

# APLICACION DE PROTECCION DE FALLA DE INTERRUPTOR (50BF)

BERNARDINO ROJAS VERA  
Ing. Electricista - MBA

# OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE POTENCIA

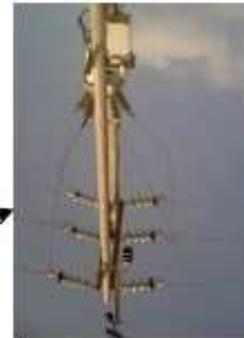
## Generación



## Transmisión



## Distribución



## Comercialización



- Fabricas
- Comercio

## Residencial



- EFICIENCIA
- PERDIDAS MINIMAS
- SEGURIDAD

- ESTAN COMPUESTOS POR EQUIPOS DE ALTA TENSION, LOS CUALES NATURALMENTE TIENEN LIMITACIONES PARA SU OPERACION
- DEBEN OPERAR DENTRO LIMITES ESPECIFICADOS DE **FRECUENCIA, VOLTAJE Y CORRIENTE**

# OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE POTENCIA

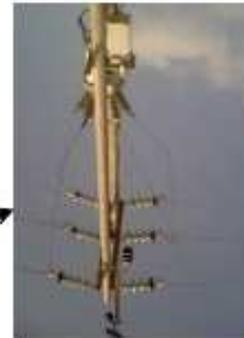
## Generación



## Transmisión



## Distribución



## Comercialización



- Fabricas
- Comercio

## Residencial



- EFICIENCIA
- PERDIDAS MINIMAS
- SEGURIDAD

- ESTAN COMPUESTOS POR EQUIPOS DE ALTA TENSION, LOS CUALES NATURALMENTE TIENEN LIMITACIONES PARA SU OPERACION
- DEBEN OPERAR DENTRO LIMITES ESPECIFICADOS DE **FRECUENCIA, VOLTAJE Y CORRIENTE**

## UBICACIÓN Y TIPOS DE FALLAS

### UBICACION

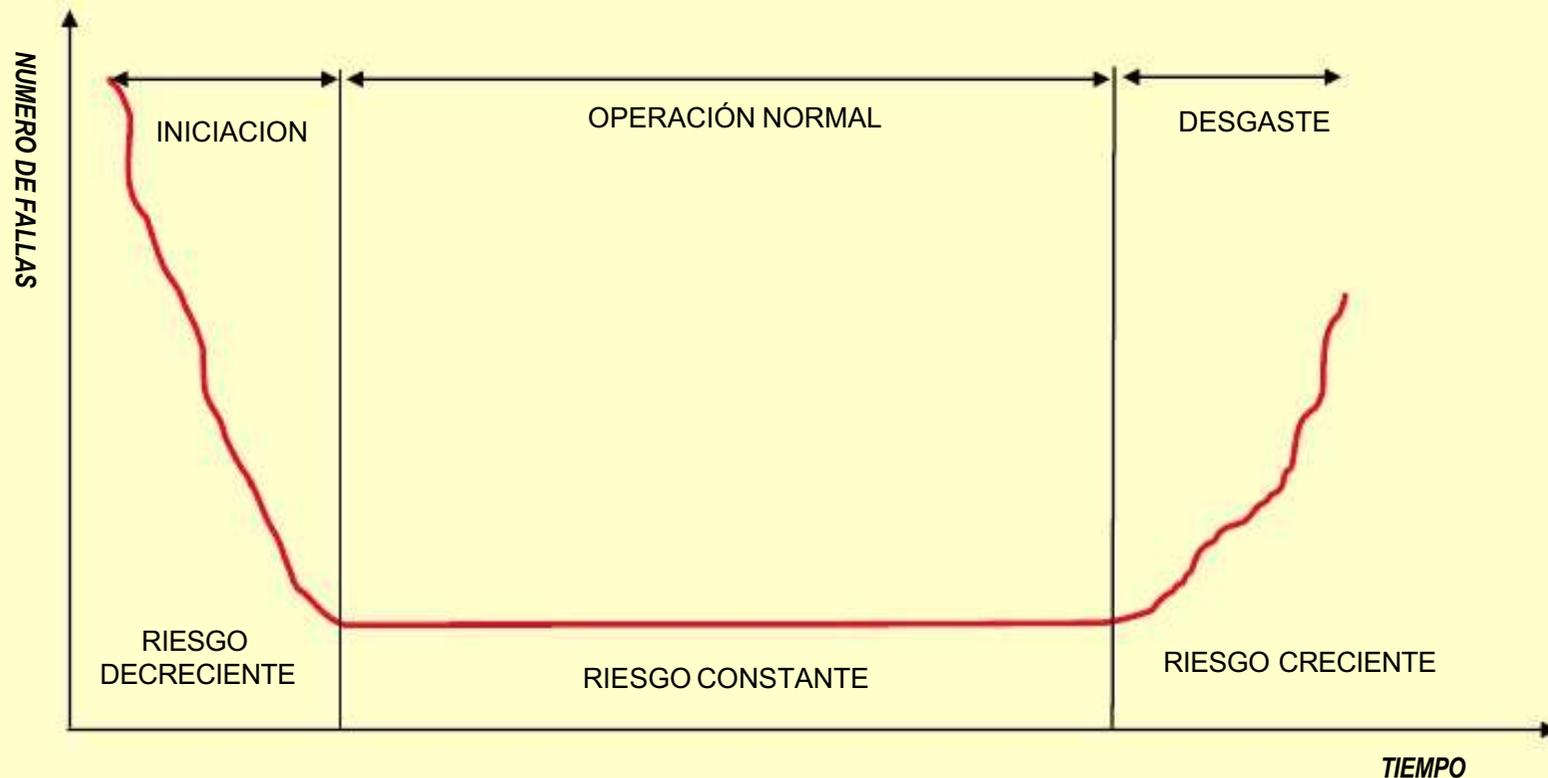
- LINEAS DE TRANSMISION : 85 %
- BARRAS : 12 %
- TRANSFORMADORES Y GENERADORES : 3 %

### TIPOS

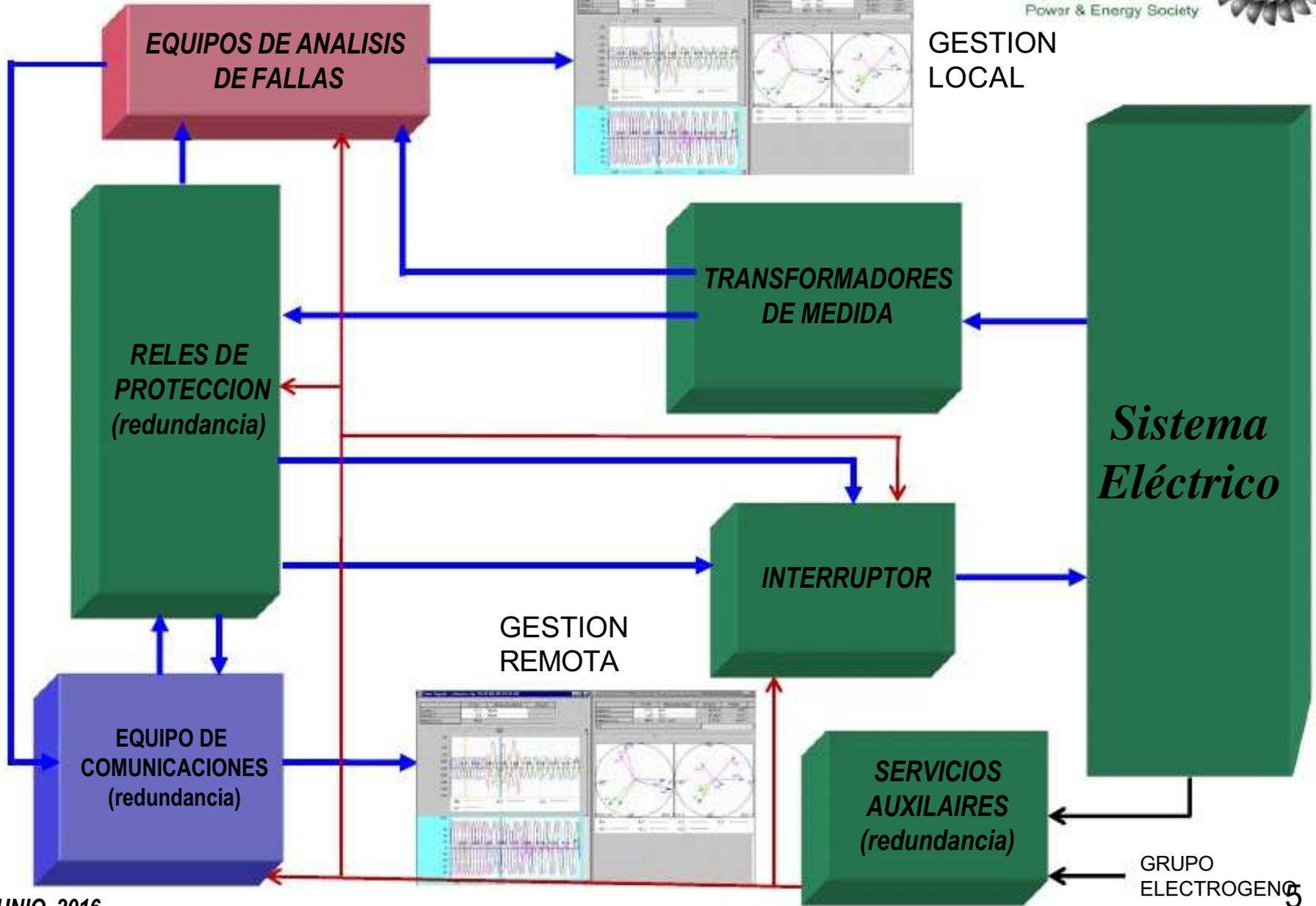
	$\leq 220 \text{ KV}$	$> 230 \text{ KV}$
- MONOFASICAS	: 60 %	85 %
- BIFASICAS	: 30 %	10 %
- TRIFASICAS	: 10 %	5 %

