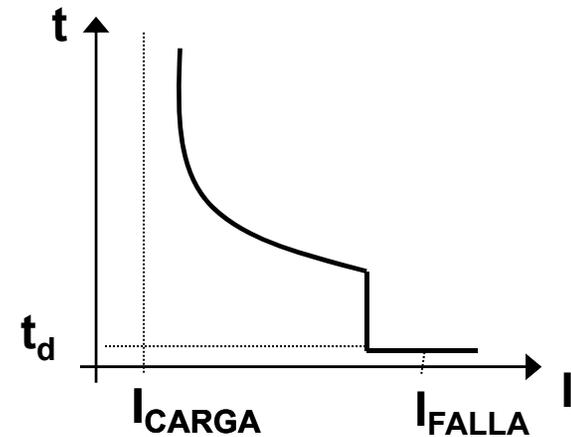
Protección de Líneas Radiales

LA ACTUACIÓN INSTANTÁNEA ES SIMILAR: DESPEJE

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVA DEL RELÉ

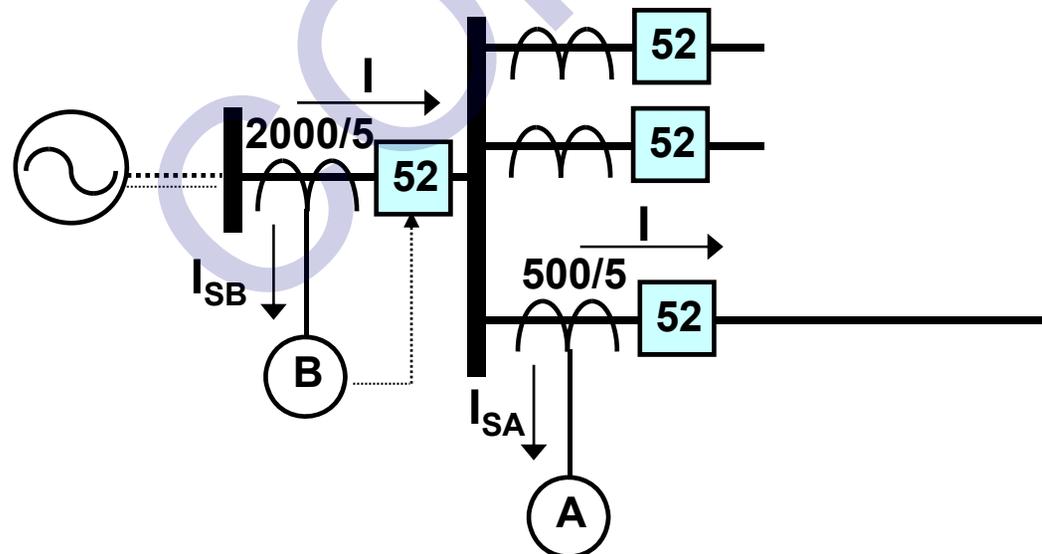


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

Protección Principal de Barra

**ESTA PROTECCIÓN TAMBIÉN TIENE FUNCIÓN DE RESPALDO
PARA LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO RADIAL**

