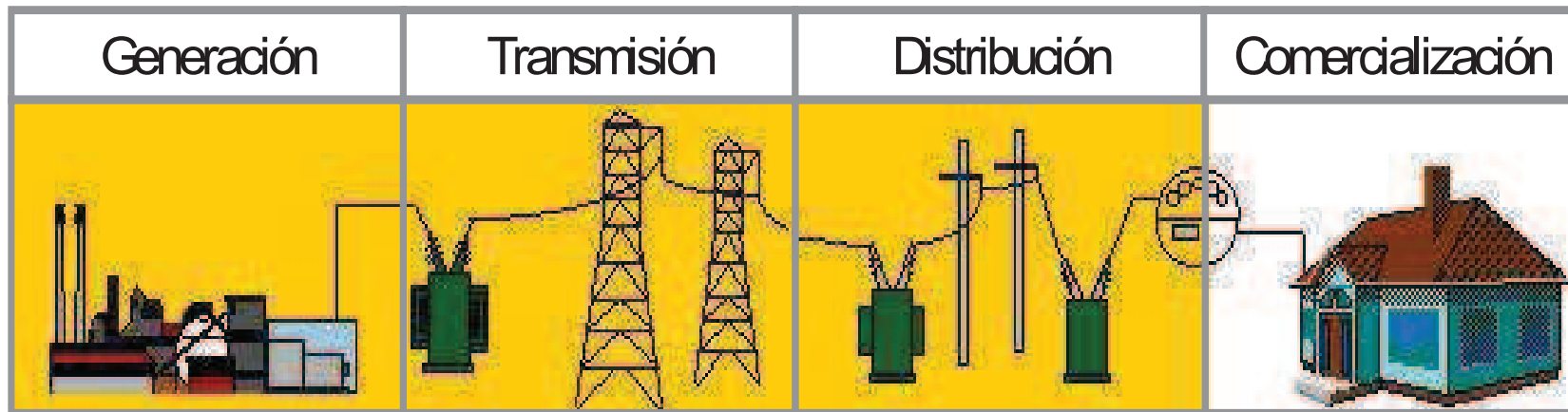


Contenido

1. Introducción
2. Comportamiento del Sistema Eléctrico
3. Importancia del Análisis Fallas
4. Anomalías que afectan la operación
5. Recursos para el Análisis de Perturbaciones
6. Metodología y criterios para el Análisis de Perturbaciones
7. Análisis de perturbaciones - Casos Aplicativos en sistema de transmisión

Operación de Sistemas de Potencia

La Industria Eléctrica



- Atender la demanda de electricidad en forma continua, para atender el desarrollo de un país o una región.

Operación de Sistemas de Potencia

Objetivos de la Operación de Sistemas de Potencia

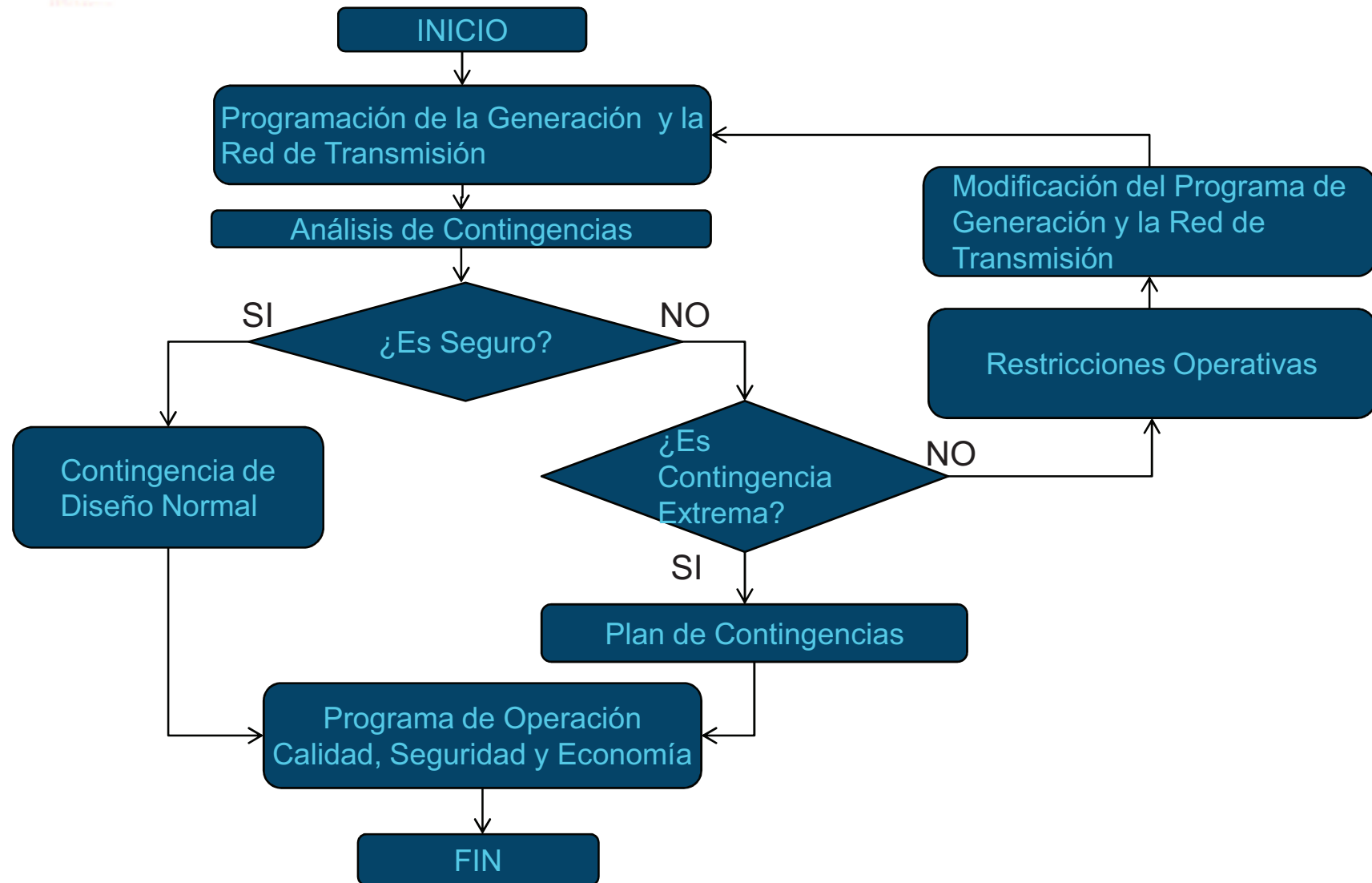
La operación de los sistemas eléctricos se puede caracterizar por tres objetivos interdependientes:



Para la operación de un sistema eléctrico de potencia, se debe considerar además de los aspectos técnicos, el marco legal en que se desenvuelve éste.

Operación de Sistemas de Potencia

Programación de la Operación



Operación de Sistemas de Potencia

Análisis de Seguridad Operativa

- ❑ En general, los estudios de análisis de seguridad consisten en simular la desconexión de unidades generadoras y equipos de transmisión para estudiar su efecto sobre las variables del sistema a partir de un estado inicial dado, y medir la robustez del sistema para soportar estas posibles contingencias. Así, el análisis de seguridad mide el nivel de reserva del SEP.
- ❑ Por reserva se debe entender el margen de diferencia que presentan las variables del sistema y sus respectivos límites de operación.
- ❑ Un SEP nunca opera con seguridad en el sentido absoluto de la palabra; se debe programar la operación de manera que se tenga la mayor seguridad posible.
- ❑ La seguridad operativa debe ser tratada desde la Programación de la Operación.
- ❑ Un aspecto que muchas veces no es tratado en análisis de seguridad son los Planes de Contingencia.