## “CURVA DE LA TINA”

SE SABE DESDE HACE MUCHO QUE TODOS LOS COMPONENTES DE UNA INSTALACION ELECTRICA VAN A UN NUMERO DE FALLAS QUE SE PUEDEN PREDECIR HASTA CIERTO PUNTO, SI SE TOMAN PROMEDIOS DURANTE UN TIEMPO LARGO. ESTO PRODUCE "LA CURVA DE LA TINA" QUE RELACIONA EL NUMERO DE FALLAS AL TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA MANERA SIGUIENTE:



ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCION



# FALLAS PROBABLES



## FALLA DEL SISTEMA DE PROTECCIONES

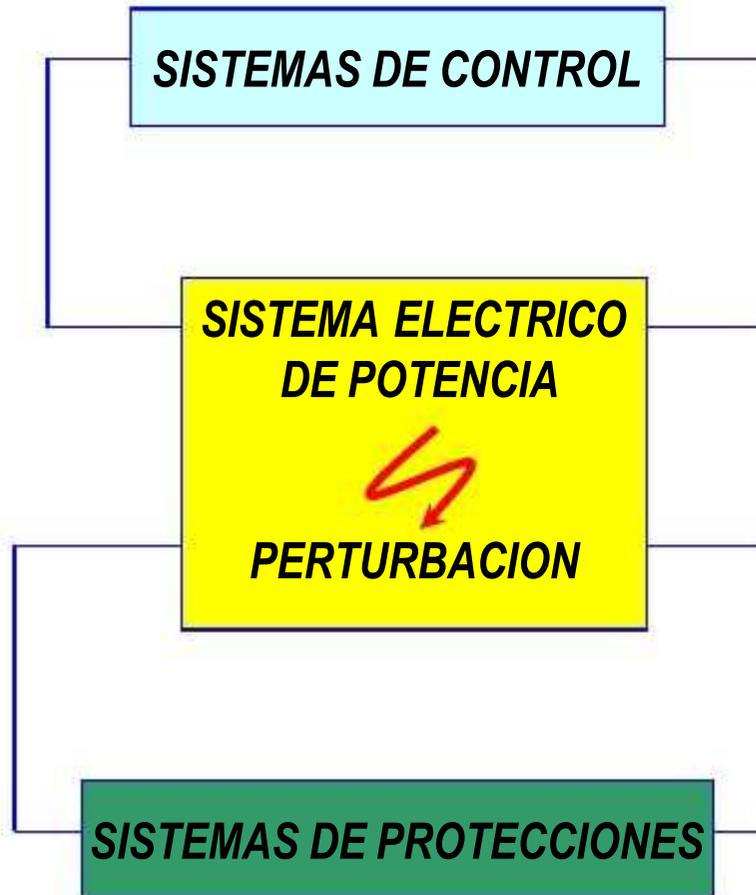
- Falla del relé
- Error en los ajustes
- Falla en el sistema de control
- Falla de los transformadores de medida
- Falla de los servicios auxiliares
- Incendio de la sala de control

## FALLA DEL INTERRUPTOR

- Falla en los circuitos de disparo
- Disparo lento (
- Falla al interrumpir la corriente de cortocircuito
- Falla al interrumpir la corriente de carga
- Contorneo al momento de abrir
- Falla al cerrar
- Problemas de contactos auxiliares
- Falla catastrófica (explosión)

## CONTROL - FUNCIONES

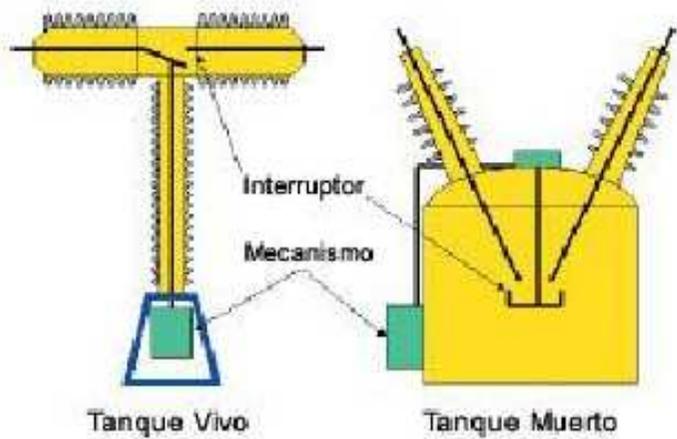
- EN TODO INSTANTE DEBE MANTENER:  $P_g = P_c + \Delta P_{\text{Perd}}$
- CONTROL DE "f" Y BALANCE DE "P"
- CONTROL DE "V" Y BALANCE DE "Q"
- CONTROL DE INTERRUPTORES
  - OPERACION MANUAL
  - AUTOMATICO
    - LOCAL
    - REMOTO



## PROTECCIONES - FUNCIONES

- PREVENIR Y ATENUAR DAÑOS
- MINIMIZAR TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD
- MINIMIZAR EFECTOS DE PERTURBACIONES
- DAR INDICIOS DE LUGAR Y CAUSAS DE LA FALLA
- SALVAGUARDAR FISICAMENTE A LAS PERSONAS
- RESTABLECER AL SEP A LA OPERACIÓN NORMAL

# TIPOS DE INTERRUPTORES



**TANQUE VIVO:** Mínimo Volumen de aceite, Soplado de Aire, SF6 etc.

**TANQUE MUERTO:** Volumen de aceite, SF6 etc.



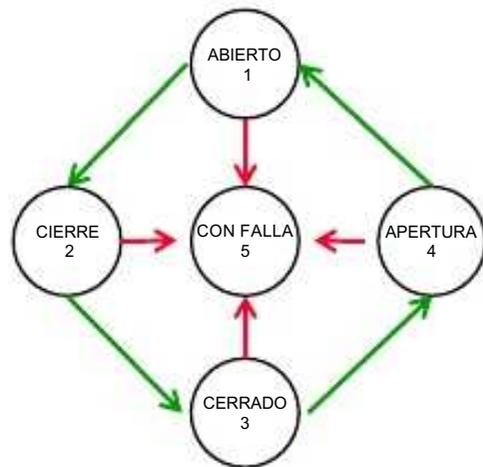
## FALLAS EN LOS INTERRUPTORES

- ❑ Los interruptores son elementos vitales dentro de un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica; son los dispositivos encargados de evitar que fallas internas o externas lleguen al resto de los equipos de una instalación.
- ❑ Entre las fallas que pueden encontrarse en un dispositivo de estas características están las debidas a:
  - fallas en la operación de los mecanismos internos
  - Fallas por la degradación de aislantes externos
  - Fallas debidas a sobretensiones temporales
  - Fallas debidas a malas aplicaciones
  - Fallas en los dieléctricos ya sea por bajo nivel de aceite o de gas
  - Fallas el los contactos de las bobinas de apertura.
  - Fallas debido a animales
  - Otros
- ❑ Todas los eventos anteriores se evalúan en base a la experiencia al interactuar con estos elementos.

## SOLUCIONANDO PROBLEMAS EN LOS INTERRUPTORES

- El primer prerequisite para diagnosticar problemas con interruptores es conocer al interruptor que se analiza. Conociendo la configuración de las partes internas del aparato en sospecha, es posible averiguar la naturaleza del problema visualizando el proceso mecánico de la operación, en perspectiva con los datos de la prueba de tiempo.
- Lo mismo es cierto en cómo un mecánico experimentado puede determinar, con sólo un vistazo, la naturaleza del problema mecánico en un carro. Él no sólo conoce la mecánica del automóvil en general, sino que también conoce las peculiaridades del modelo que está revisando.
- El rol que juega el interruptor de alta tensión siempre ha sido uno de los factores determinantes de la confiabilidad de la red de alta tensión. Su papel principal es la de proteger la red y los equipos eléctricos instalados de los impulsos destructivos de corriente de cortocircuito. Un interruptor de alta tensión puede quedarse en la posición cerrada por años pero se espera que interrumpa una elevada corriente de cortocircuito de varios miles de amperios en una fracción de segundo. La naturaleza de su operación lo coloca entre los equipos más impredecibles de la red eléctrica.