UNIFILAR DEL SISTEMA

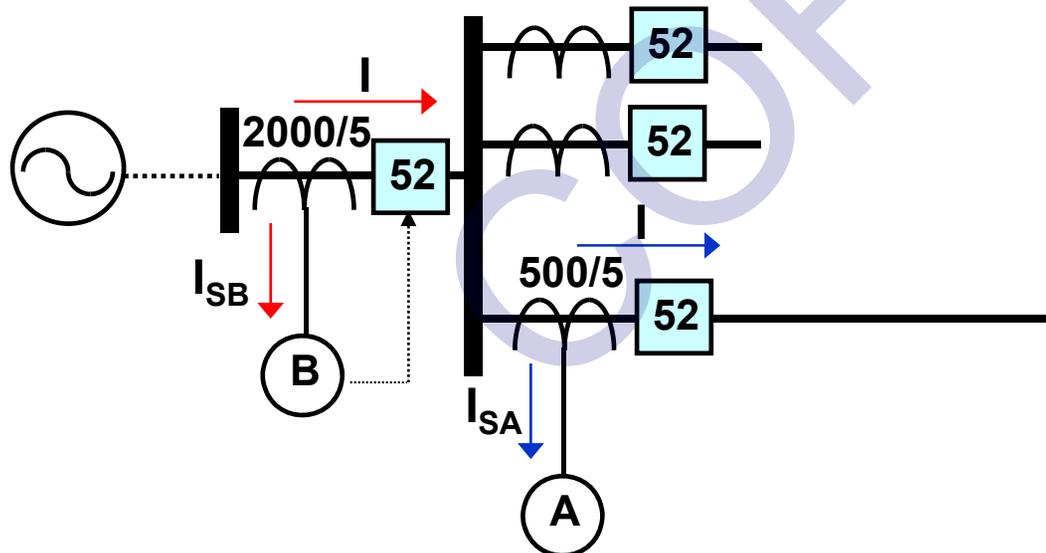


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

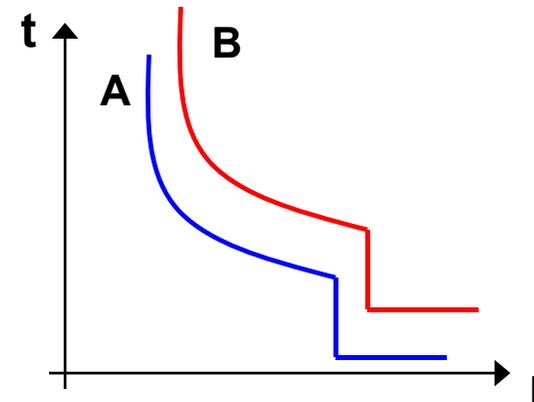
Protección Principal de Barra

LAS CURVAS DE LOS RELÉS SE SELECCIONAN PARA QUE ACTÚEN EN FORMA COORDINADA ANTE FALLAS

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVAS DE LOS RELÉS

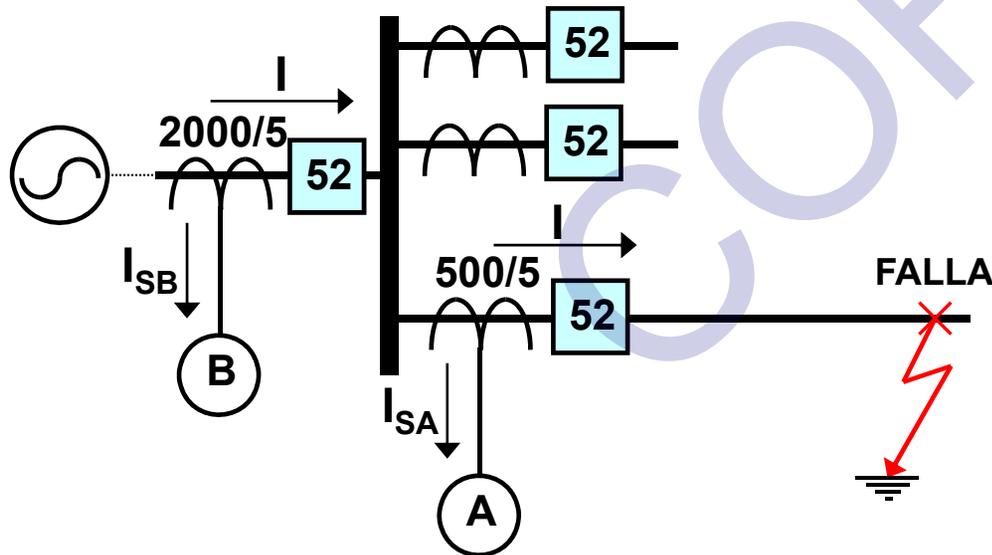


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

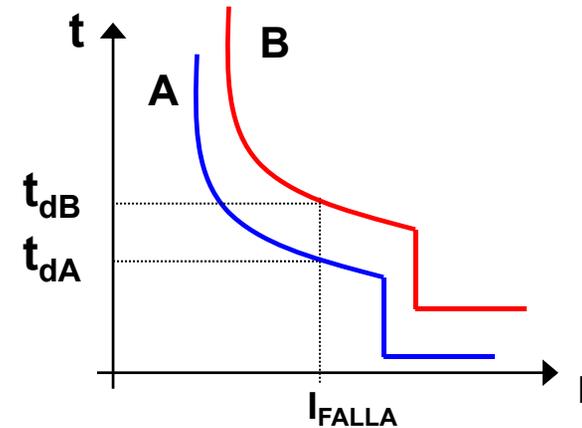
Protección Principal de Barra

ANTE UNA FALLA EN EL CIRCUITO PROTEGIDO POR EL RELÉ A, ÉSTE ES MÁS RÁPIDO QUE EL RELÉ B

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVAS DE LOS RELÉS

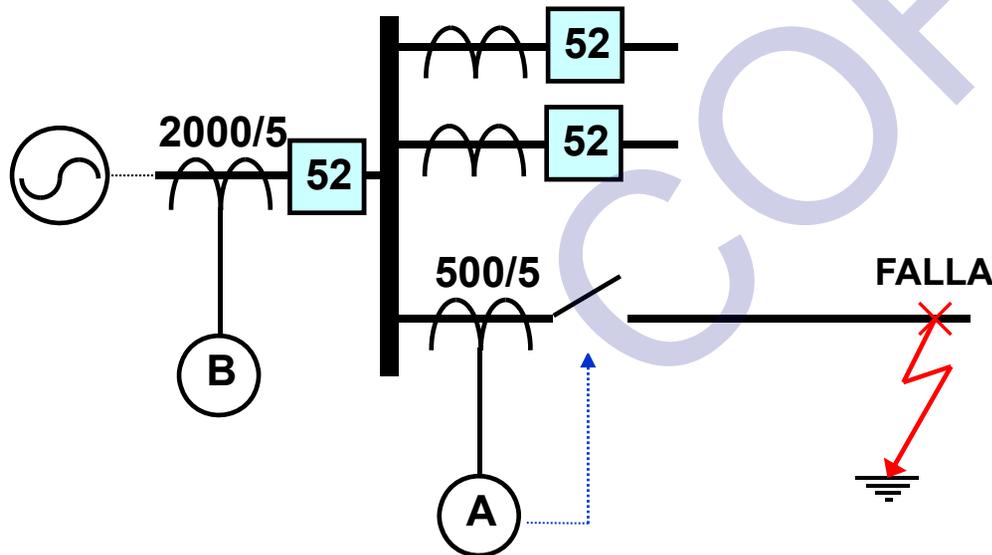


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

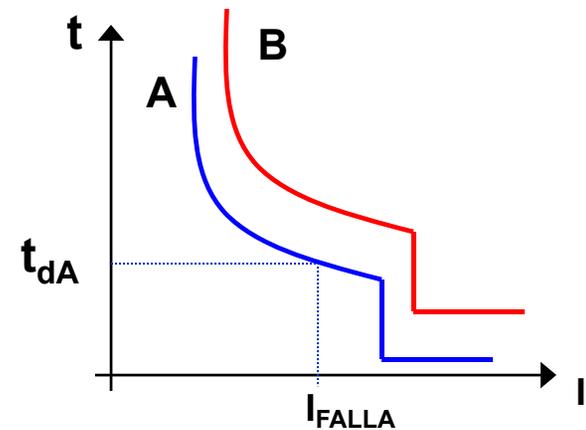