ESTUDIOS DE ANÁLISIS DE SEGURIDAD OPERATIVA

TENER BAJA PROBABILIDAD DE QUE EXISTA DISCONTINUIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO

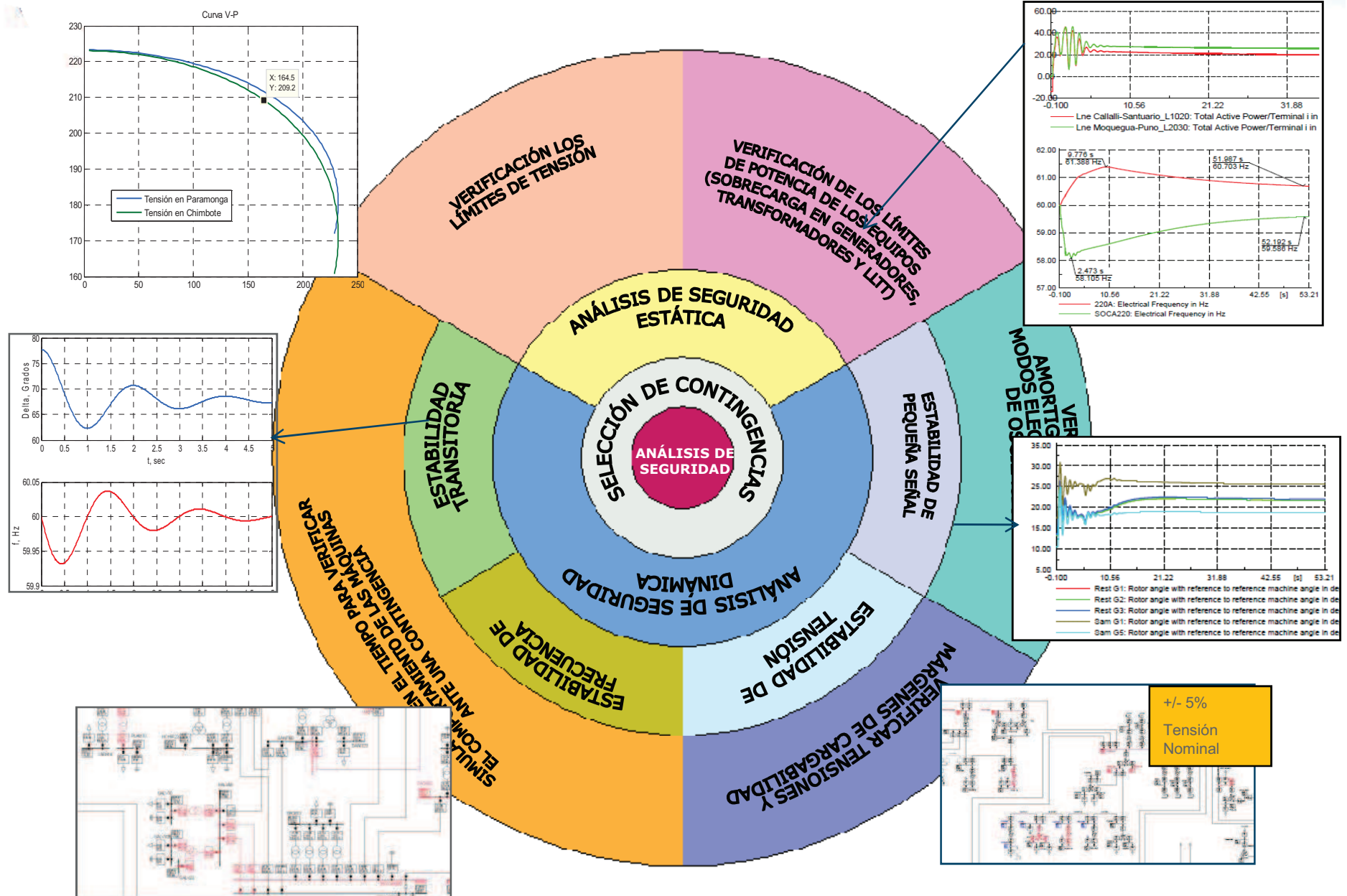
SEGURIDAD EN LA PROGRAMACIÓN DE LA OPERACIÓN

PLANES DE CONTINGENCIA

PARA AQUELLOS CASOS EXTREMOS QUE NO SON CUBIERTOS EN EL ANÁLISIS DE SEGURIDAD

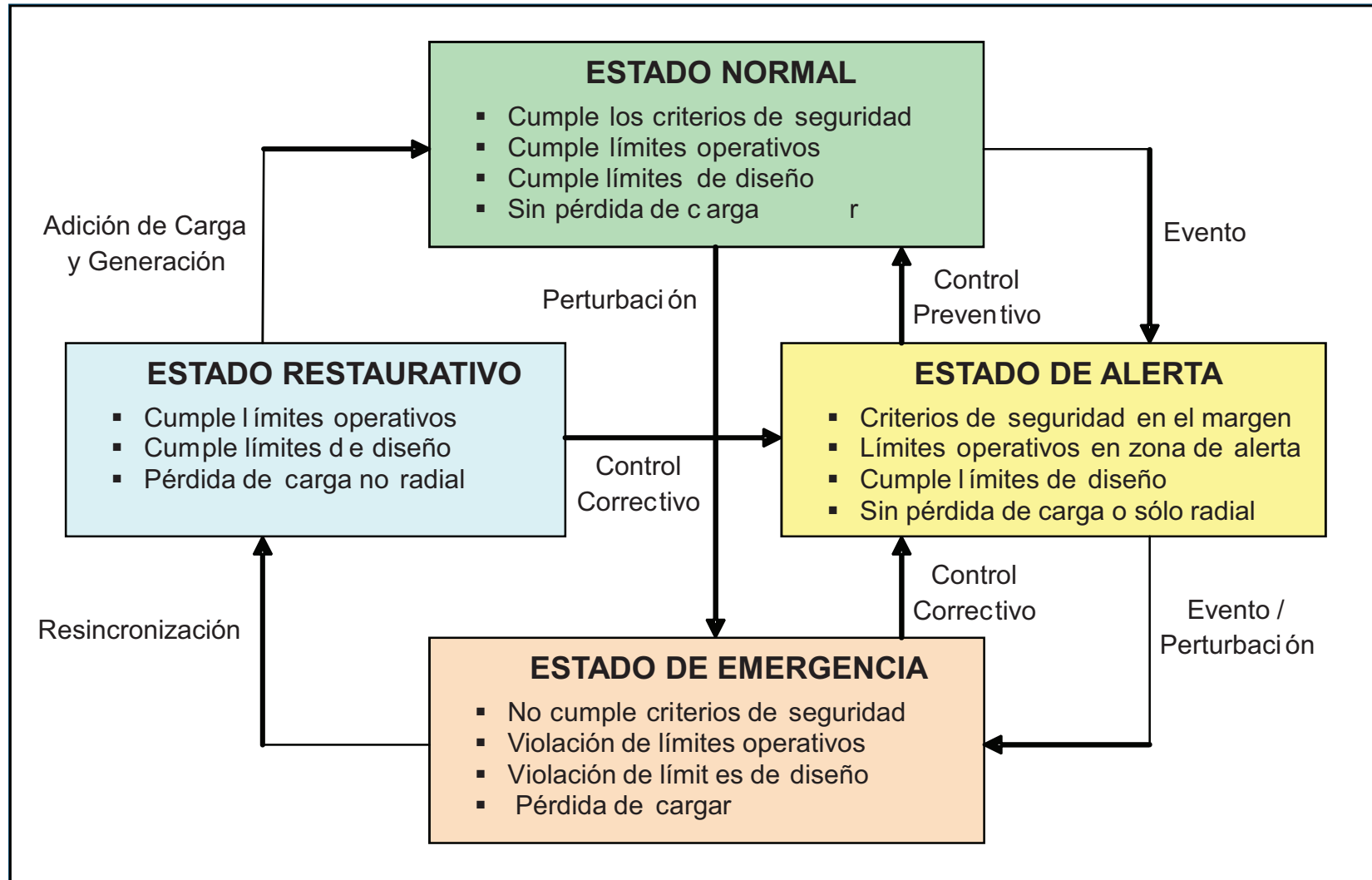
Operación de Sistemas de Potencia

Análisis de Seguridad Operativa



Operación de Sistemas de Potencia

Estados Operativos del Sistema



Importancia del Análisis de Fallas

Por qué hacer el Análisis de Perturbaciones?

- Los mayores apagones en el país se originaron por fallas en los sistemas de transmisión, causadas por fenómenos naturales, medios ambientales, fallas de equipos, acciones de terceros y errores humanos.
- Esta misma tendencia se observa a nivel mundial: apagones en EEUU, Italia, Inglaterra, Suecia y Colombia.
- Si bien los apagones de gran magnitud se originan en fallas en la transmisión, la causa raíz de éstos se ubican *en insuficiencias del sistema para soportar la desconexión de una instalación de transmisión*. En su mayoría, los apagones se producen por inestabilidades angulares o colapsos de tensión del sistema.
- Las desconexiones de generación originan rechazos aislados de carga o racionamiento.



Apagón de New York del 14 de agosto de 2003

SISTEMA ELÉCTRICO	CORTO-CIRCUITO
Generación	6%
Subestaciones	5%
Líneas de transmisión	89%

Fuente: Curto-Circuito Geraldo Kinderman

Importancia del Análisis de Fallas

Tipos de Fallas

TIPO	DESCRIPCIÓN
I	Fenómenos Naturales
IA	Descargas Atmosféricas
II	Condiciones Ambientales
III	Equipos, Materiales
IV	Error Humano
V	Terceros
VI	Otras Causas

Fuente: CIER

TIPOS DE CORTO-CIRCUITOS	% DE OCURRENCIAS
3Ø	06 %
2Ø	15 %
2Ø – Tierra	16 %
1Ø – Tierra	63 %

Fuente: Curto-Circuito, Geraldo Kinderman

SISTEMA DE PROTECCIÓN	
Equipos	Tasa de falla
Interruptor	47.16 %
TC y TP	0.47 %
Relé	4.74 %
Batería	47.16 %
Circuito	0.47 %

Fuente: Protección de SEP, Geraldo Kinderman

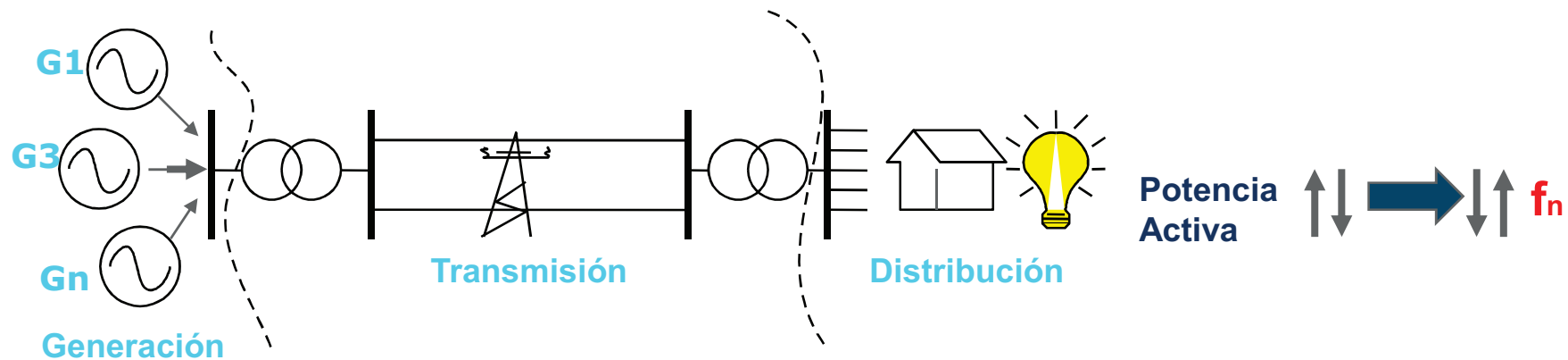
Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones - Carga y Frecuencia

- ❑ Toda carga que realiza trabajo o produce calor consume potencia activa.
- ❑ En cada instante, la energía consumida está siendo generada en algún lugar del sistema. El sistema de potencia no almacena energía.

$$\text{Potencia Generada} = \text{Potencia Consumida} + \text{Pérdidas (G, T, D)}$$

- ❑ La actuación de los reguladores de velocidad de las máquinas y/o esquemas especiales de rechazo de carga o generación restablecen la f_n .

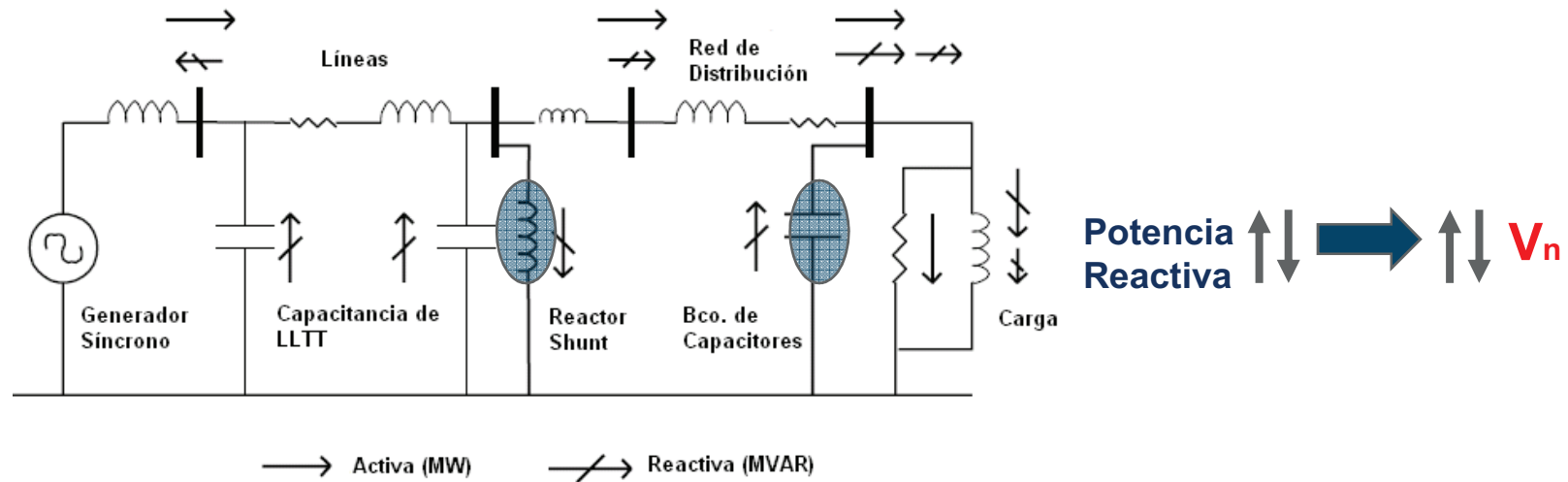


Toda variación de carga (MW) en el sistema, está estrechamente ligada con la frecuencia del sistema

Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones - Tensión y Potencia Reactiva

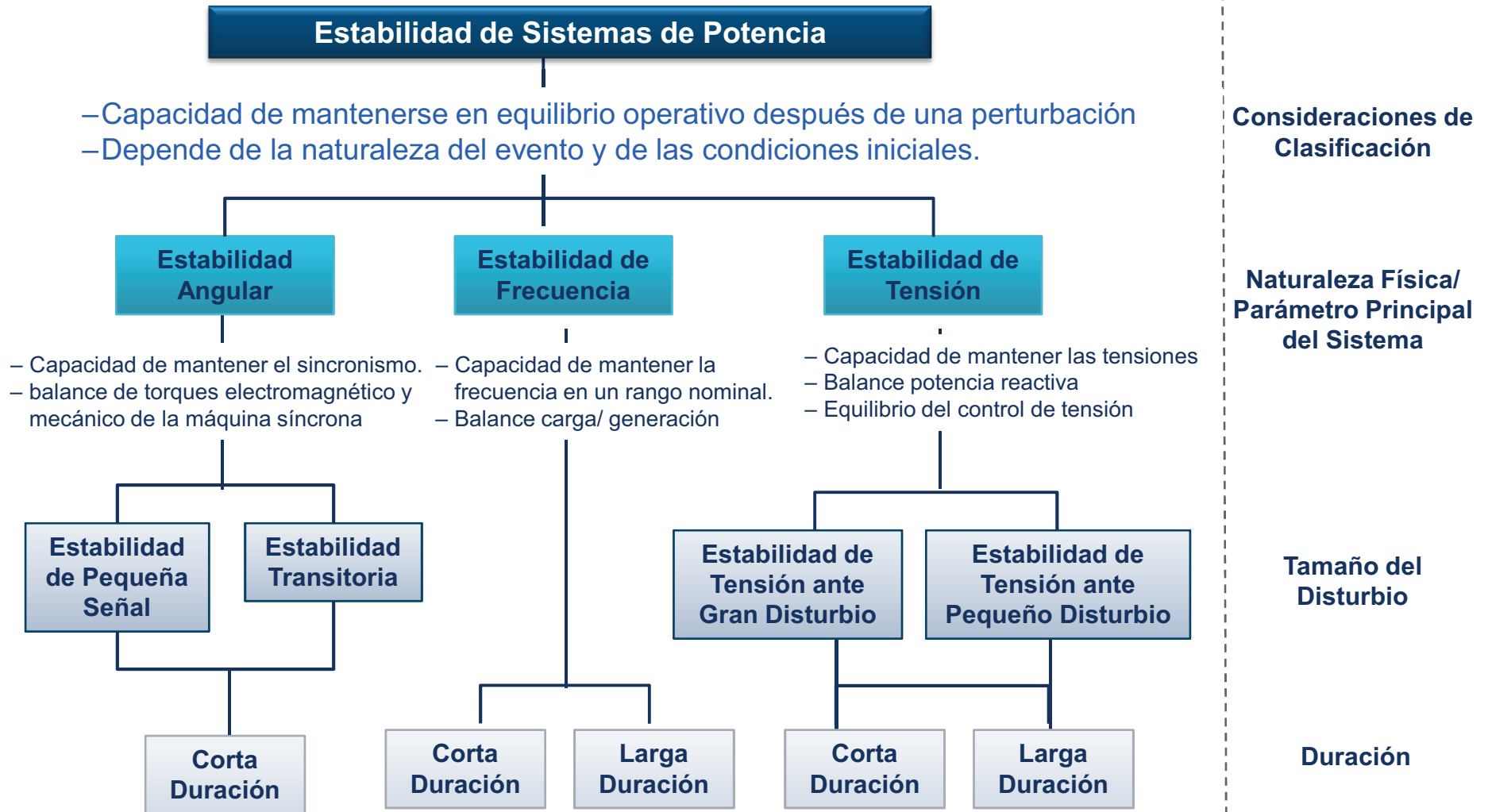
- Los equipos de compensación reactiva se instalan para aportar o absorber potencia reactiva de acuerdo con las necesidades del sistema.