## OPERACIÓN DEL INTERRUPTOR Y PROBABLES DE FALLA



- Estado del interruptor.
- Estado de transición.

Falla para **“disparar”** Puede ocurrir en condiciones con falla, en condiciones de carga o estando en vacío. La falla puede ocurrir en los contactos principales y puede ser en una fase, dos fases o las tres fases.

Falla para cerrar Puede incluir uno dos polos quedando una fase abierta.

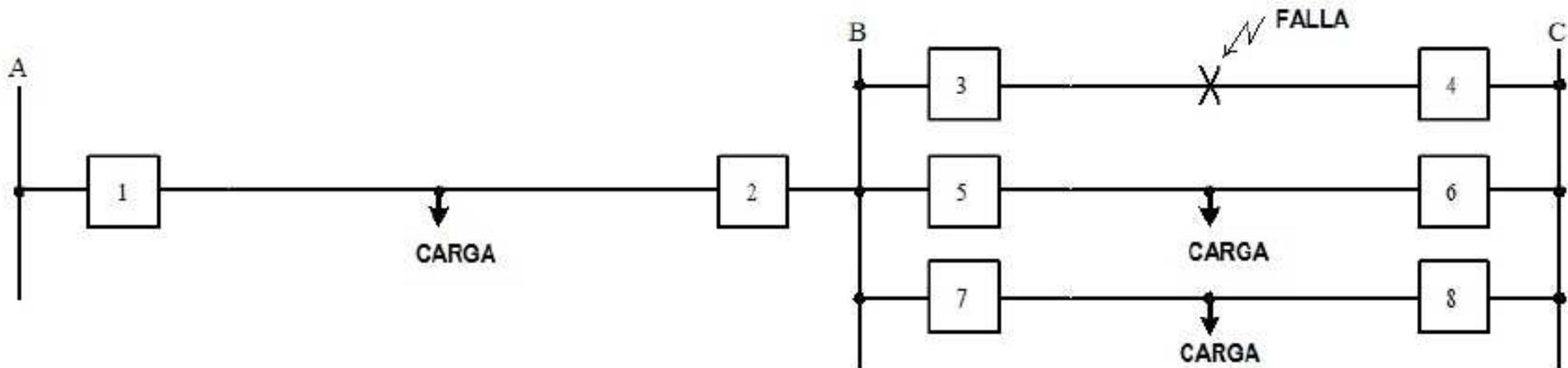
Falla en el proceso de apertura La tensión transitoria de recuperación puede ser mayor a la tensión de diseño haciendo que el arco no se extinga.

Falla en el proceso de cierre No se complete el proceso de cierre por problemas mecánicos.

Aislamiento insuficiente respecto a tierra Puede ocurrir falla hacia tierra en el mismo interruptor que serán detectados por la protección de barras o protección de línea por lo que se requiere la protección de falla de interruptor.

Otras fallas Puede ocurrir falla en los circuitos de control, compresores, presurización y otros equipos auxiliares. Muchas de estas fallas se monitorean mediante los sistemas de alarmas. La protección de falla de interruptor debe ser tolerante ante este tipo de fallas.

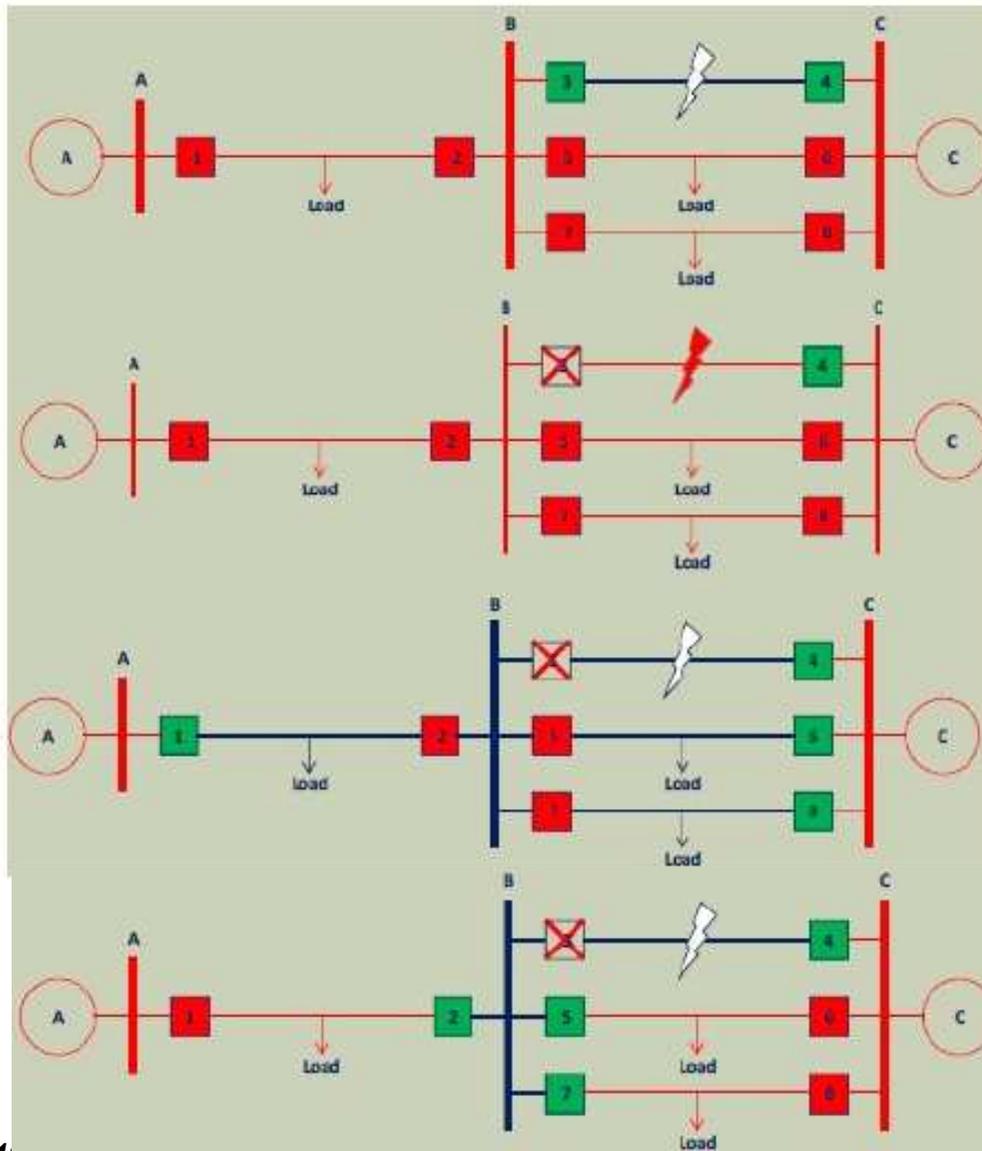
## PORQUE LA PROTECCION DE FALLA DE INTERRUPTOR



Los interruptores están ubicados estratégicamente en los sistemas eléctricos para conectar los circuitos y aparatos eléctricos. Los sistemas de control ordenan a los interruptores abrir o cerrar.

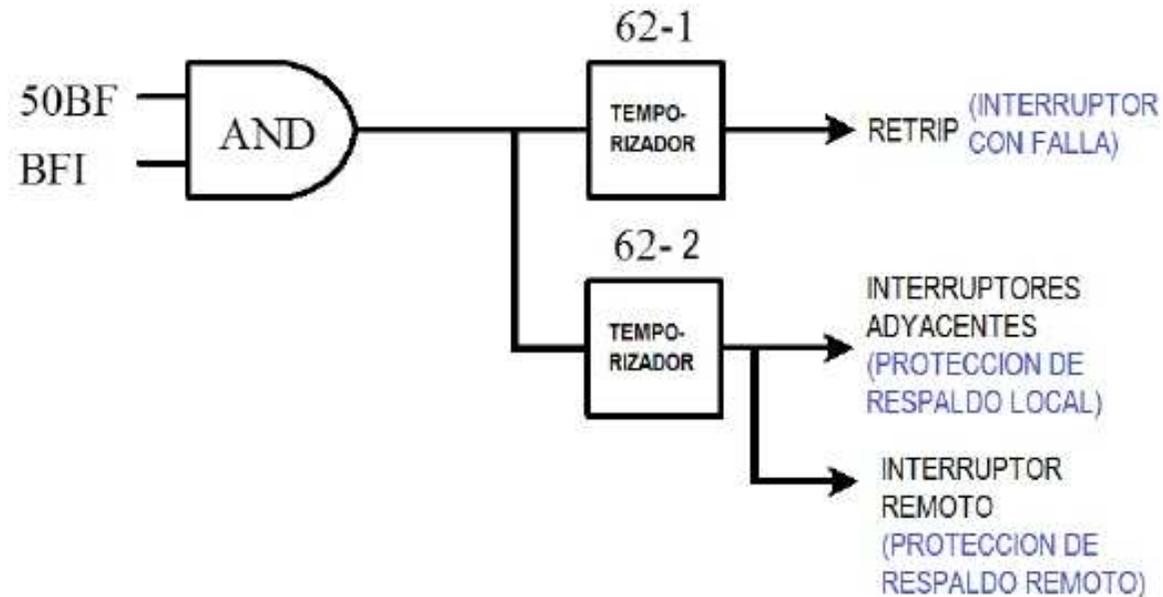
Los relés de protección detectan condiciones anormales, sobre todo, las fallas del sistema (cortocircuitos) en forma selectiva, y comandan uno o más interruptores para abrir y aislar el circuito o equipo con falla.