Protección Principal de Barra

**POR ENDE, EL RELÉ A ACTÚA EN SU TIEMPO CORRESPONDIENTE (t_{dA})
Y EL RELÉ B NO ACTÚA (SELECTIVIDAD)**

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVAS DE LOS RELÉS

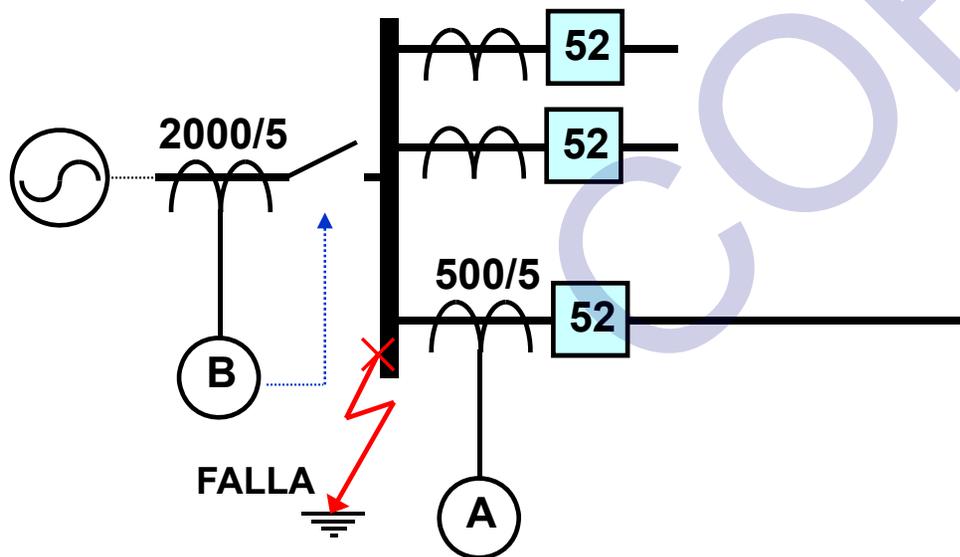


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

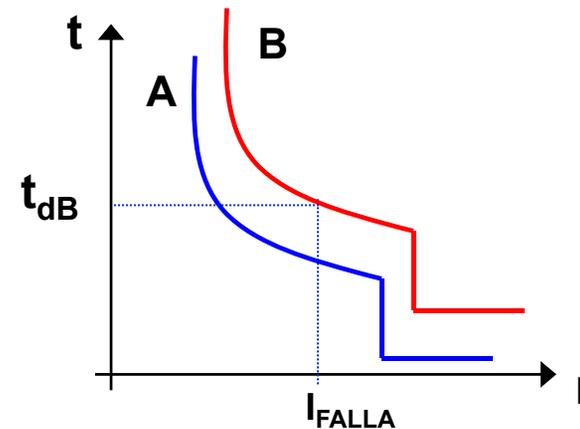
Protección Principal de Barra

EN ESTE CASO, EL DESPEJE DE LA FALLA IMPLICA PÉRDIDA TOTAL DE ALIMENTACIÓN A LA BARRA PUES EL SISTEMA ES RADIAL

UNIFILAR DEL SISTEMA



CURVAS DE LOS RELÉS

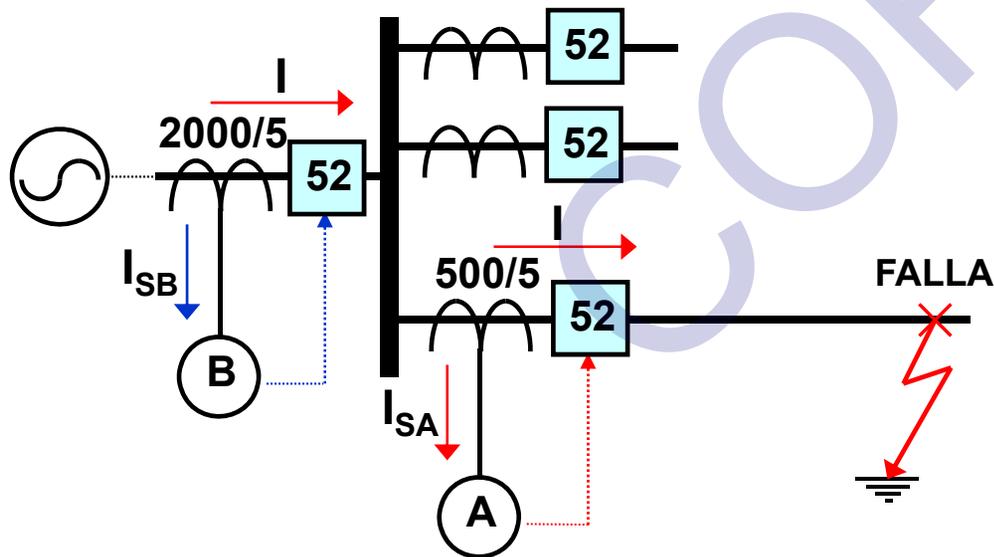


Protección de Circuitos con Relés de Sobrecorriente

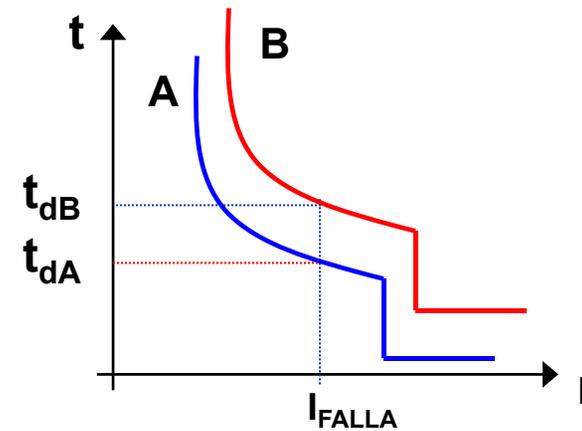
Protección Principal de Barra

ESTA PROTECCIÓN TAMBIÉN TIENE FUNCIÓN DE RESPALDO PARA LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO RADIAL (A)