Toda variación de potencia reactiva (Mvar) en el sistema, generada o consumida, está estrechamente ligada con la tensión del sistema

Importancia del Análisis de Fallas

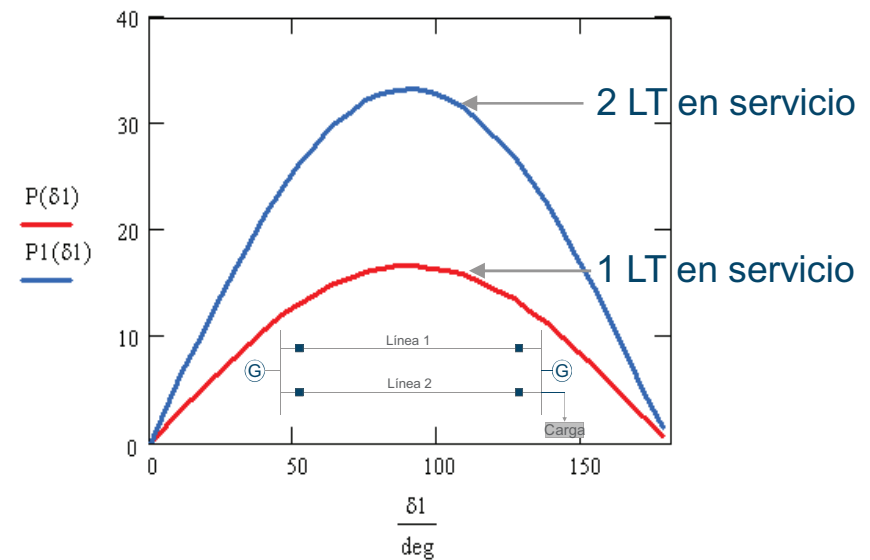
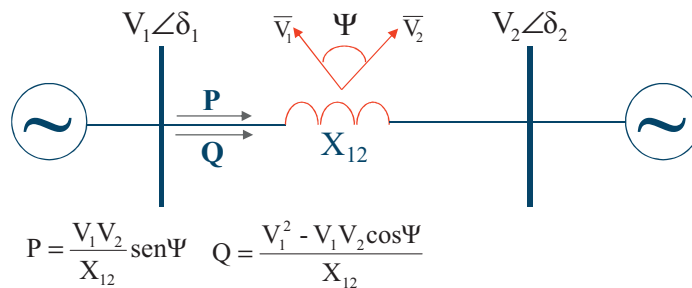
Consideraciones – Estabilidad en los Sistemas de Potencia



Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Estabilidad en los Sistemas de Potencia

- ❑ La estabilidad es la capacidad de un sistema de potencia de; dada cierta condición inicial de operación, lograr un estado normal de equilibrio luego de la ocurrencia de una perturbación.
- ❑ La estabilidad del sistema depende de:
 - a. La naturaleza del disturbio
 - b. La Magnitud del disturbio
 - c. Las condiciones iniciales de operación.



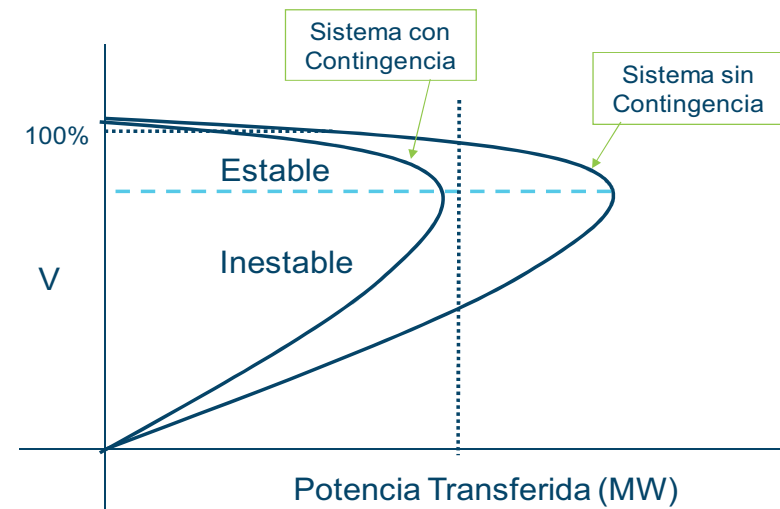
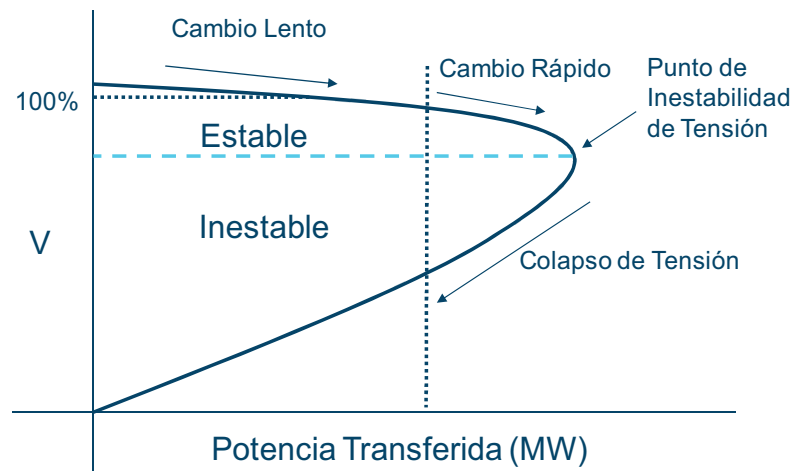
Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Estabilidad en los Sistemas de Potencia

- Estabilidad de tensión: relacionada con la capacidad de un SEP de mantener estable la tensión en todas sus barras en estado estacionario y luego de una perturbación.

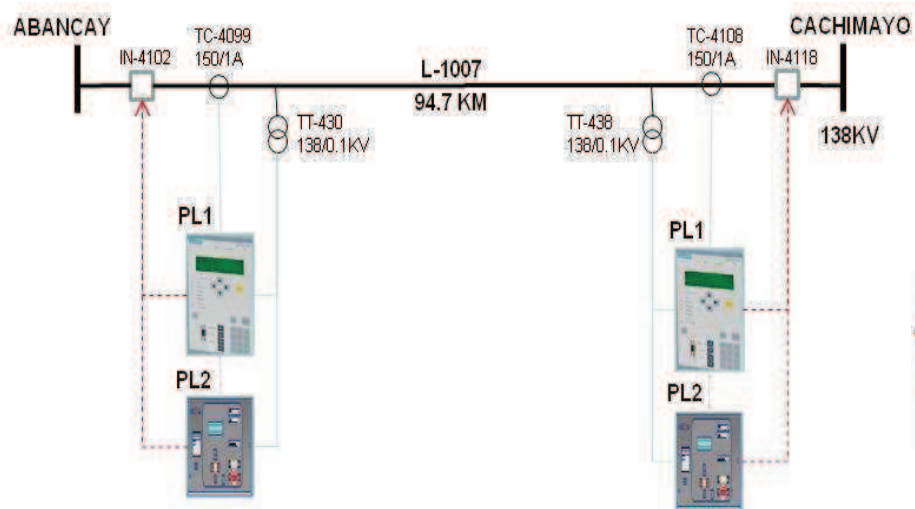
El colapso de tensión es el resultado posible de una condición de inestabilidad de tensión.

El sistema puede perder estabilidad en caso de una contingencia.