## PORQUE LA PROTECCION DE FALLA DE INTERRUPTOR



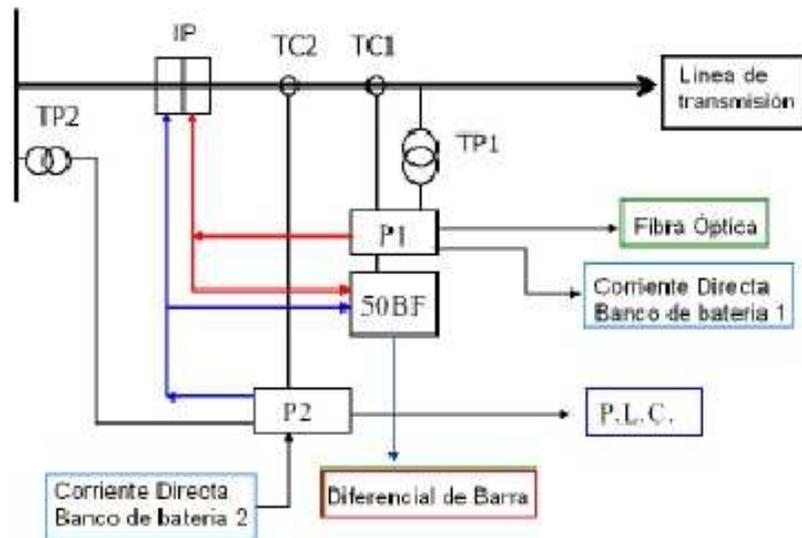
- ❑ La falla es eliminada adecuadamente con la apertura de los interruptores 3 y 4.
- ❑ Al momento de eliminar la falla , el interruptor 3 no abre.
- ❑ Deben abrir por las protecciones remotas los interruptores 1, 4, 6 y 8 en tiempos prolongados.
- ❑ Al existir la protección de falla de interruptor (50BF), solamente abren los interruptores 2, 5 y 7 pero en un tiempo bastante rápido.

## ESQUEMA BASICO DE LA PROTECCION DE FALLA DE INTERRUPTOR



- ❑ Ocurre la falla
- ❑ La protección del equipo protegido actúa y manda a abrir el interruptor, a su vez inicializa al relé de falla de interruptor (BFI).
- ❑ El relé de falla de interruptor que normalmente es un elemento de sobrecorriente de tiempo fijo también detecta la falla (50BF).
- ❑ Interruptor comandado por la protección no abre.
- ❑ Si se cumple las tres condiciones anteriores, luego de un tiempo (62-1) intenta abrir el interruptor con falla (RETRIP) y si no abre luego del tiempo 62-2 manda abrir los interruptores aledaños y mediante comunicación manda a abrir el interruptor remoto.

## ESQUEMA DE PROTECCIONES



### NOMENCLATURA

IP	Interruptor de potencia
TC1, TC2:	Transformadores de corriente
TP1, TP2:	Transformadores de tensión
P1:	Protección principal, normalmente es diferencial de línea (87L)
P2:	Protección secundaria, de respaldo, normalmente es de distancia (21)
50BF:	Relé de falla de interruptor

### FALLA DEL SISTEMA DE PROTECCIONES

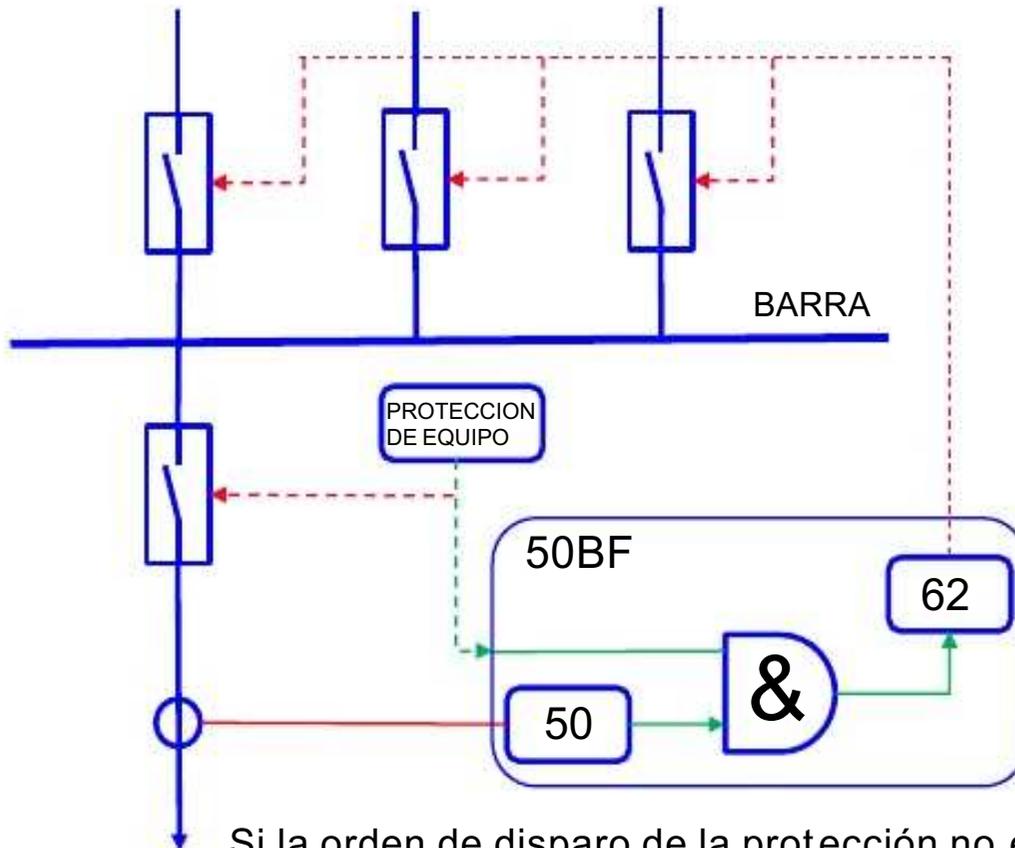
- P1 y P2 deben tener esquemas de protecciones del tipo piloto; lo que significa que tienen que estar comunicadas.
- El principio de operación deben ser diferentes (protección diferencial 87L y la de la protección de distancia 21L).
- Debe utilizar canales de comunicación diferentes (F.O. y PLC).
- Para la P1 y la P2 debe existir señales separadas para los devanados de TC y TP.
- La alimentación de corriente directa debe hacerse desde bancos de baterías diferentes.
- La orden de disparo debe hacerse sobre bobinas de disparo diferentes.
- Al menos uno de los esquemas de protección debe ser de distancia (21).

### ESQUEMA DE PROTECCION DE RESPALDO LOCAL

- A nivel de funcionamiento, este opera por medio de la duplicidad de elementos que están relacionados a las dos protecciones primarias.
- Una función de gran importancia es la que realiza ante fallo de interruptor (50BF) la cual pretende evitar duplicidad del interruptor; la cual solo se puede ejecutar desde este respaldo.

### ESQUEMA DE PROTECCION DE RESPALDO REMOTO

## ESQUEMAS DE PROTECCION FALLA INTERRUPTOR



Si se genera por parte de la protección de la línea una orden de disparo al interruptor de potencia, esta señal será conducida al mismo tiempo a la protección de falla de interruptor de potencia.