UNIFILAR DEL SISTEMA

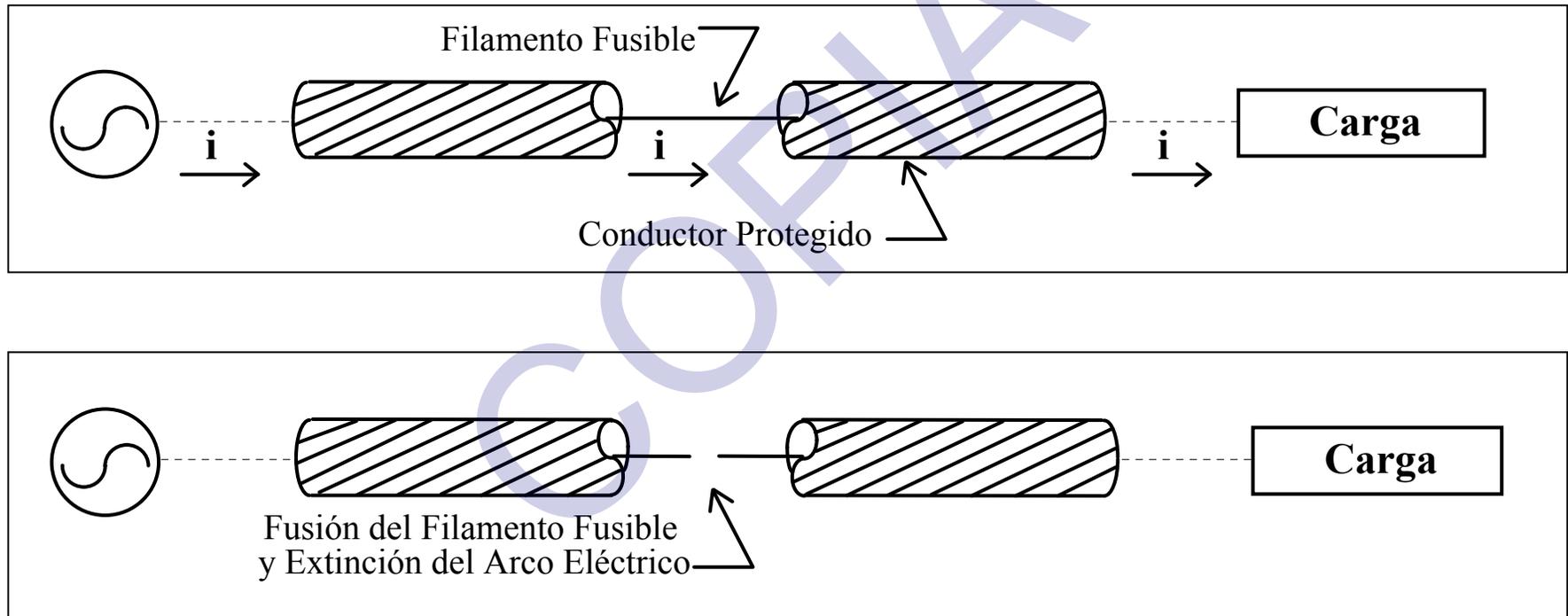


CURVAS DE LOS RELÉS



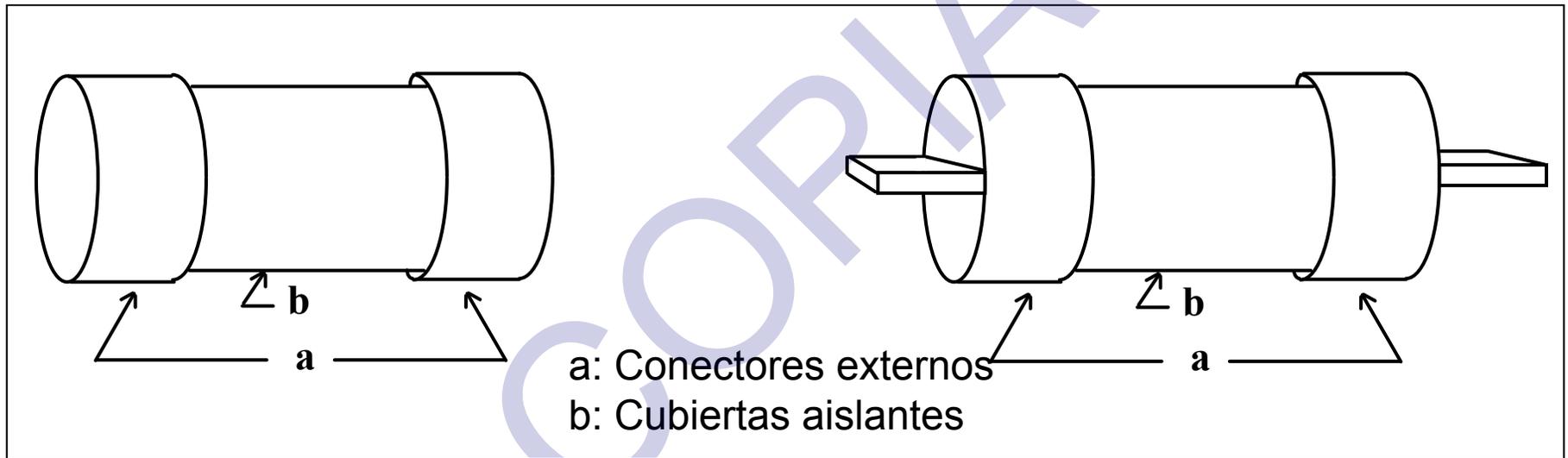
Protección de Circuitos con Fusibles

Principio Básico de Actuación



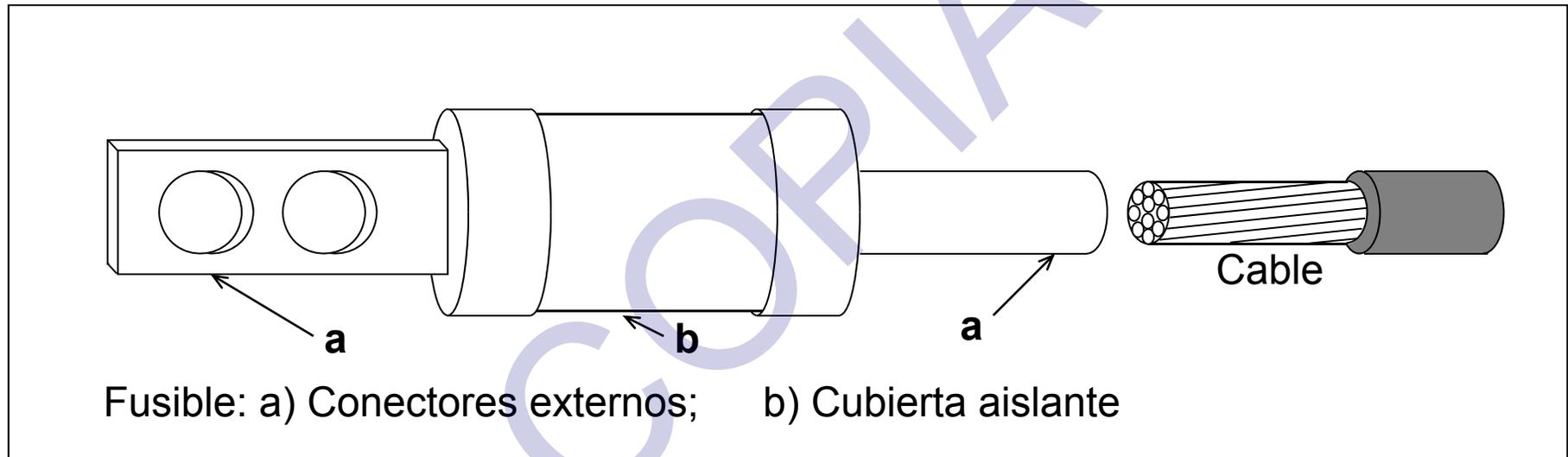
Protección de Circuitos con Fusibles

VISTA EXTERIOR TÍPICA



Protección de Circuitos con Fusibles

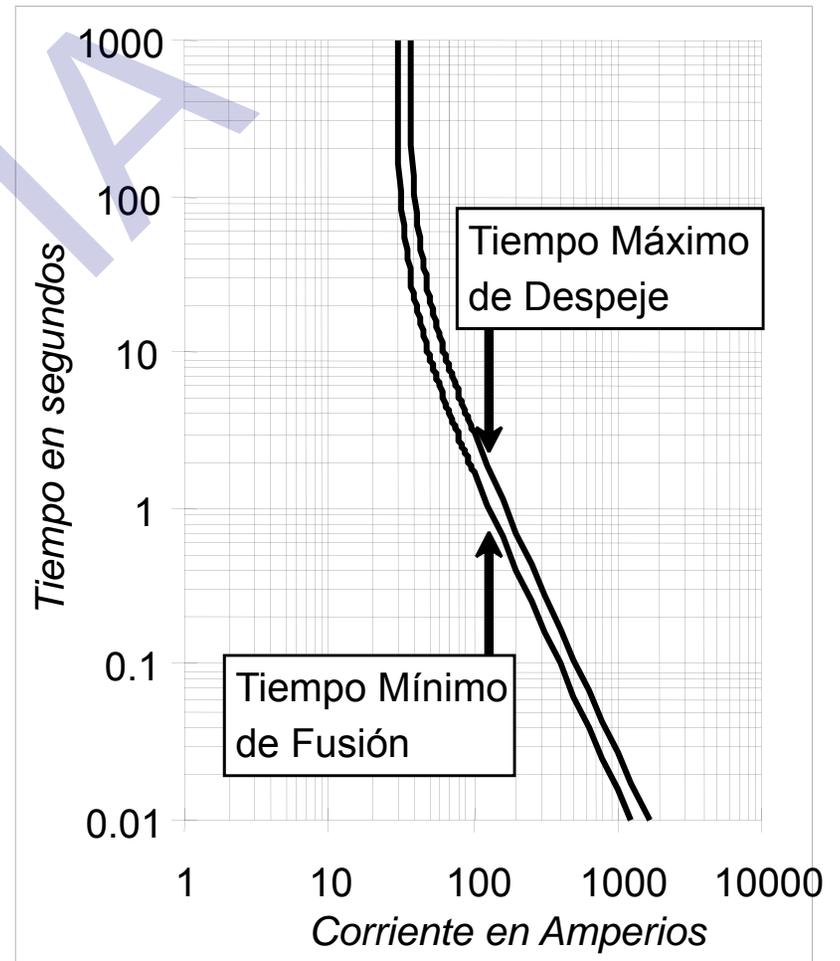
VISTA EXTERIOR TÍPICA



Protección de Circuitos con Fusibles

Curvas

- 1) Responden al calentamiento del filamento y son, por ende, de tipo inverso.
- 2) Hay tiempos mínimos de fusión y máximos de despeje.

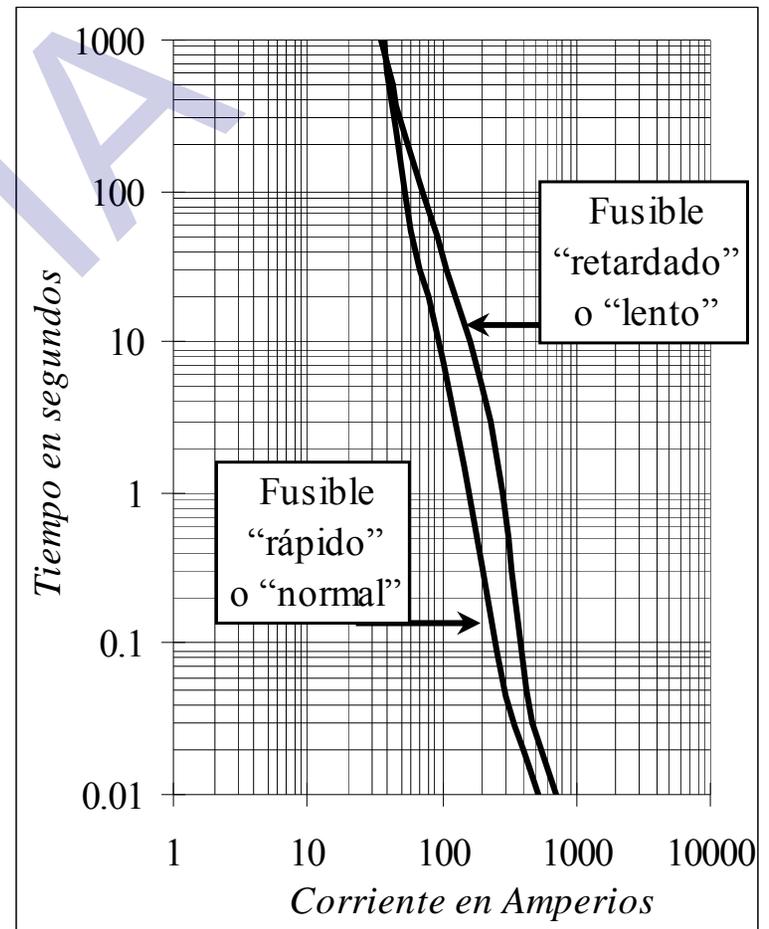


Protección de Circuitos con Fusibles

Curvas

1) También hay “curvas promedio”.