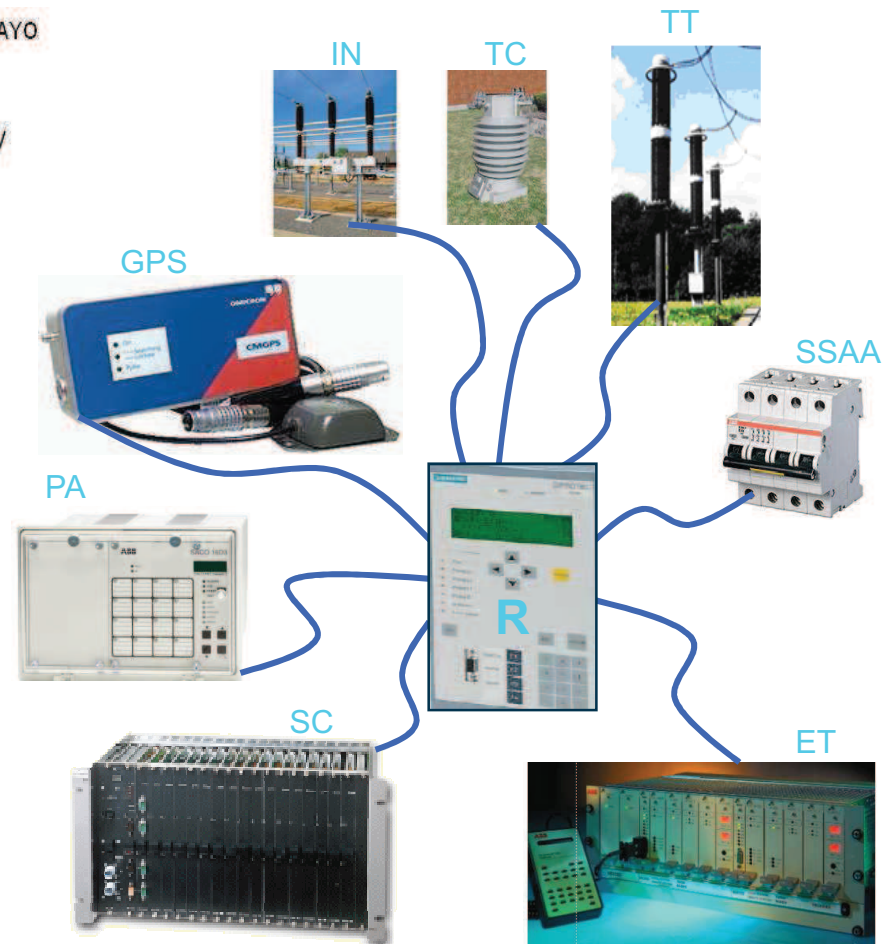


Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Sistemas de Protección



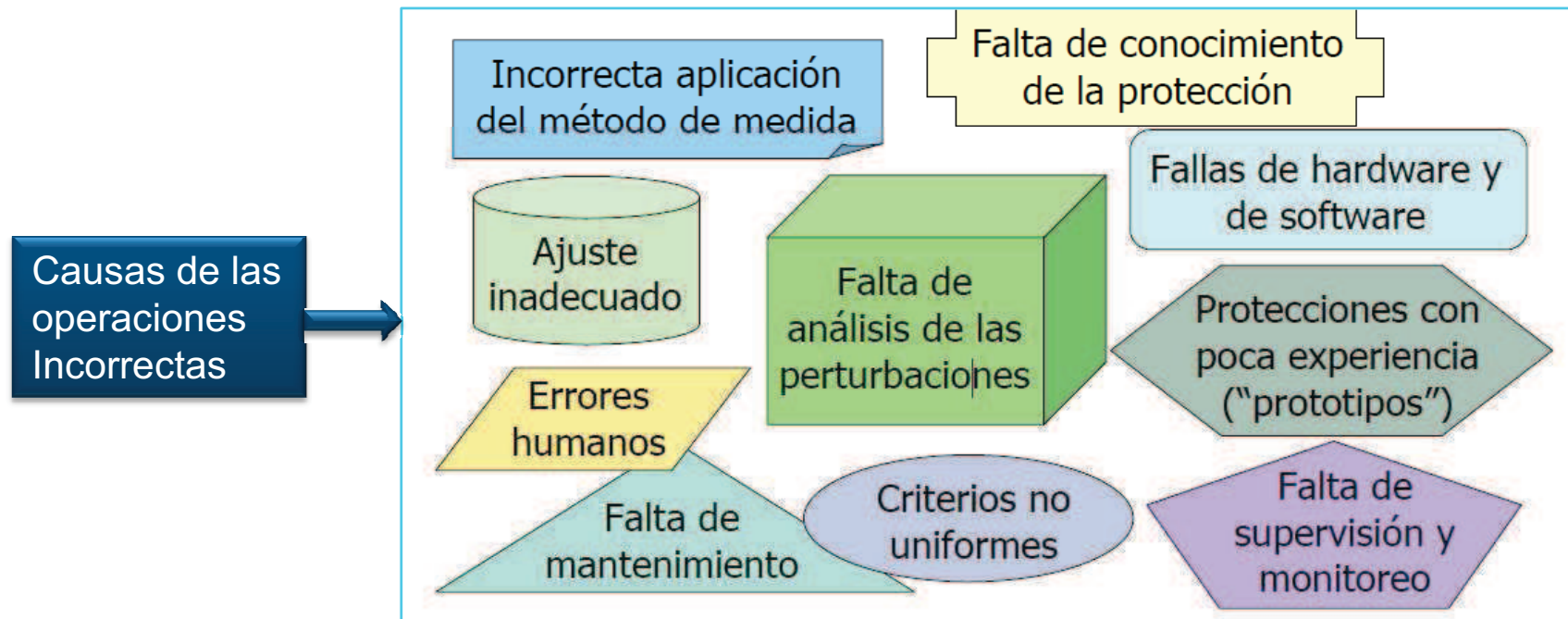
- Relé de protección (R)
- Interruptor de potencia (IN)
- Transformadores de TT y TC
- Equipo de teleprotección (ET)
- Sistema de Control (SC)
- Panel de alarma (PA)
- GPS
- Servicios auxiliares (SSAA)
- Conexiones entre ellas (C)



Importancia del Análisis de Fallas

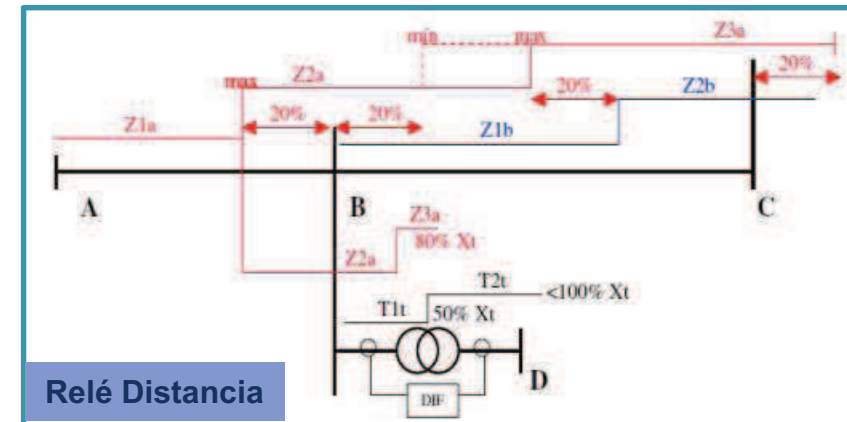
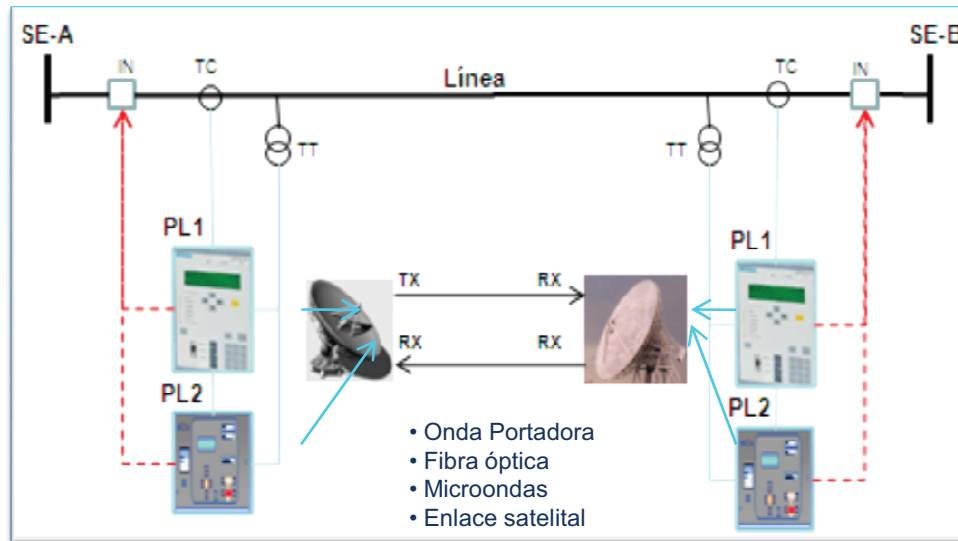
Consideraciones – Sistemas de Protección

- ❑ **Seguridad:** Capacidad del relé de evitar operaciones indeseadas (no operar cuando no se requiere su operación)
- ❑ **Confiabilidad:** Capacidad del relé operar correctamente (operar cuando se requiere su operación)

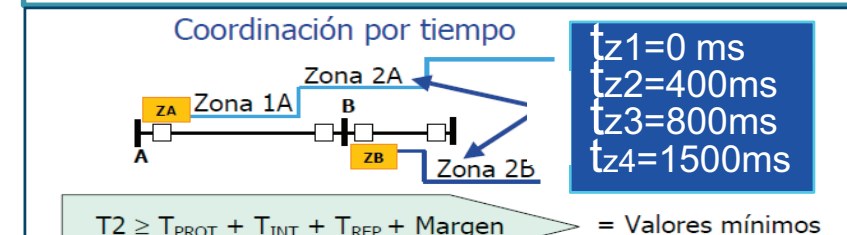


Importancia del Análisis de Fallas

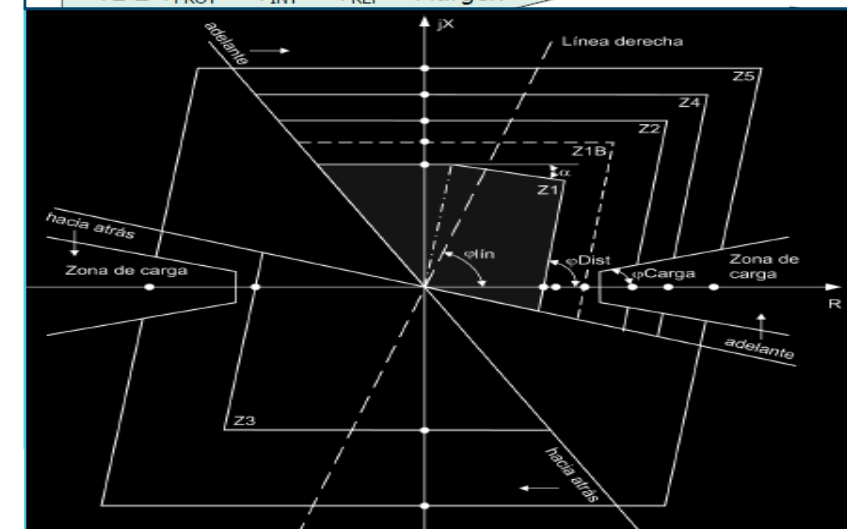
Consideraciones – Sistemas de Protección LT



Relé Distancia



$$T2 \geq T_{\text{PROT}} + T_{\text{INT}} + T_{\text{REP}} + \text{Margen} = \text{Valores mínimos}$$



Protección de línea:

- ☐ Distancia 21,
- ☐ Sobrecorriente direccional – 67/67N
- ☐ Diferencial de línea – 87L

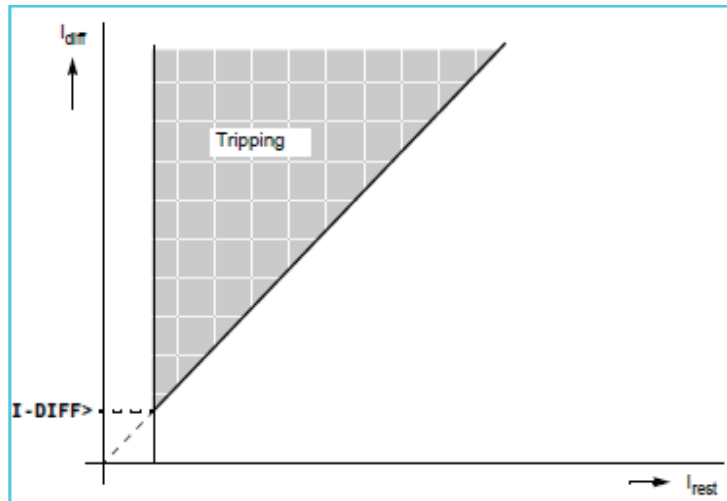
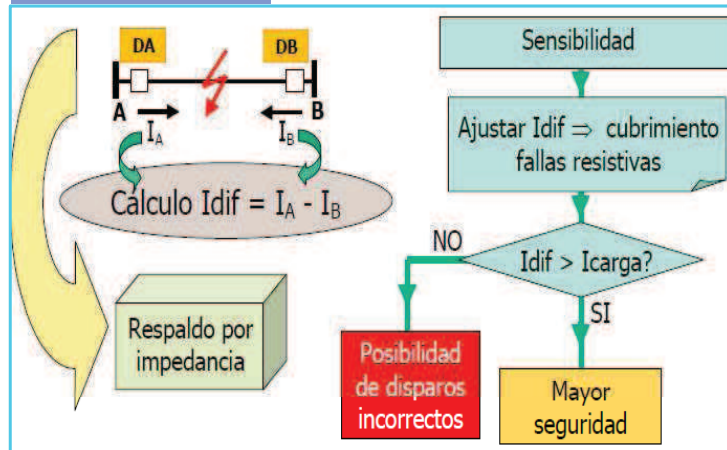
PL1 y PL2 redundante

- ☐ Func. principales: 21, 67N, 87L, 79, 25, 68
- ☐ Func. adicionales: SOFT, Falla fusible, WEI Oscilografía, Localizador de falla.

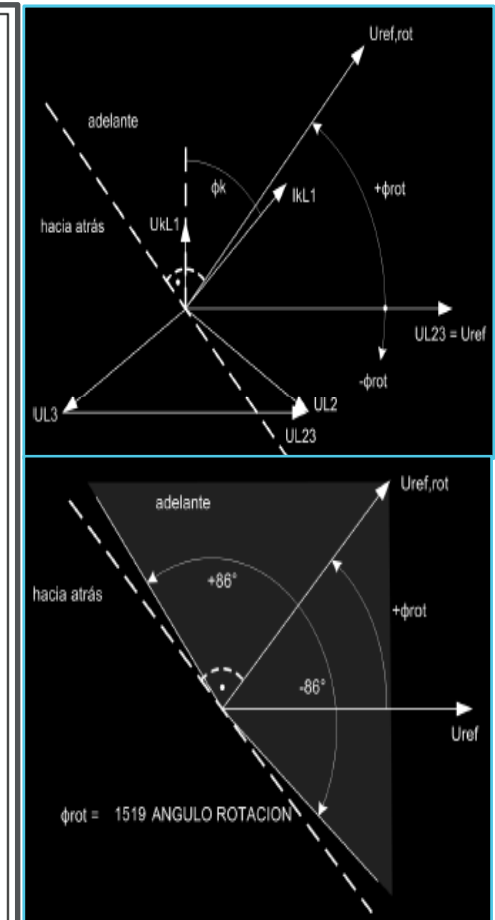
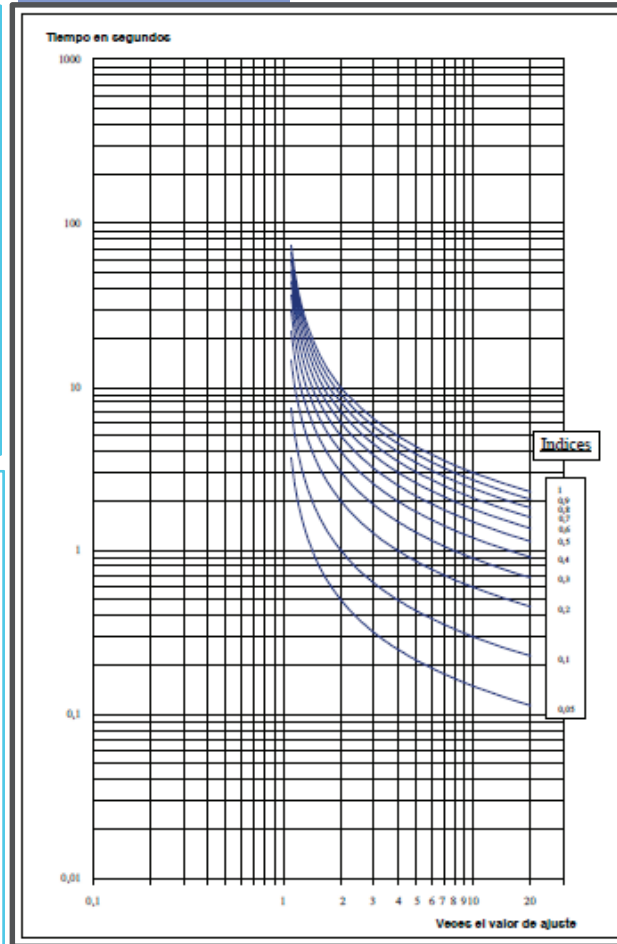
Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Sistemas de Protección LT