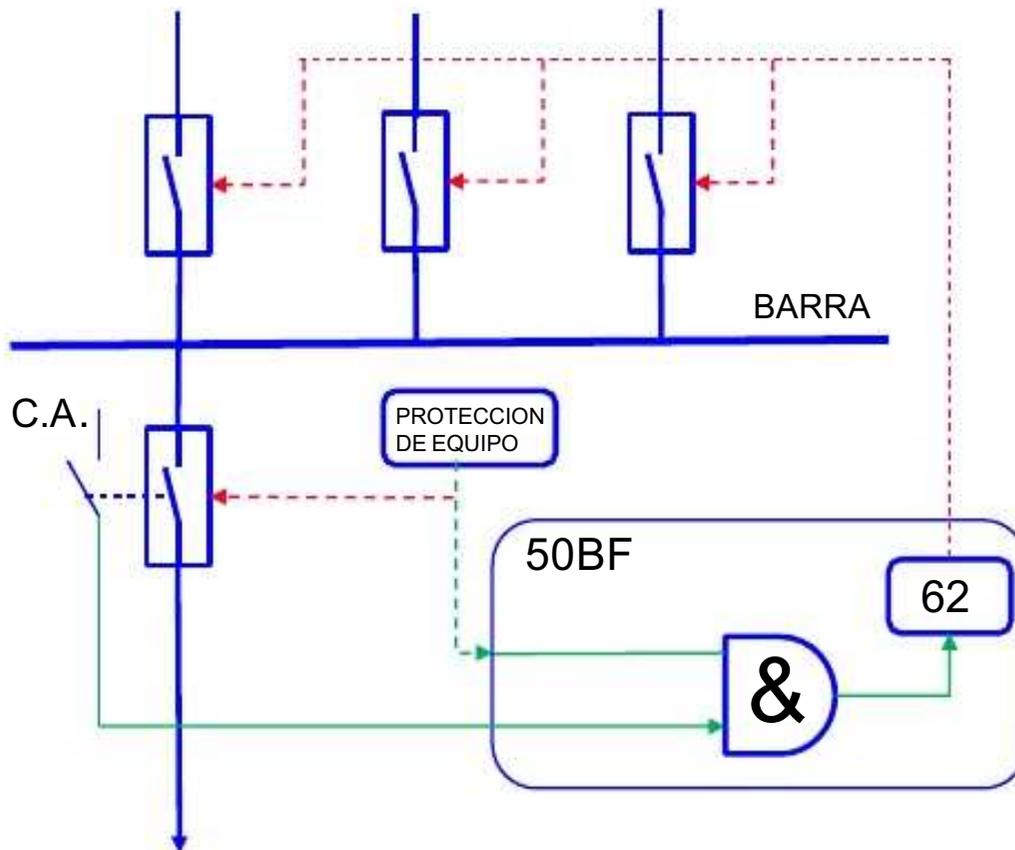
Aquí se arranca el temporizador 62. Esta función temporizada sólo se activa durante la orden de disparo, cuando la corriente circula por el interruptor de potencia.

En un funcionamiento correcto el interruptor de potencia desconecta la corriente de falla y de esta manera se interrumpe el flujo de corriente. El escalón limitador del valor de corriente cae rápidamente a su estado de reposición (típico en 10 ms) e interrumpe el transcurso del temporizador 62.

Si la orden de disparo de la protección no es ejecutada (caso de falla del interruptor), la corriente continúa circulando y el temporizador termina de transcurrir.

A continuación la protección para falla del interruptor de potencia genera por parte propia una orden de disparo que se conduce a los interruptores de potencia adyacentes para desconectar la corriente de falta.

## ESQUEMAS DE PROTECCION FALLA INTERRUPTOR

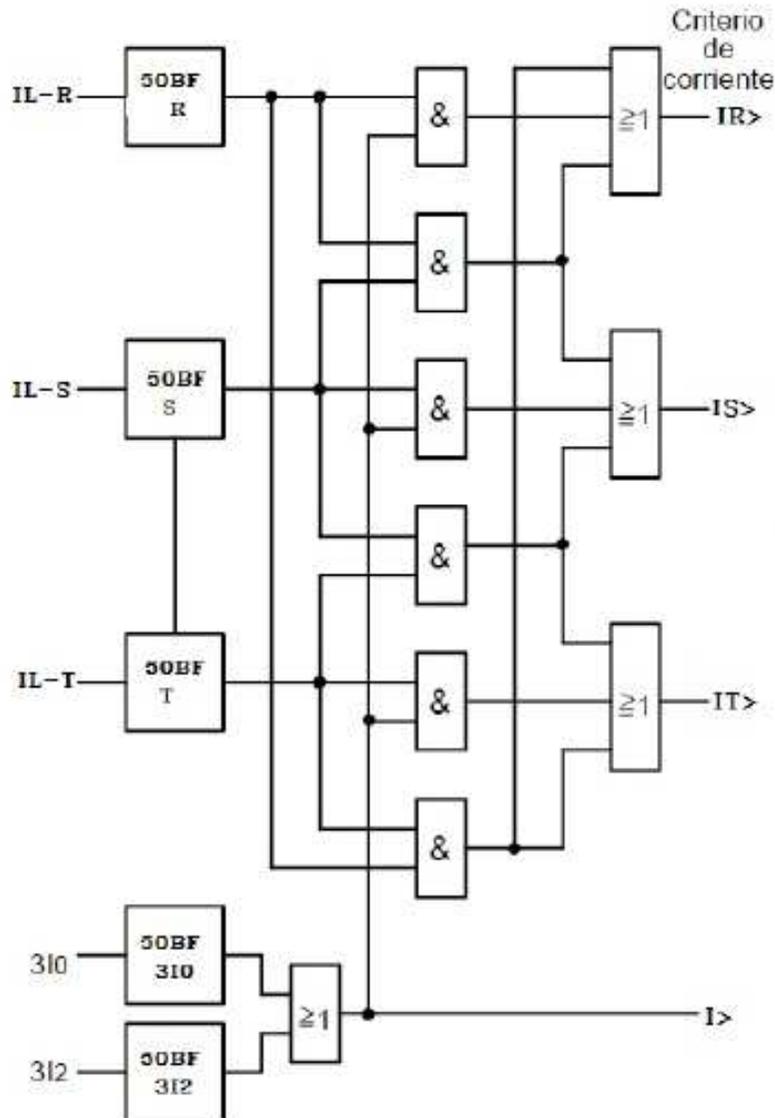


Para los relés de protección cuyos criterios de disparo no están adaptados a la circulación de una corriente de medida (p.ej. protección Buchholz), el flujo de la corriente no proporciona en el esquema anterior ninguna orientación fiable para reconocer el funcionamiento correcto del interruptor de potencia.

Para estos casos se pueden señalar las posiciones del interruptor de potencia mediante sus contactos auxiliares. Aquí se controla, en lugar del flujo de corriente, los contactos auxiliares del interruptor de potencia.

Para esto se debe señalar la posición de los contactos auxiliares utilizando una entrada binaria del equipo

## SUPERVISION DE CORRIENTE



Aparte de las tres corrientes de fase medidas, se supervisa una cuarta dimensión que depende de la magnitud de la corriente de secuencias y se compara con el valor límite ajustado.

Esta puede ser la corriente a tierra  $3I_0$  que se calcula de la suma de las corrientes de fase, o la corriente de secuencia negativa  $3I_2$ , según cual de estas dos dimensiones es mayor. Estas corrientes se determinan por cálculo según sus ecuaciones definidas.

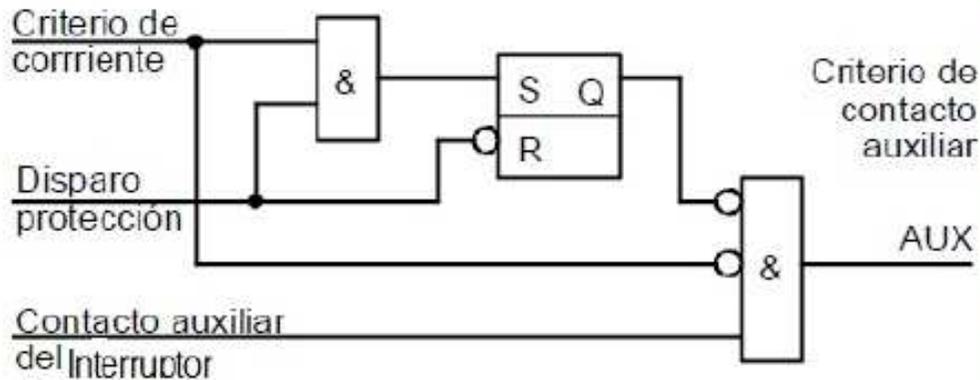
$$3I_0 = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + \quad y$$