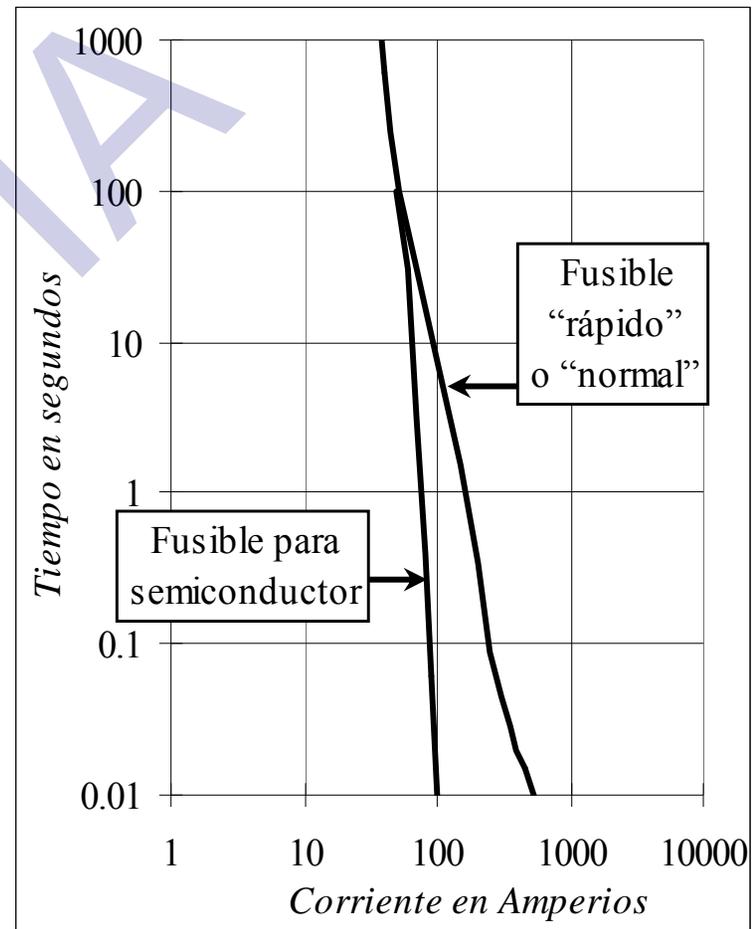
2) Hay fusibles que se consideran “rápidos” y hay fusibles que se consideran “lentos”.



Protección de Circuitos con Fusibles

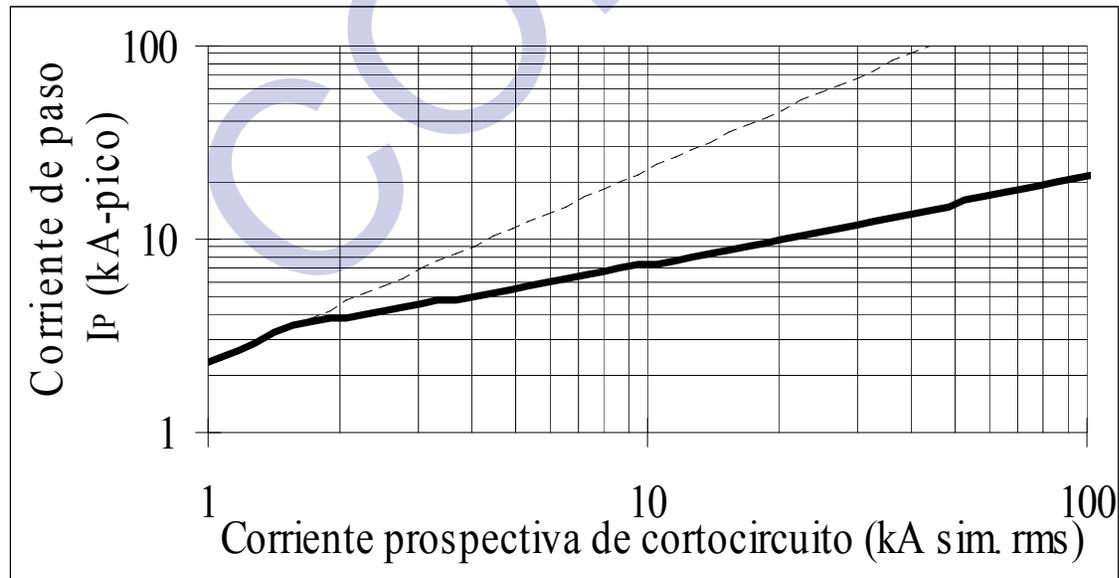
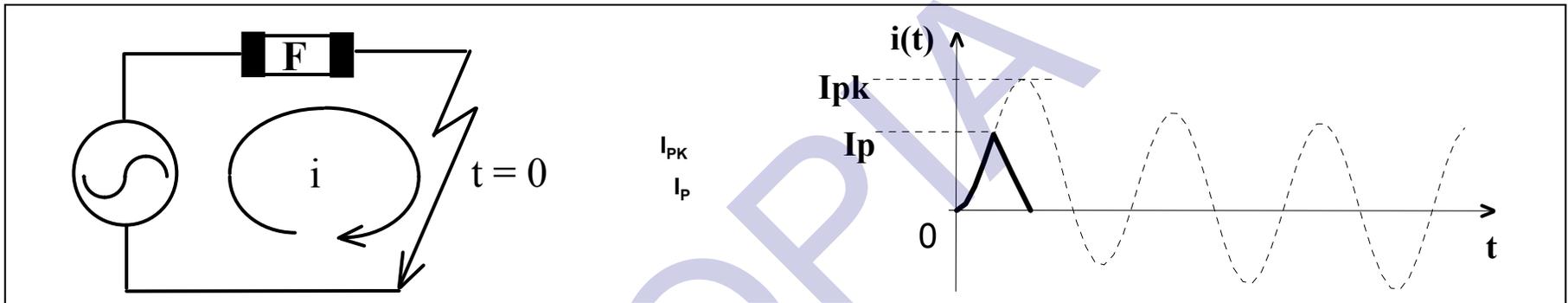
Curvas

Los fusibles para proteger semiconductores suelen ser mucho más rápidos que los fusibles que se consideran “rápidos”.



Protección de Circuitos con Fusibles

Fusibles Limitadores de Corriente



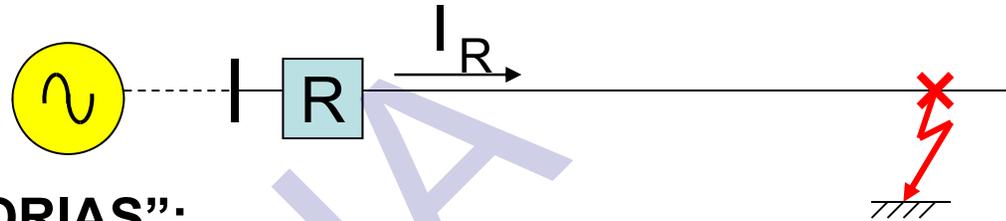
Protección de Circuitos con Reconectores