Diferencial

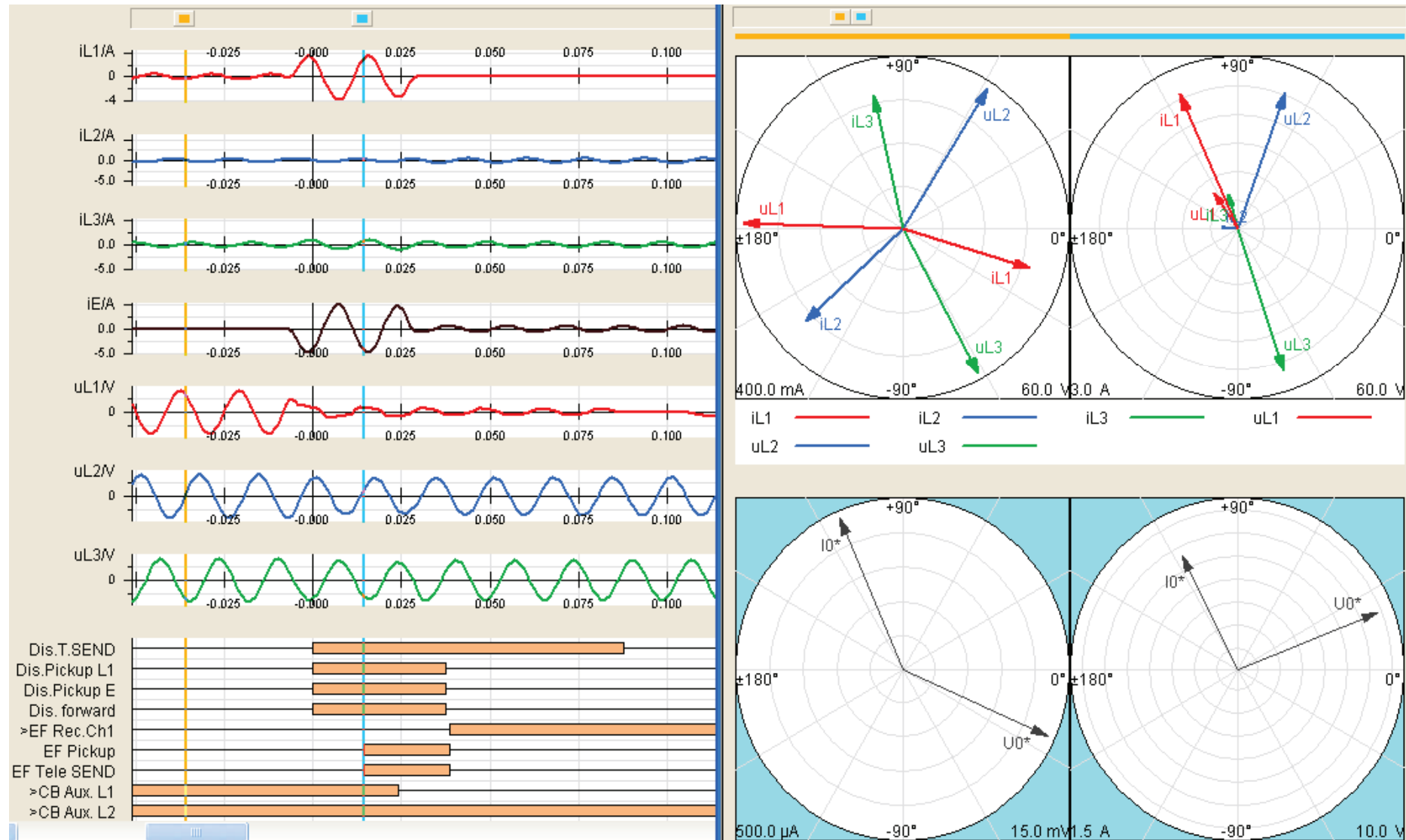


Direccional



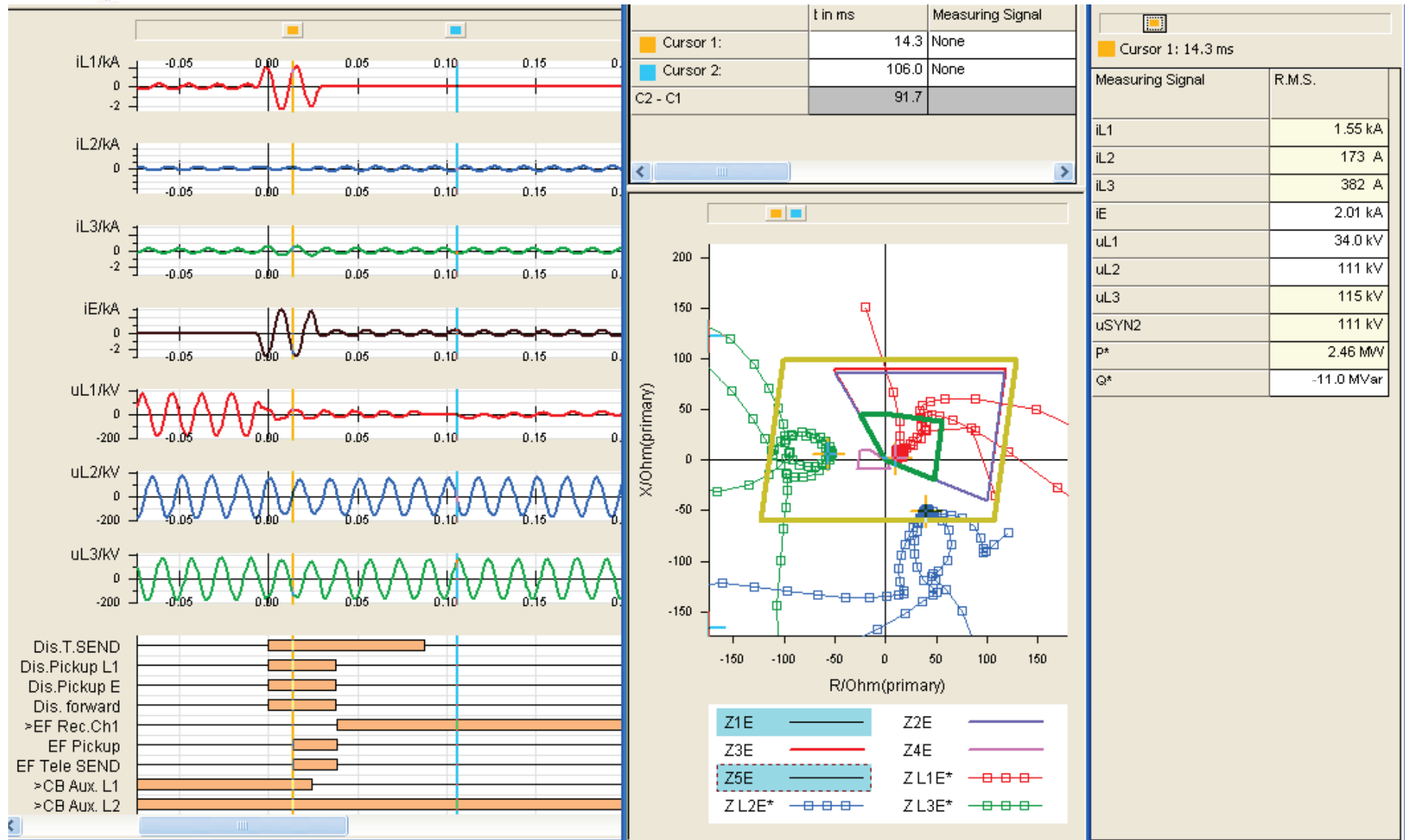
Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Sistemas de Protección LT



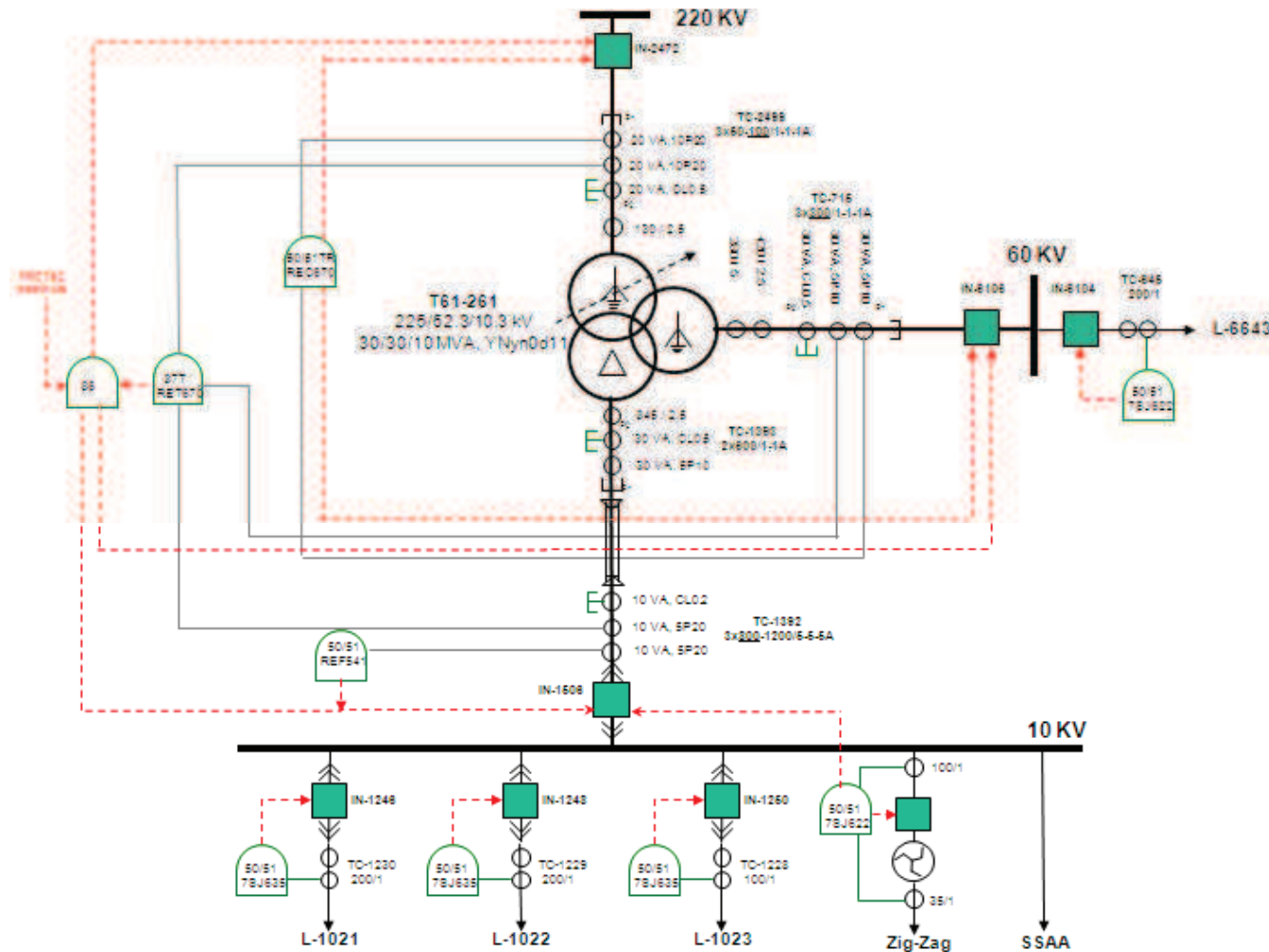
Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Sistemas de Protección LT