$$3I_2 = I_{L1} + a^2 \cdot I_{L2} + a \cdot I_{L3}$$

con

$$a = e^{j120^\circ}$$

## SUPERVISION DE CORRIENTE



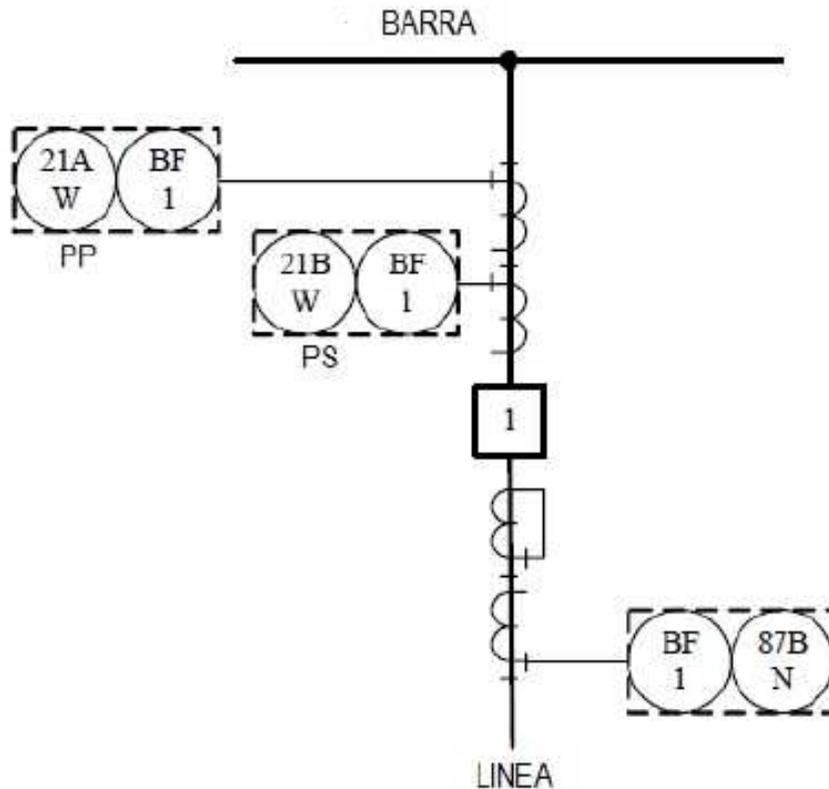
De esta manera, se da preferencia al criterio del flujo de corriente por su mayor seguridad y se evita un mal funcionamiento a consecuencia de un defecto en los contactos auxiliares del interruptor.

En caso de fallas con corrientes bajas que no producen una reacción en la supervisión del flujo de corriente (p. ej. protección Buchholz), sólo se puede controlar la operación del interruptor de potencia mediante las informaciones que da la posición del contacto auxiliar del interruptor.

La evaluación del contacto auxiliar del interruptor se efectúa en la protección de falla del interruptor, solamente, si es que no circula ninguna corriente sobre el valor ajustado para la supervisión del flujo de corriente.

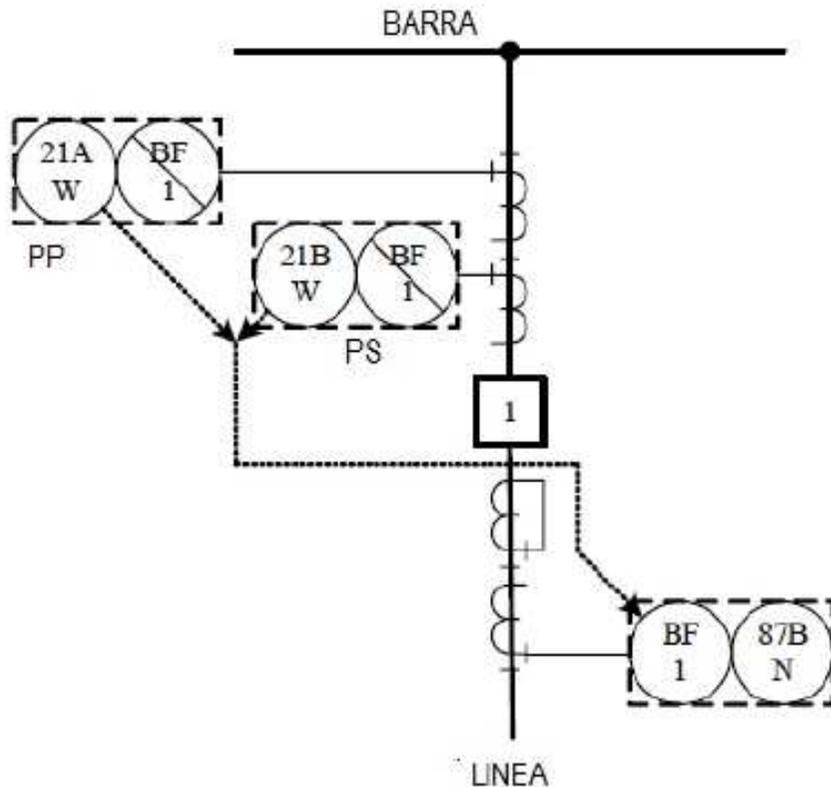
Si el criterio de corriente reacciona durante un disparo de la protección, se interpreta la interrupción del flujo de corriente, exclusivamente, como apertura del interruptor de potencia.

## FUNCION 50BF EN CADA RELE DE PROTECCION



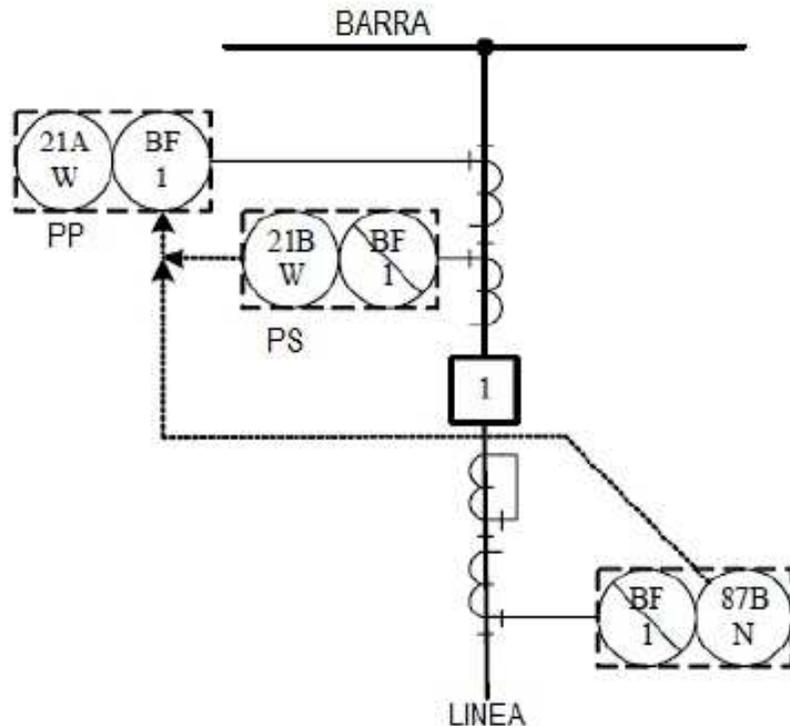
- No es necesario cableado externo.
- Cada relé dispara los interruptores por su propia función 50BF.
- Si uno de los relés se encuentra fuera de servicio por falla o mantenimiento no se pierde la función 50BF.
- La desventaja es cuando se realizan las pruebas, debe tenerse sumo cuidado en bloquear antes la función 50BF para no ocasionar falsos disparos.
- Si las protecciones principal (PP) o secundaria (PS) se alimentan de un solo devanado del transformador de corriente, el bloque de la función 50BF debe ser en ambas protecciones.