Objetivos

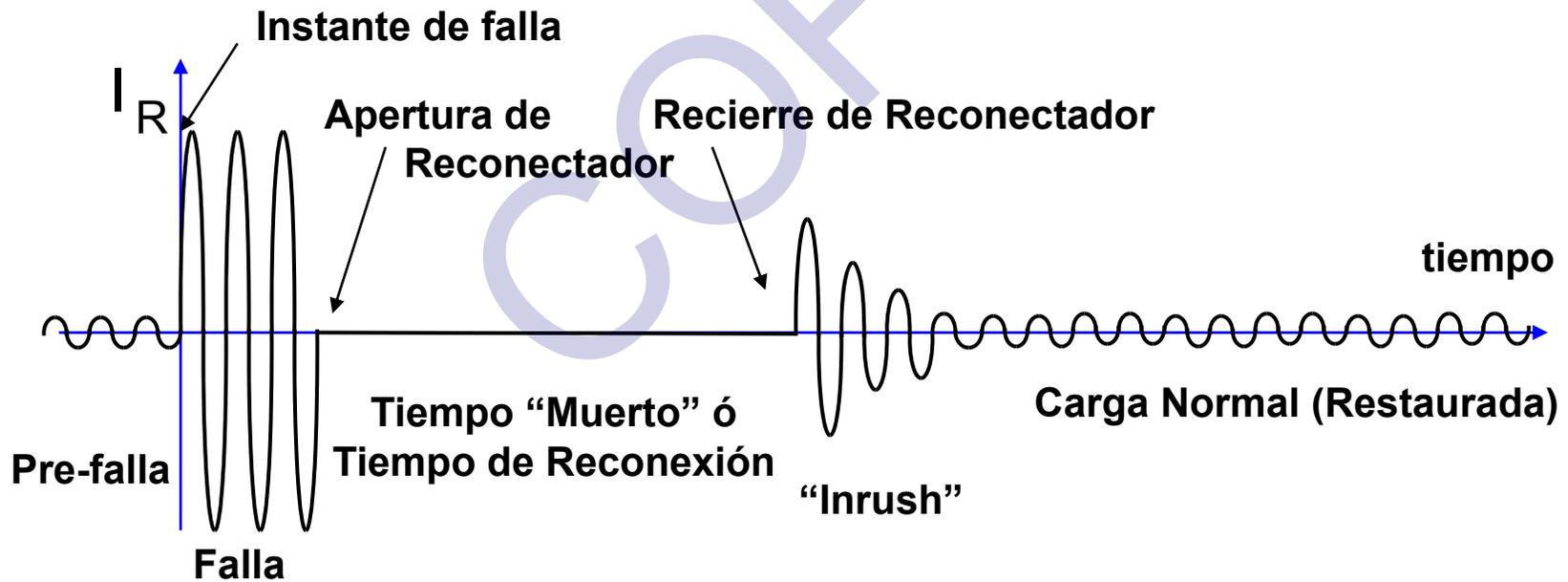
1. Apertura de líneas debido a sobrecorrientes (fallas).
2. Reconexión automática de líneas aéreas, después de una apertura automática, debido a la alta probabilidad de fallas “pasajeras”.
3. En líneas aéreas un alto porcentaje de las fallas “desaparecen solas” después de la apertura (fallas “pasajeras” o “transitorias”).
4. La reconexión automática disminuye el tiempo de pérdida de suministro eléctrico y la necesidad de atención humana.

Protección de Circuitos con Reconectadores

Forma de Actuación

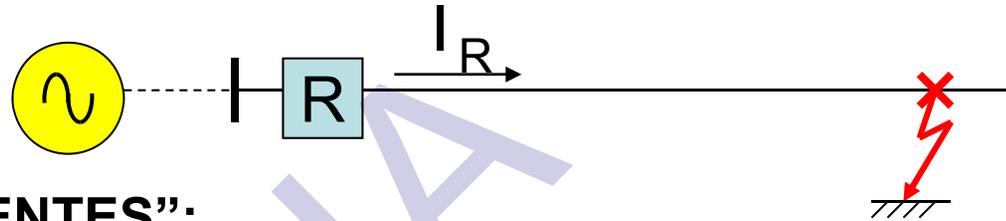


ANTE FALLAS “TRANSITORIAS”:

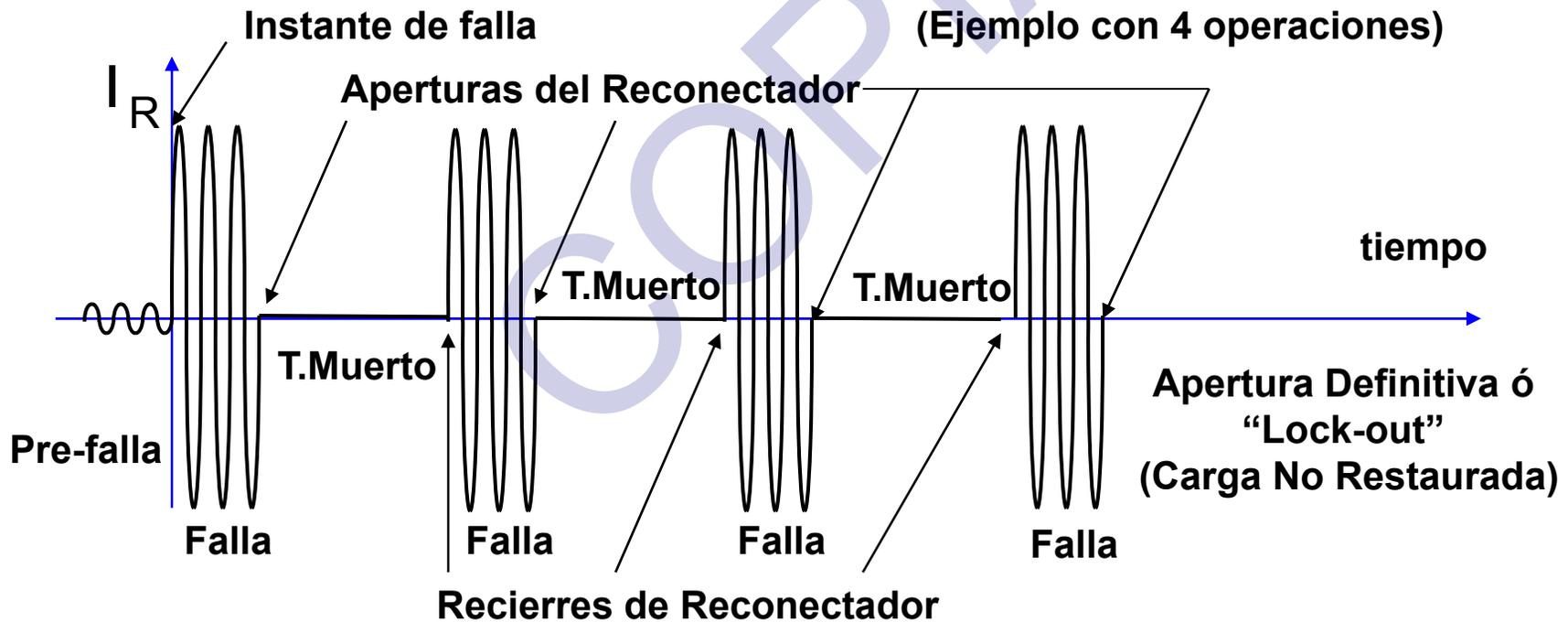


Protección de Circuitos con Reconectores

Forma de Actuación

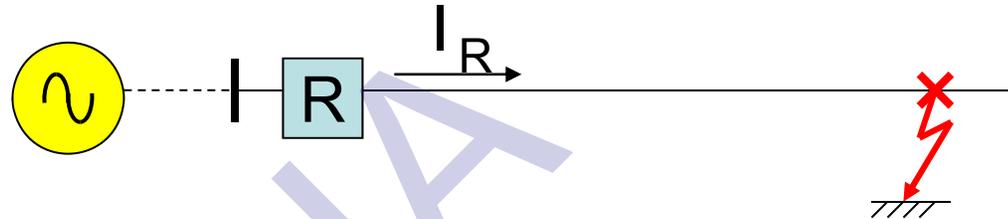


ANTE FALLAS “PERMANENTES”:



Protección de Circuitos con Reconectadores

Forma de Actuación



ANTE FALLAS “PERMANENTES”:

ESTADO FINAL → ABIERTO (LOCK-OUT)

ANTE FALLAS “PASAJERAS”:

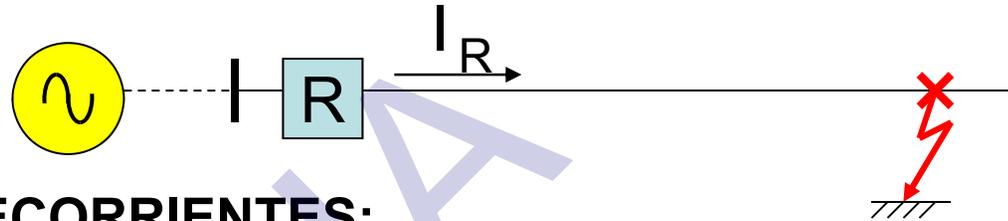
ESTADO FINAL → CERRADO

Hay un tiempo de espera, para confirmación de recierre exitoso:
tiempo de memoria ó tiempo de reset.