Importancia del Análisis de Fallas

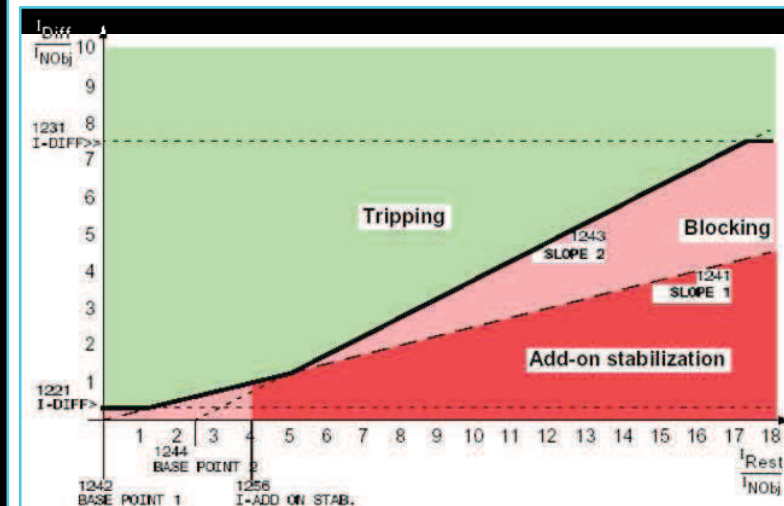
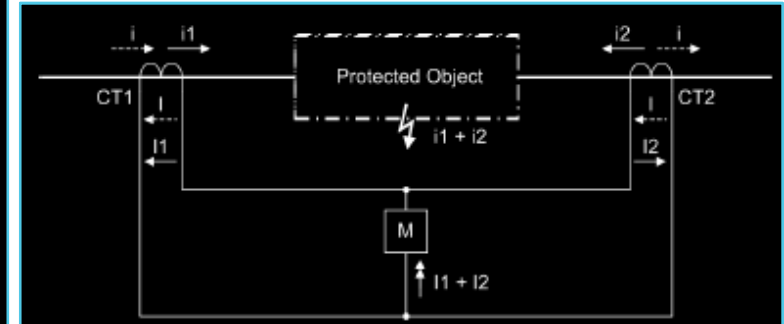
Consideraciones – Sistemas de Protección Transformadores



Protecciones Eléctricas:
Diferencial 87
Sobrecorriente 51/51N
Sobrecorriente direccional (67/67N)

PT1 y PT2 redundantes
Func. principales: 87, 67/67N, 51/51N
Func. adicionales: 27, 59, 25, Oscilografías

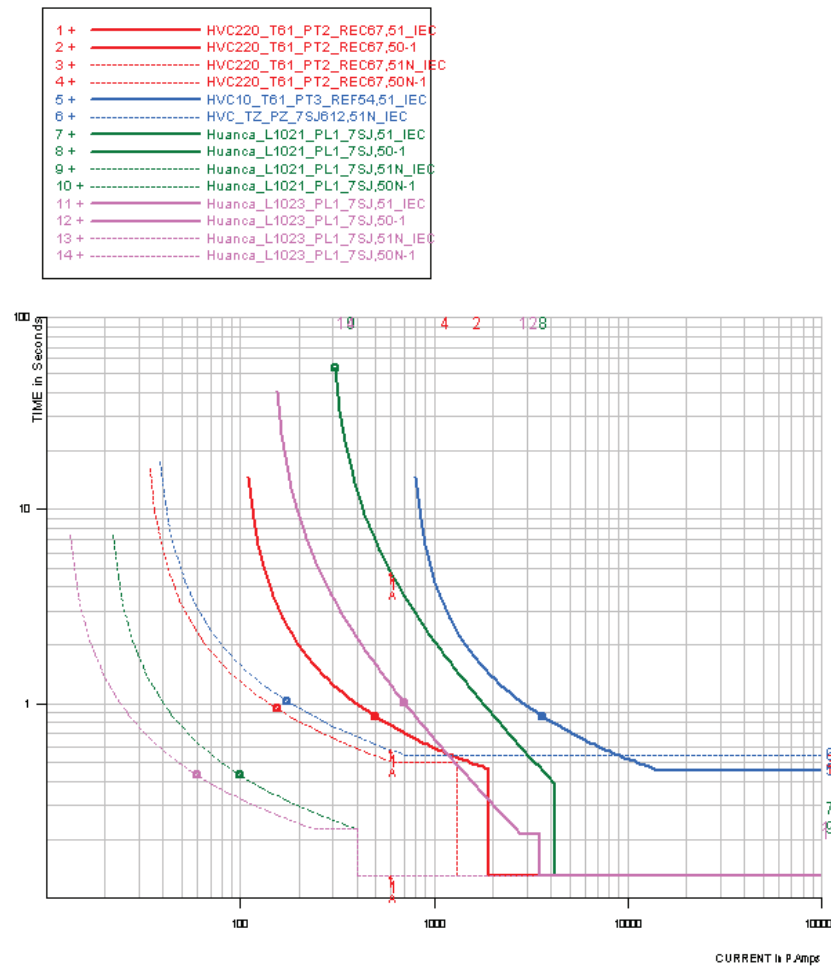
Diferencial



Importancia del Análisis de Fallas

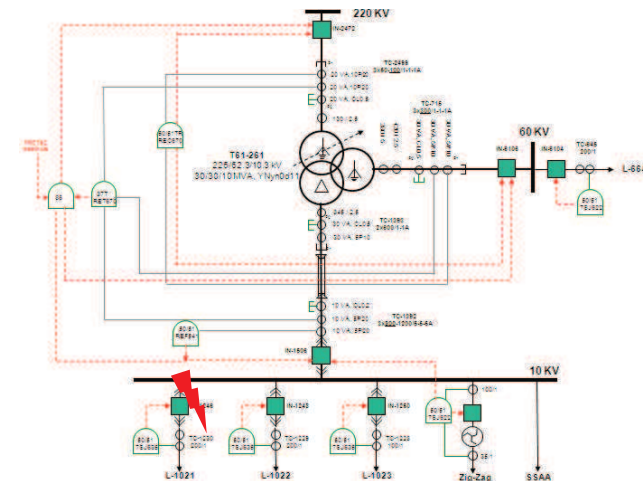
Consideraciones – Sistemas de Protección Transformadores

Sobrecorriente



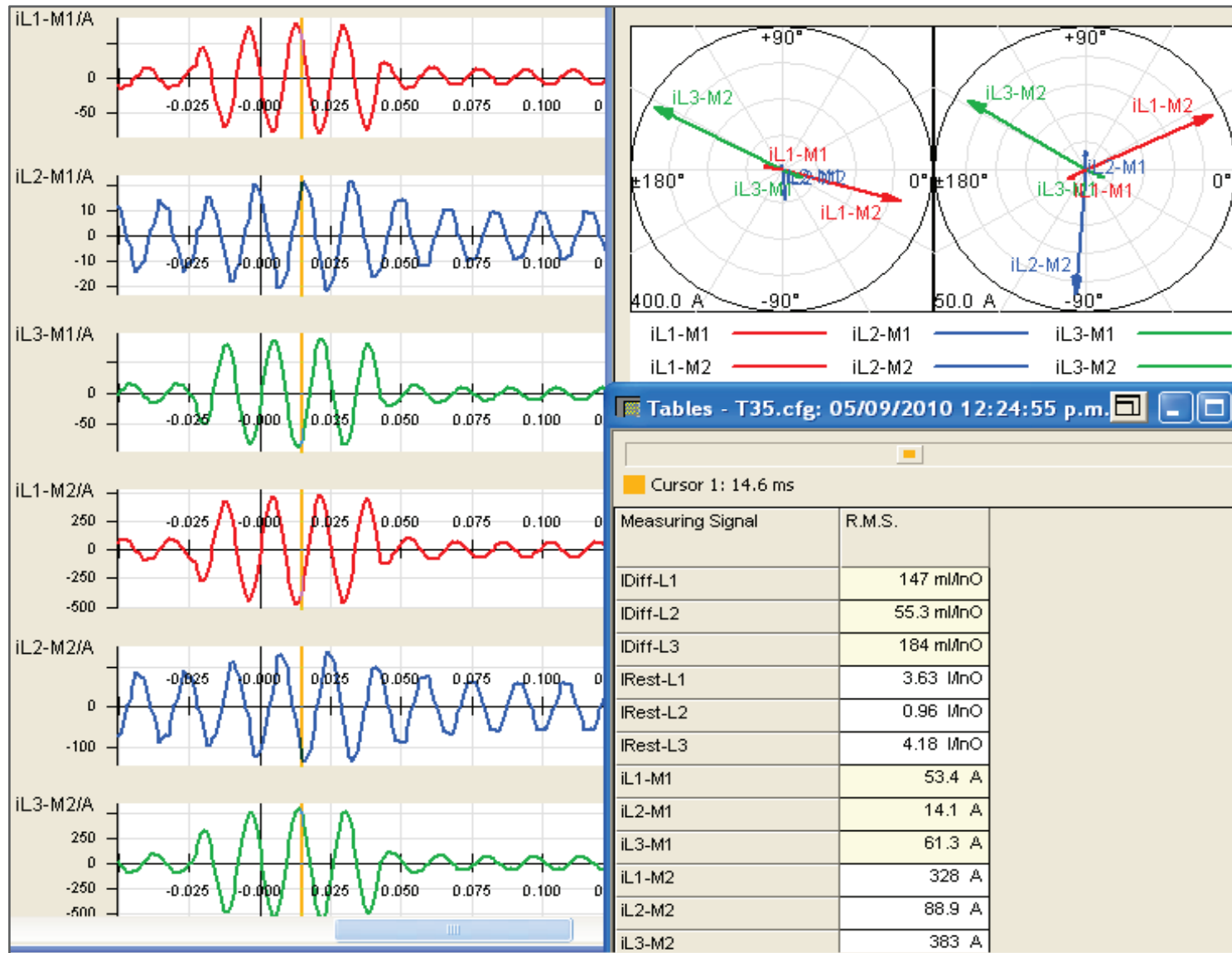
Fault: A
SINGLE_LINE_GROUND at bus 816 L1021

Curve	Current Primary A	Current A/Pickup	Operating Seconds	Source/Total line (+)
1	15.68	0.16	Infinite	0.17 @ -5.3
2	15.68	0.01	Infinite	Unavailable
3	0.00	0.00	Infinite	0.17 @ -5.3
4	0.00	0.00	Infinite	Unavailable
5	395.80	0.54	Infinite	1.18 @ -181.3
6	599.07	17.12	0.575	1.00 @ 0.0
7	597.91	2.14	4.757	492.99 @ 42.5
8	597.91	0.14	Infinite	Unavailable
9	599.07	29.95	0.227	492.99 @ 42.5
10	599.07	1.50	0.130	Unavailable
11	3.83	0.03	Infinite	Unavailable
12	3.83	0.00	Infinite	Unavailable
13	0.00	0.00	Infinite	Unavailable
14	0.00	0.00	Infinite	Unavailable



Importancia del Análisis de Fallas

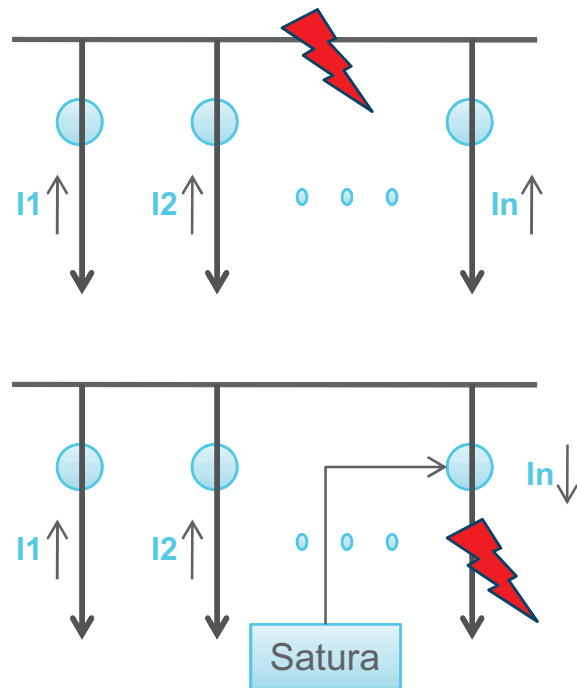
Consideraciones – Sistemas de Protección Transformadores