## FUNCION 50BF EN PROTECCION DE BARRAS



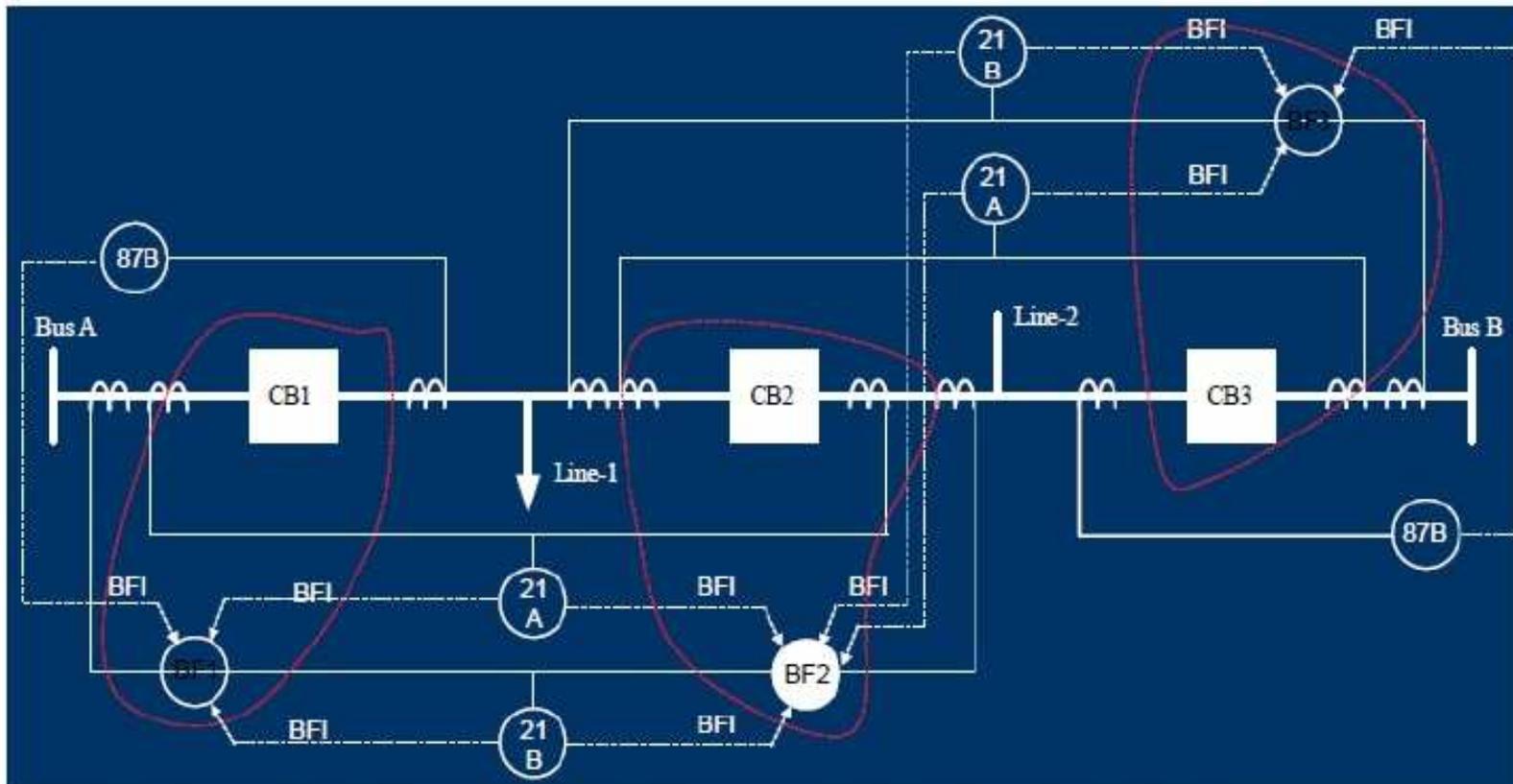
- Se requiere cableado externo.
- Se utiliza la función 50BF sólo de una protección (en este caso de la protección de barras, aprovechando que la protección de barras de por si ya dispara todos los interruptores ligados a la barra)
- Es mas complicado su aplicación si se requiere disparar el interruptor ubicado en el extremo remoto de la línea.
- Si la protección de barras se encuentra fuera de servicio, se pierde también la función de falla de interruptor 50BF.
- Este esquema es el mas se utiliza actualmente.

## FUNCION 50BF EN RELE PROTECCION PRINCIPAL



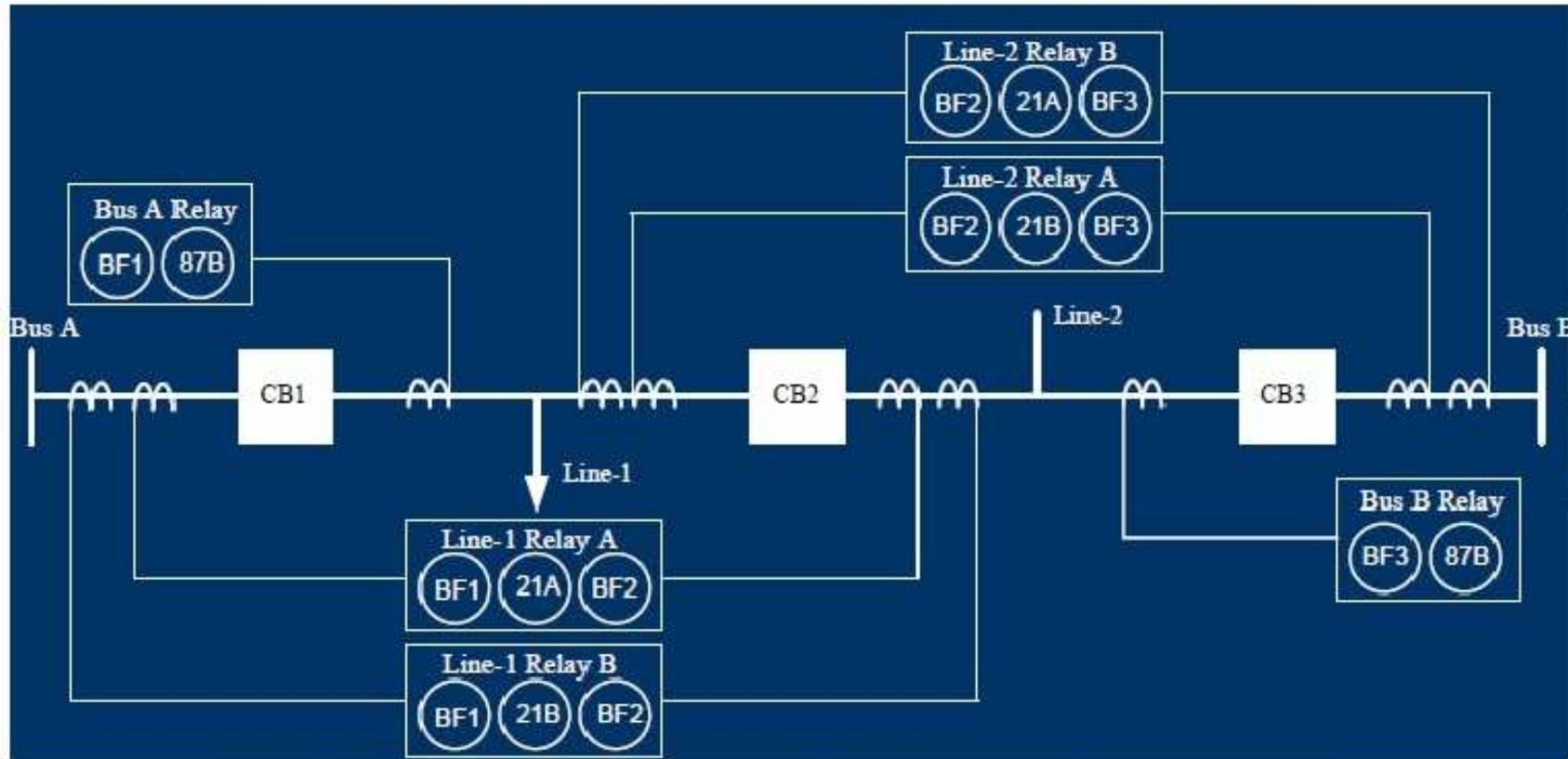
- Se requiere cableado externo.
- Se utiliza la función 50BF sólo de una protección (en este caso de la protección principal PP)
- En este caso es mas simple su aplicación si se requiere disparar el interruptor ubicado en el extremo remoto de la línea debido a que la protección principal ya tiene comunicación con el extremo remoto.
- Si la protección principal se encuentra fuera de servicio también se pierde la función 50BF.

## APLICACIÓN EN SUBESTACIONES DE INTERRUPTOR Y MEDIO – FUNCION 50BF PARA CADA INTERRUPTOR



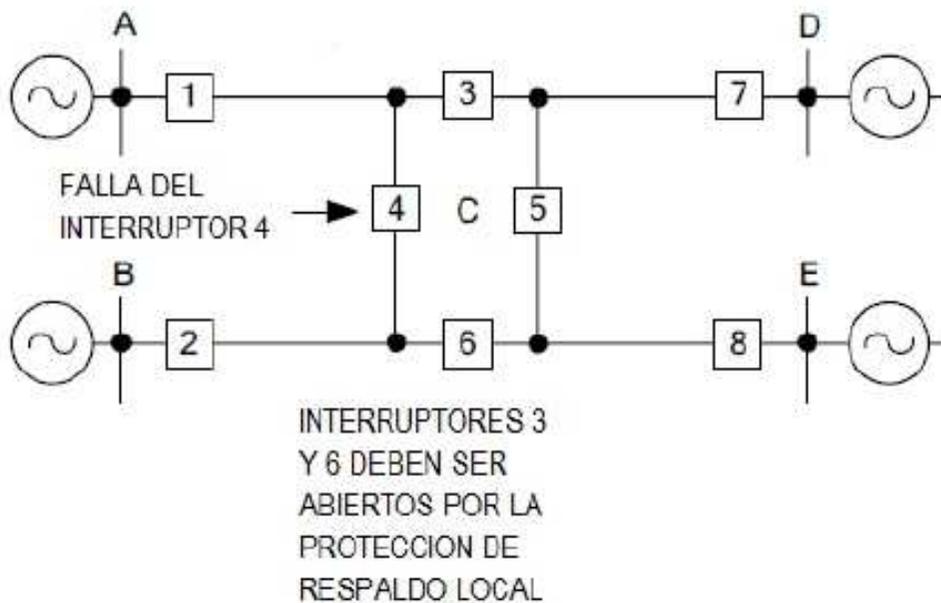
- Implementación tradicional.
- Hay independencia de la zona de protección.
- Fácil de estandarizar.