Falla después del tiempo de reset ⇒ nueva secuencia; en caso contrario ⇒ secuencia anterior.

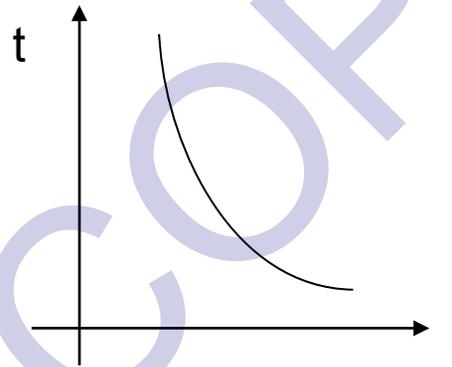
Protección de Circuitos con Reconectadores

Forma de Actuación



APERTURA ANTE SOBRECORRIENTES:

TIEMPO DETERMINADO POR CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

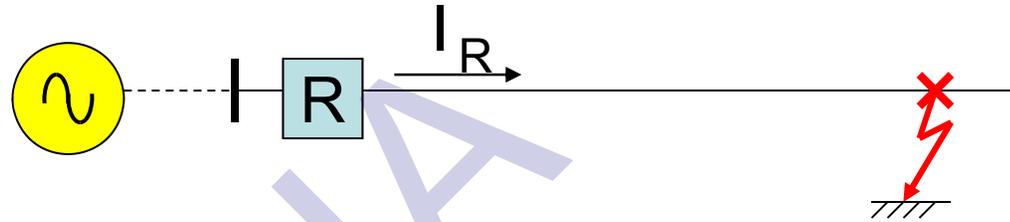


RECIERRE AUTOMÁTICO:

TIEMPO PROGRAMADO PARA CADA RECONEXIÓN

Protección de Circuitos con Reconectadores

Forma de Actuación



Recierre automático:

Suele ser rápido (1 s) ó lento (superior a 10 s.)

Tiempo mucho menor a 1 seg. No es usual pues disminuye la Probabilidad de éxito ya que puede no haberse auto-extinguido aún la falla.

Tiempo cercano a 5 s. No es usual pues aumenta la probabilidad de daño de equipos refrigeradores debido a que la circulación del fluido refrigerante dificulta el re arranque de los motores.

Protección de Circuitos con Seccionalizador



Seccionalizador

- Seccionador automático
- No abre corrientes de cortocircuito
- Tiene “inteligencia” para el automatismo.



Actuación

- Siempre actúa en conjunto con un reconectador, durante el tiempo muerto (el reconectador abre la corriente de falla).
- El automatismo puede ser: Controlado por voltaje o Controlado por corriente

Protección de Circuitos con Seccionalizador

Objetivos

- Actuación en conjunto con el reconectador para disminuir la zona afectada por la falla, es decir, lograr una “selectividad” de las Protecciones que sería “difícil” obtener con Fusibles “aguas abajo” del reconectador.
- La coordinación con el reconectador es lógica (No se basa en curvas tiempo corriente).
- Ofrecer a los clientes un servicio con menor número de interrupciones (Cuando la distribución es aérea).

Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR CORRIENTE



- Tiene un detector de sobrecorriente y cuenta eventos de sobrecorriente.
- Debe abrir en el último tiempo muerto del reconectador, para que su último recierre sea exitoso (ante fallas “permanentes”)
- Permite aprovechar las primeras operaciones del reconectador (Ante fallas “pasajeras”)
- Posibilidad de usar varios seccionalizadores en cascada: limitada.
- No se recomienda usar más de dos en cascada.

Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

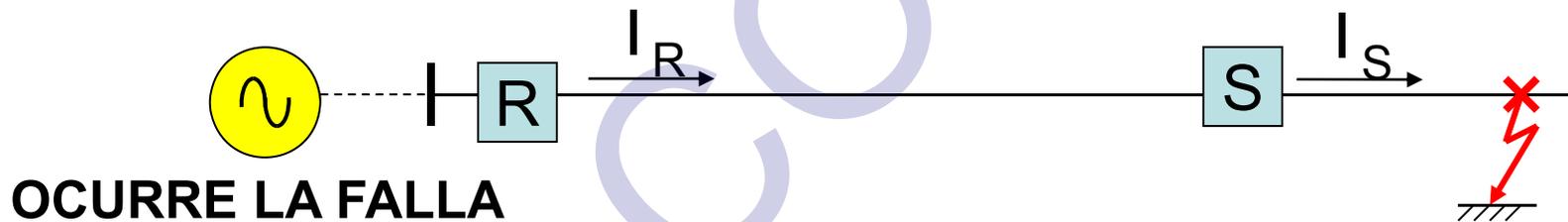
SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR CORRIENTE



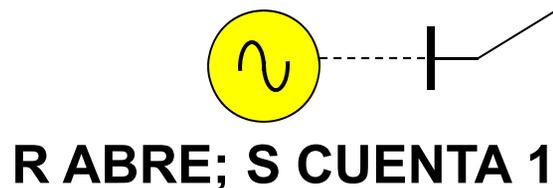
EJEMPLO DE ACTUACIÓN: FALLA PERMANENTE

-R CON 4 OPERACIONES

-S CON 3 CONTEOS



OCURRE LA FALLA



R ABRE; S CUENTA 1

Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

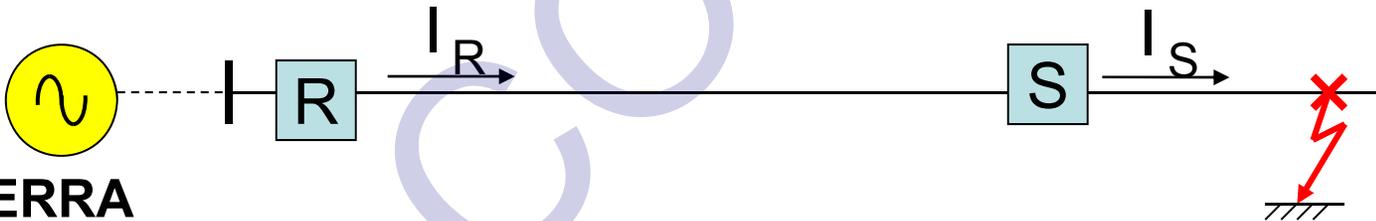
SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR CORRIENTE