- ❑ Func. principales: 87B y 50BF
- ❑ Func. adicionales: Oscilografías

Importancia del Análisis de Fallas

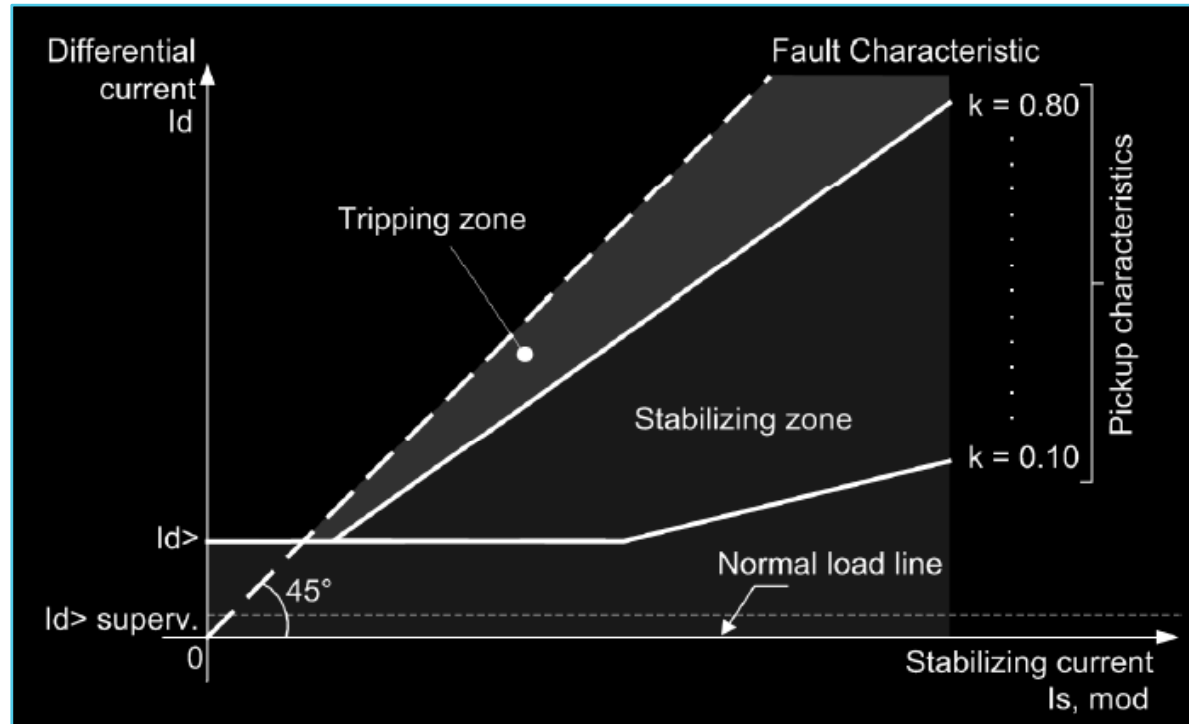
Consideraciones – Sistemas de Protección Barras



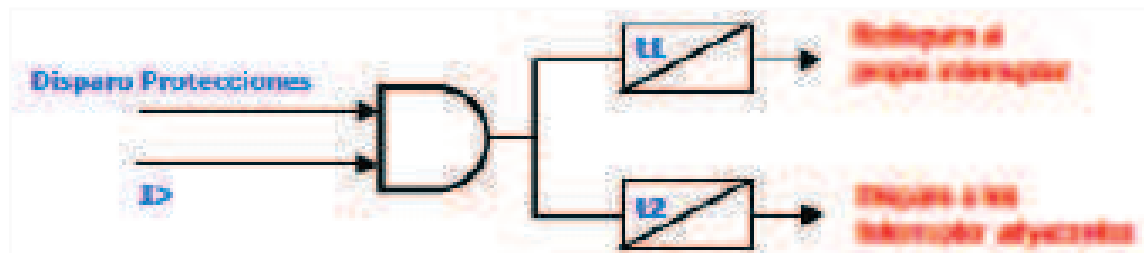
$$I_d = |I_1 + I_2 \dots + I_n|$$

$$I_s = |I_1| + |I_2| \dots + |I_n|$$

Diferencial

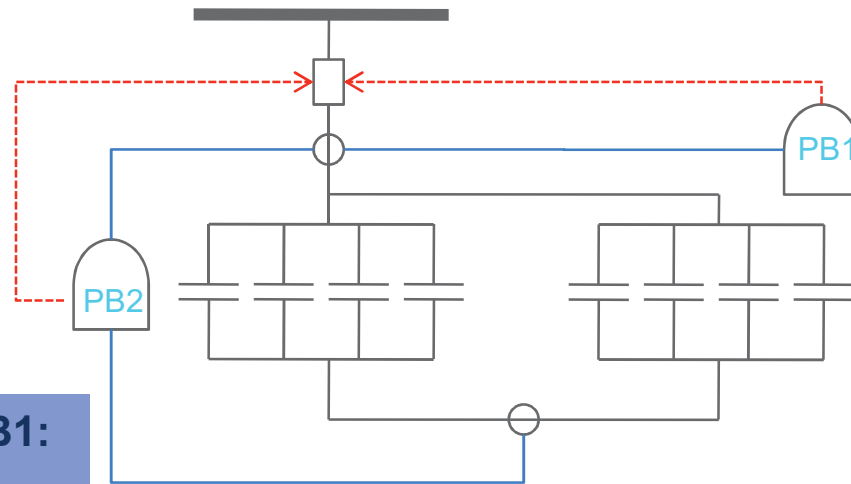


$$1.3 \times I_{\text{max_bahía}} \leq I_d \leq 0.8 \times I_{\text{cc_mínima}}$$



Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Sistemas de Protección Bancos de Cond.



Protección Banco PB1:

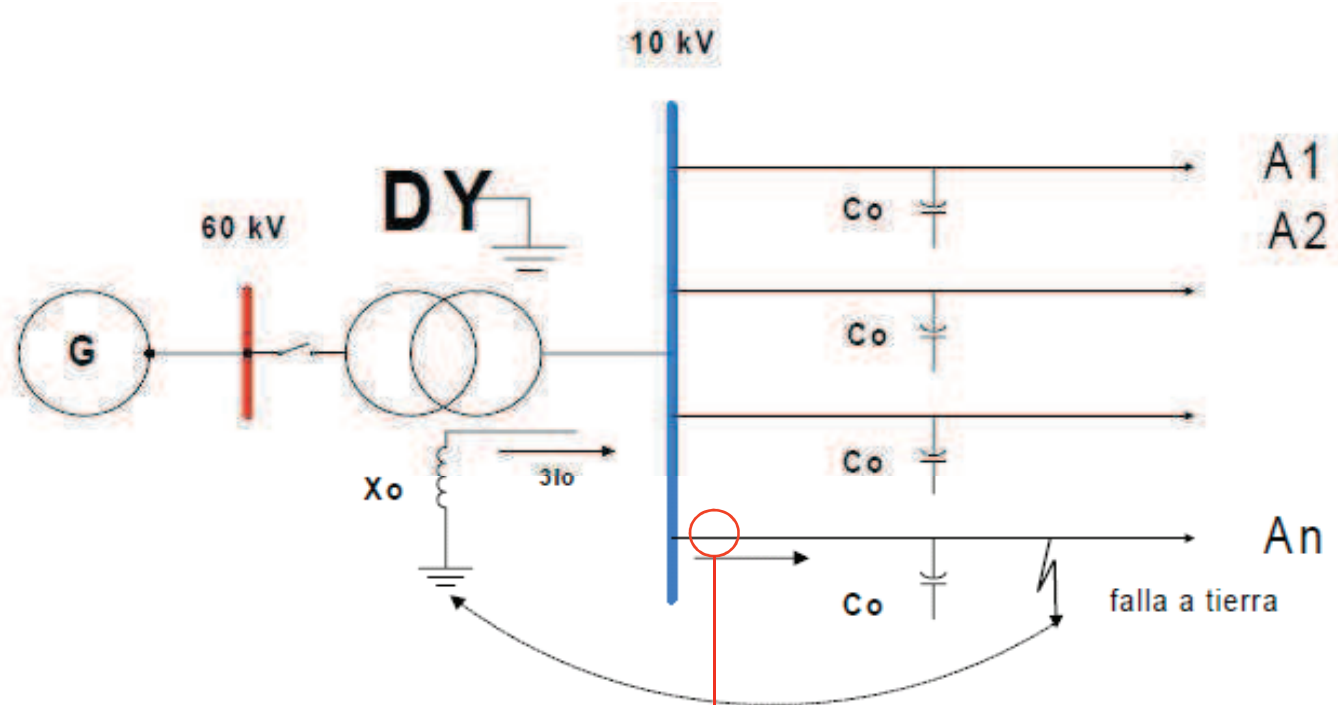
- ☐ Sobrecorriente
- ☐ Sobre y mínima tensión
- ☐ Falla interruptor

Protección Banco PB2:

- ☐ Desbalance de corriente neutro
- ☐ Protección de Sobrevoltaje de Picos Repetitivos
- ☐ Protección de Sobrecorriente Térmica
- ☐ Protección de Desbalance de Línea a Frecuencia Fundamental
- ☐ Protección de Falla a Tierra a Frecuencia Fundamental
- ☐ Protección Sobrecorriente y Sobrevoltaje a Frecuencia Fundamental
- ☐ Protección de Sobrecorriente RMS
- ☐ Protección de Baja Corriente a Frecuencia Fundamental

Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Sistemas de Protección Radiales



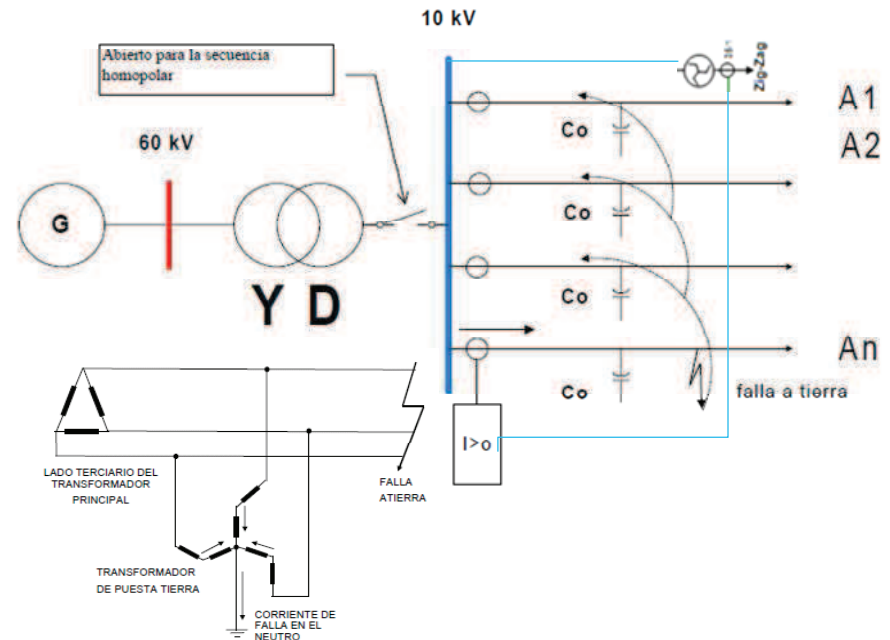
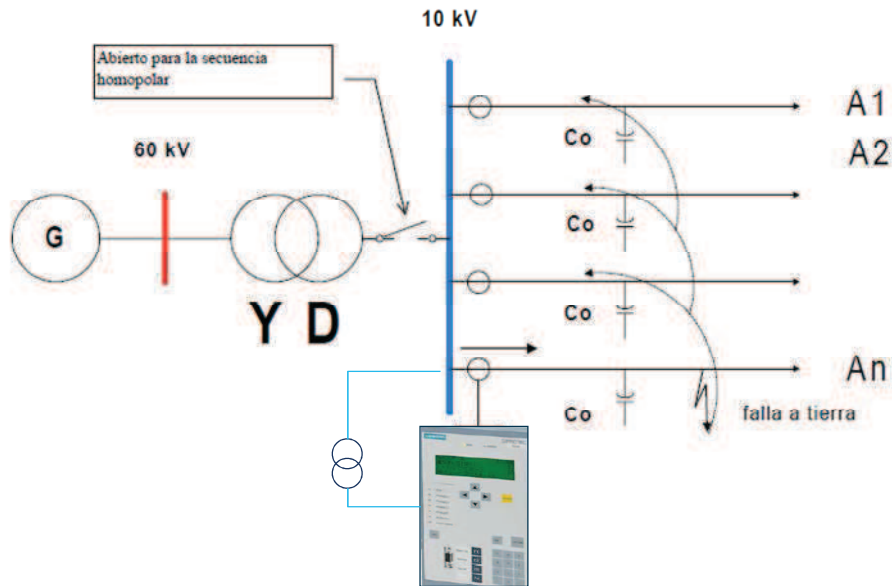
Protección de Sobrecorriente:

- ☐ Sobrecorriente de fases y tierra (50/51, 50N/51N).
- ☐ Recierre automático.
- ☐ Oscilografías