## APLICACIÓN EN SUBESTACIONES DE INTERRUPTOR Y MEDIO- 50BF INTEGRADA EN LAS PROTECCIONES



- Se elimina el cableado externo.
- Redundancia de la función 50BF.
- Es mas económico
- Se requiere de zona de protección

## OPERACIÓN DE LA PROTECCION 50BF EN UNA CONFIGURACION DE BARRAS EN ANILLO



- Para una falla en la línea BC, en condiciones normales deben abrirse los interruptores 2, 4 y 6.
- Si el interruptor 4 falla al abrir, los interruptores 2 y 6 abren por la protección de la línea y la protección de falla de interruptor debe abrir el interruptor 3, el cual corta la alimentación a la falla desde las fuentes D y E.
- Para eliminar la falla se requiere abrir el interruptor 1, para ello se hace uso un esquema de disparo directo (DTT) iniciado por la protección de falla de interruptor.

## IMPACTO DEL CAMBIO DE TECNOLOGIA

- Temporización de relés digitales y lógicas
  - El tiempo preciso elimina operaciones erróneas del relé debido a la calibración
  - El tiempo preciso y la lógica permite prácticamente la reducción de “márgenes de diseño”.
- Contactos de entrada y salida de relés digitales
  - Contactos de entrada sensibles.
  - Contactos de salida con relés de estado sólido.
- Elementos de protección digitales
  - Se limitaba a un elemento 50FD.
  - Ahora podemos usar detectores sensibles que pueden recoger una gran cantidad de funciones.
    - Solución: Considere el uso de otros elementos para ayudar a añadir seguridad, no sólo de sensibilidad (secuencia negativa, los elementos de tensión, los elementos de verificación y frecuencia de sincronización, etc.)

## IMPACTO DEL CAMBIO DE TECNOLOGIA

- Desafíos de la Complejidad
  - Hay necesidad de una lógica elaborada.
  - Amplia variedad de esquemas de falla de interruptor, incluso en el mismo modelo de relé y en la misma red eléctrica.
  - Puede tener más de un esquema de falla de 50BF en un solo relé.
  - Puede tener más de un esquema de 50BF para un sólo interruptor.

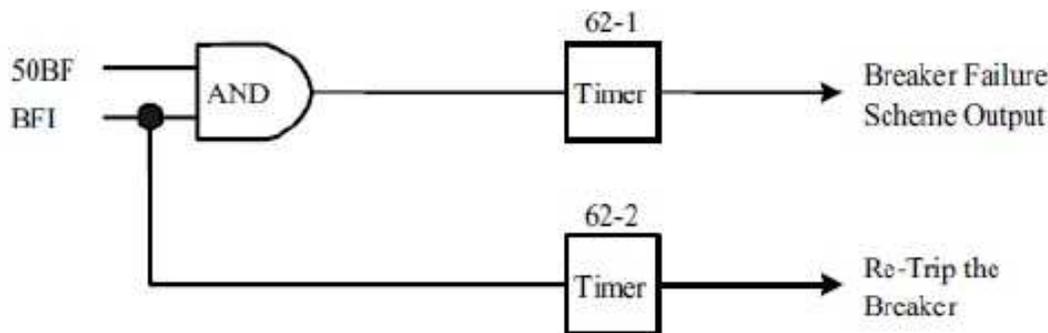
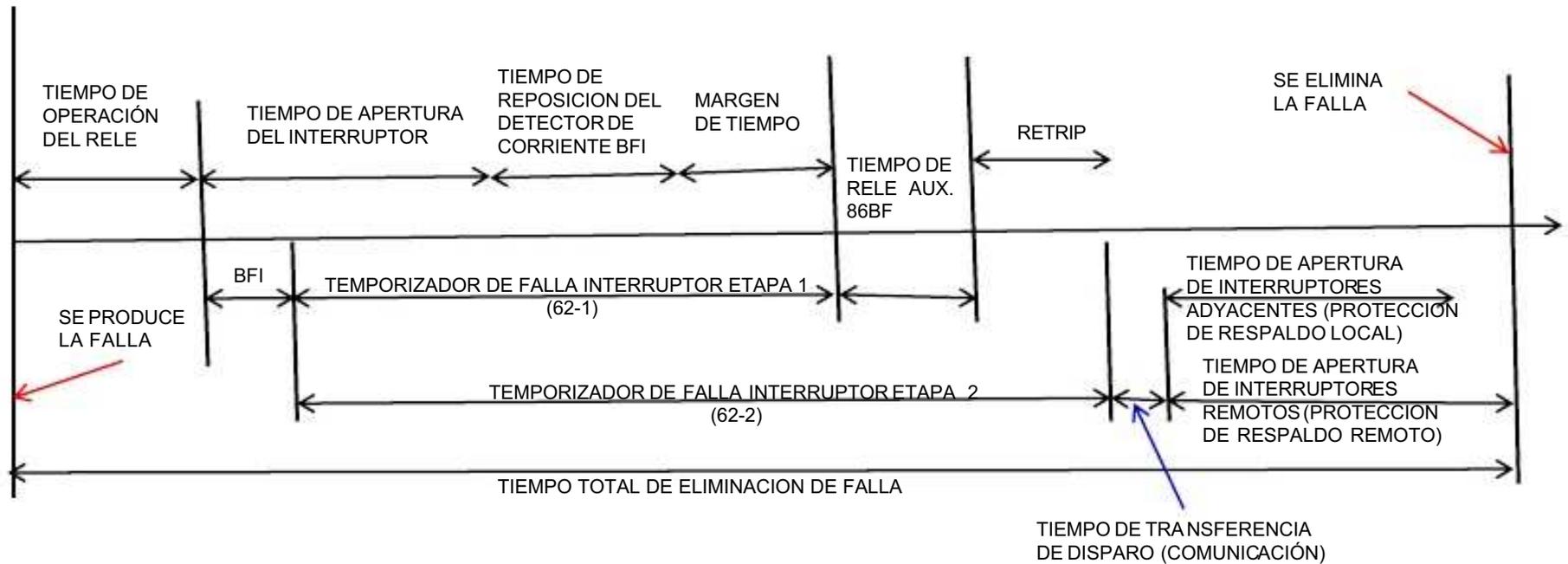
Solución: Normalización de Ingeniería

Solución: Documentación (descripciones escritas de ajuste, diagramas lógicos, y procedimientos de pruebas)

## COMPARACION DEL TIEMPO TOTAL DE ELIMINACION DE FALLA POR LA PROTECCION DE FALLA DE INTERRUPTOR (50BF)

	ESQUEMA TRADICIONAL		ESQUEMA TRADICIONAL CON INTERRUPTORES DE 2 CICLOS		ESQUEMA TRADICIONAL CON RELES DE ULTIMA TECNOLOGIA		ESQUEMA TRADICIONAL CON INTERRUPTORES DE 2 CICLOS Y RELES DE ULTIMA TECNOLOGIA	
	ciclos	ms	ciclos	ms	ciclos	ms	ciclos	ms
<b>Datos de la proteccion principal</b>								
Tiempo máximo de operación del relé de distancia	1.500	25.000	1.500	25.000	0.800	13.330	0.800	13.330
Contactos de disparo	0.360	6.000	0.360	6.000	0.060	1.000	0.060	1.000
Contacto de inicio de falla de interruptor (50BF)	0.360	6.000	0.360	6.000	0.060	1.000	0.060	1.000
<b>Datos del circuit del interruptor</b>								
Tiempo máximo de apertura	3.000	50.000	2.000	33.330	3.000	50.000	2.000	33.330
<b>Datos de la protección de falla de interruptor</b>								
Detección de fase abierta	1.500	25.000	1.500	25.000	1.000	16.670	1.000	16.670
Margen de seguridad	2.000	33.330	2.000	33.330	2.000	33.330	2.000	33.330
Tiempo de entrada	0.500	8.330	0.500	8.330	0.250	4.170	0.250	4.170
Intervalo de proceso	0.250	4.170	0.250	4.170	0.125	2.080	0.125	2.080
Arranque del relé	6.500	108.340	5.500	91.670	5.875	97.920	4.875	81.250
Tiempo de contactos de salida	0.360	6.000	0.360	6.000	0.060	1.000	0.060	1.000
<b>Datos del rele de bloqueo</b>								
Tiempo de operación	1.000	16.670	1.000	16.670	0.500	8.330	0.500	8.330
<b>Datos de los interruptores locales y remotos</b>								
Tiempo máximo de apertura	3.000	50.000	2.000	33.330	3.000	50.000	2.000	33.330
Tiempo de eliminación de falla por la protección de falla de interruptor	13.470	224.510	11.470	191.170	10.670	177.830	8.670	144.490

# DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL ESQUEMA DE FALLA DE INTERRUPTOR



ESTANDAR  
IEEE-C37-119-2005