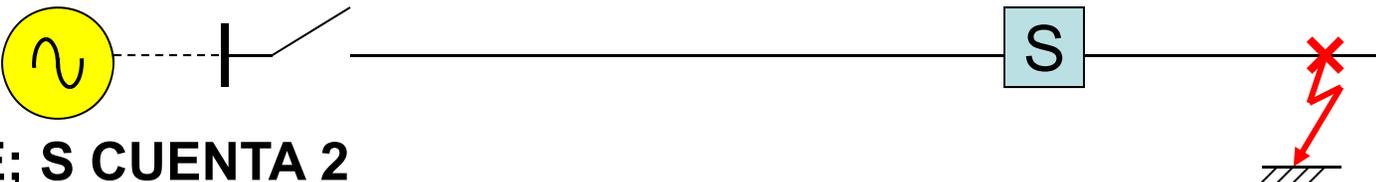
EJEMPLO DE ACTUACIÓN: FALLA PERMANENTE

-R CON 4 OPERACIONES

-S CON 3 CONTEOS



R RECIERRA



R ABRE; S CUENTA 2

Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

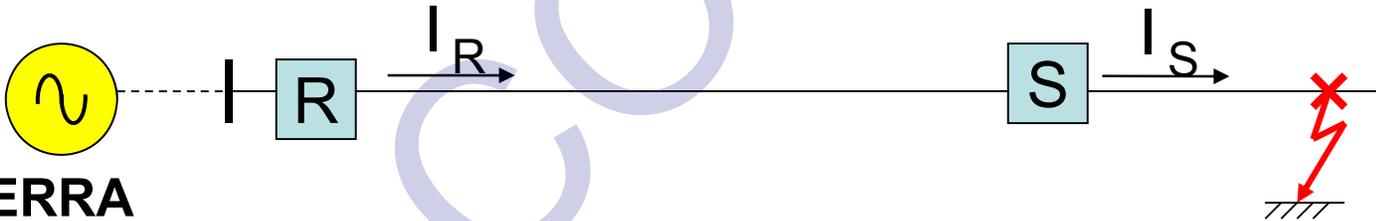
SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR CORRIENTE



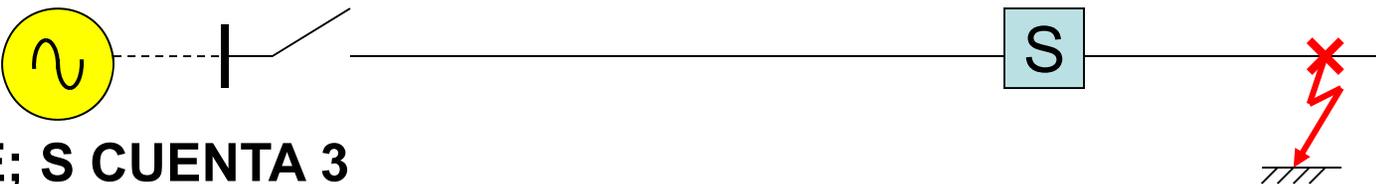
EJEMPLO DE ACTUACIÓN: FALLA PERMANENTE

-R CON 4 OPERACIONES

-S CON 3 CONTEOS



R RECIERRA



R ABRE; S CUENTA 3

Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

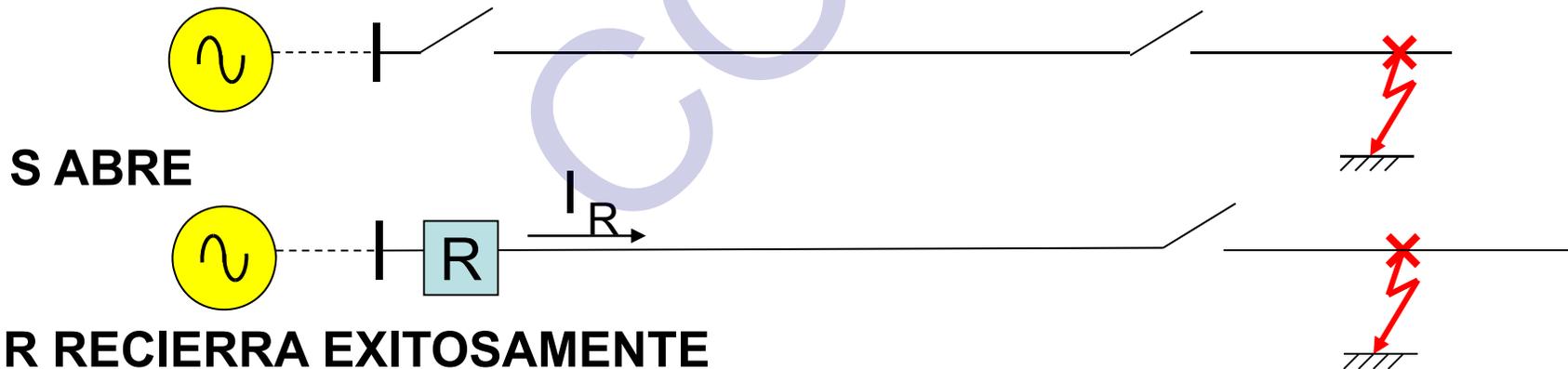
SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR CORRIENTE



EJEMPLO DE ACTUACIÓN: FALLA PERMANENTE

-R CON 4 OPERACIONES

-S CON 3 CONTEOS



Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR VOLTAJE



- Tiene un detector de subvoltaje
- Cuenta “eventos” de subvoltaje
- Abre durante el primer evento.
- Si retorna un voltaje normal, cierra.
- Si ocurre otro evento, abre en forma definitiva (lock-out)

Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR VOLTAJE



EJEMPLO DE ACTUACIÓN: FALLA PERMANENTE



OCURRE LA FALLA



R ABRE; S DETECTA SUBVOLTAJE

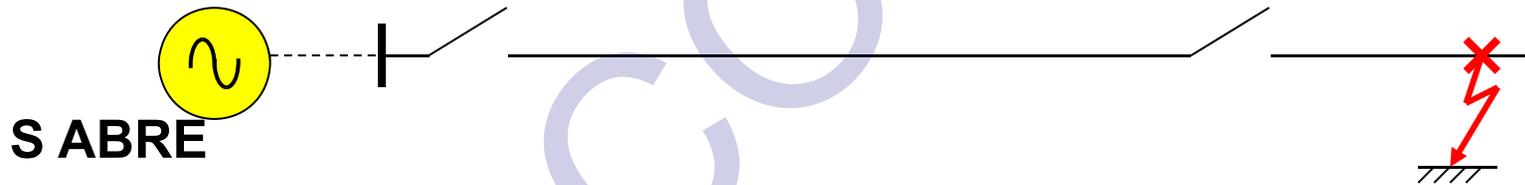
Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR VOLTAJE



EJEMPLO DE ACTUACIÓN: FALLA PERMANENTE



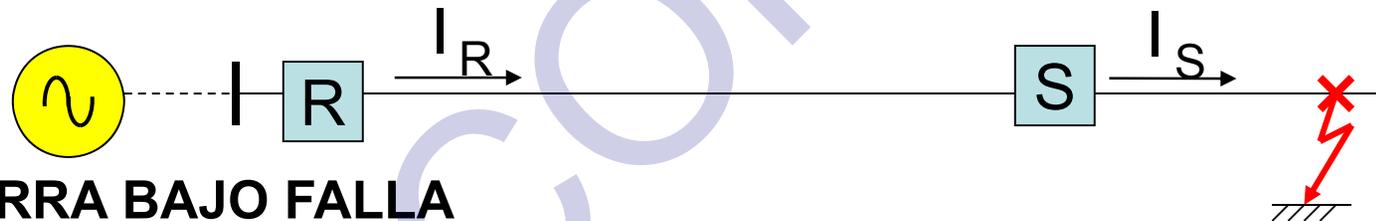
Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR VOLTAJE



EJEMPLO DE ACTUACIÓN: FALLA PERMANENTE



S CIERRA BAJO FALLA



R ABRE; S DETECTA SUBVOLTAJE NUEVAMENTE

Protección de Circuitos con Seccionalizador

Forma de Actuación

SECCIONALIZADOR CONTROLADO POR VOLTAJE



EJEMPLO DE ACTUACIÓN: FALLA PERMANENTE