Importancia del Análisis de Fallas

Consideraciones – Sistemas de Protección Radiales (delta)



Protección de Sobrecorriente:

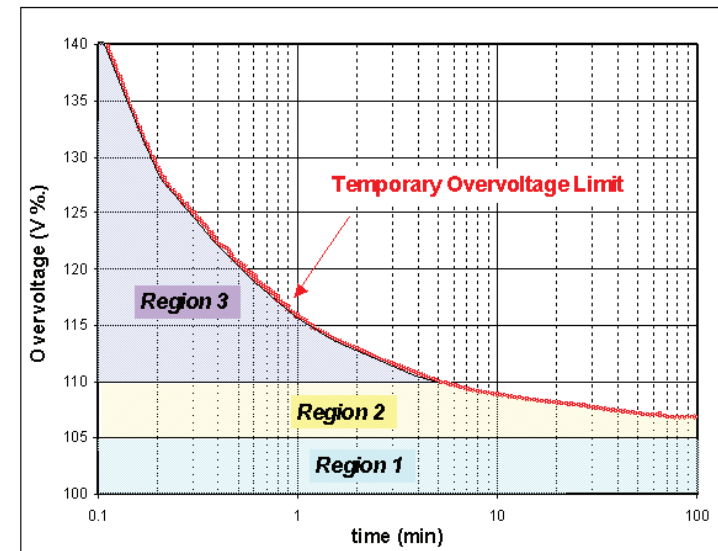
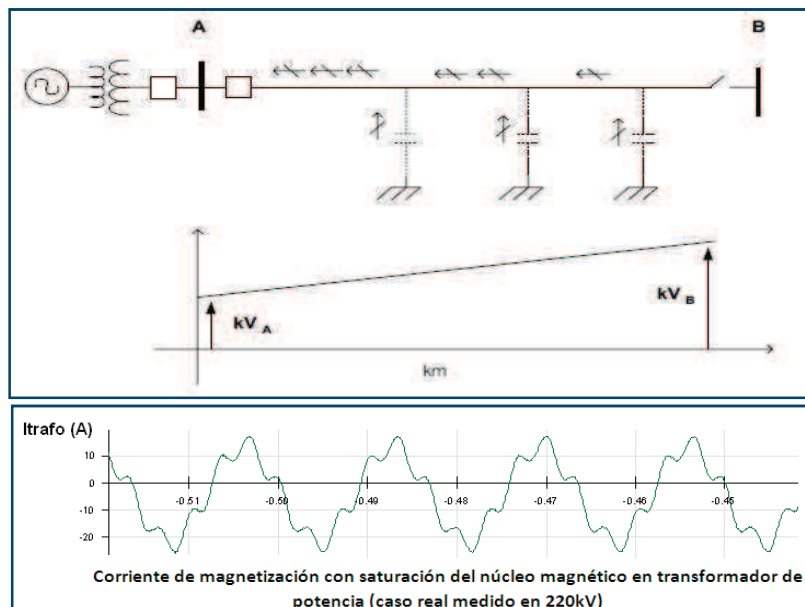
- ☐ Sobrecorriente de fases (50/51)
- ☐ Sobrec. direccional a tierra sensible 67Ne.
- ☐ Tensión homopolar 59N
- ☐ Recierre automático
- ☐ Oscilografías

Protección de Radial

- ☐ Sobrecorriente de fases y tierra (50/51).
- ☐ Tensión homopolar 59N
- ☐ Recierre automático.
- ☐ Oscilografías

Anomalías que Afectan la Operación Sobretensión Temporal

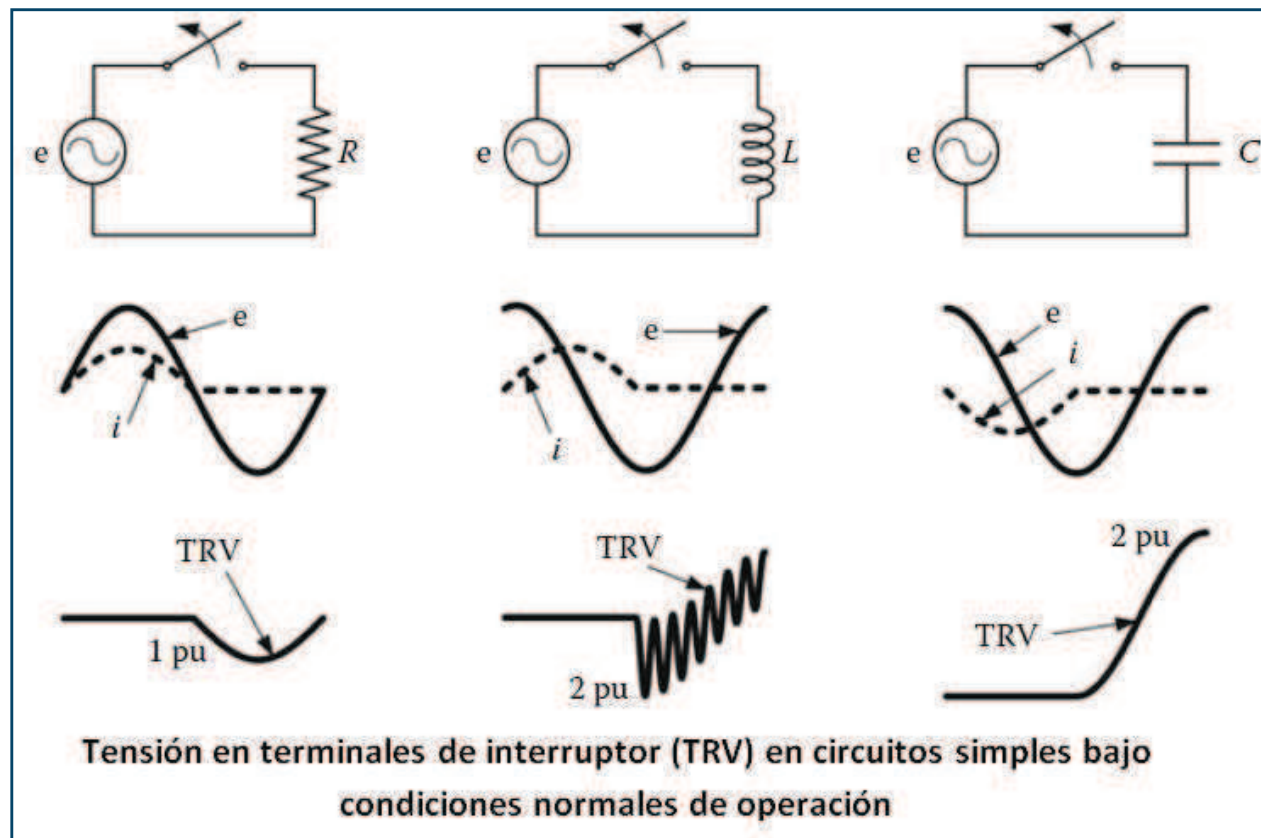
- ❑ Fenómeno de aumento de tensión a frecuencia industrial (60Hz) por encima de V_n .
- ❑ Caso típico: extremos de LT conectadas en vacío (efecto Ferranti).
- ❑ Saturación del núcleo magnético y consecuente incremento de la corriente de magnetización provocando interferencias en el SEP.
- ❑ Calentamientos localizados.
- ❑ Solicitación elevada de aislamiento, provocando envejecimiento prematuro y disminución de vida útil.
- ❑ Las protecciones de sobretensión deben estar ajustadas para prevenir estos daños.



Anomalías que Afectan la Operación

Sobretensiones Transitorias de Maniobra

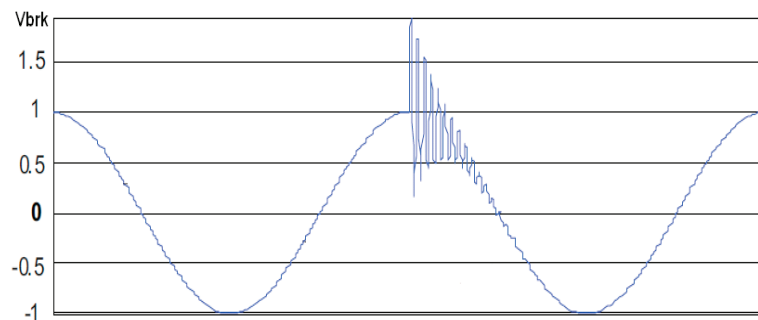
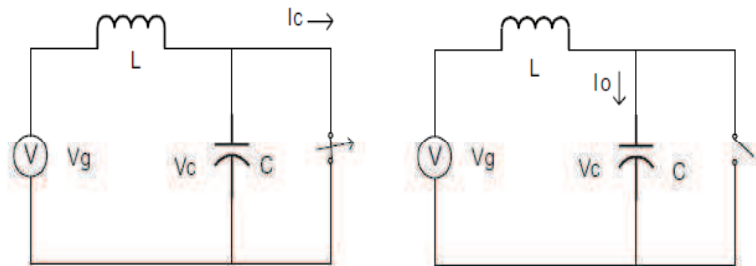
- Todo proceso de cierre o apertura de interruptores involucra una transferencia de energía que generan sobretensiones en el sistema, las cuales en mayor o menor grado, afectan el circuito maniobrado y alrededores.



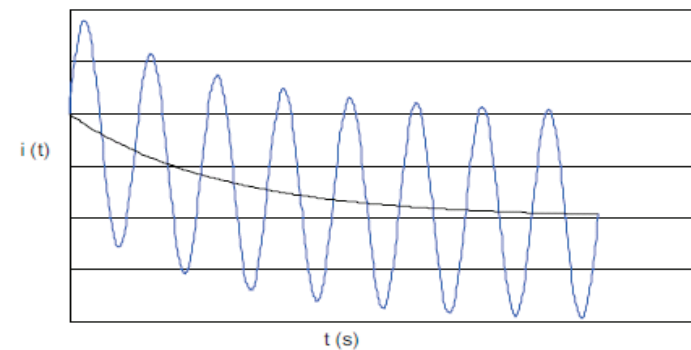
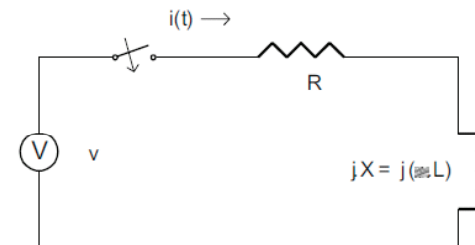
Anomalías que Afectan la Operación

Sobretensiones Transitorias de Maniobra: Circuito LC y LR

- Ante la apertura del interruptor para un circuito LC, ocurre un transitorio de tensión a alta frecuencia la cual depende de los parámetros L y C del circuito.



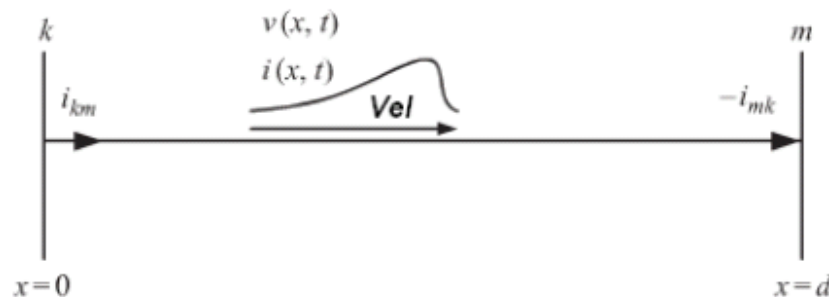
- Para el caso de un circuito RL, adicionalmente a las sobretensiones de maniobra, podemos presenciar la aparición de una componente DC en las corrientes de energización.



Anomalías que Afectan la Operación

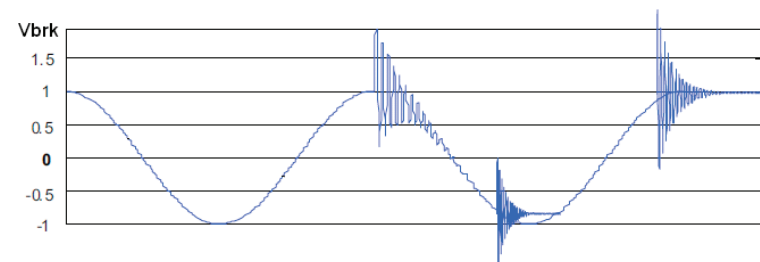
Sobretensiones Transitorias de Maniobra

- El sistema de potencia está conformado por circuitos RLC en donde se aprecian los fenómenos descritos anteriormente.
- Las maniobras en circuitos capacitivos e inductivos que merecen mayor atención en alta tensión son los que involucran banco de capacitores y líneas de transmisión.



Onda viajera en una línea de transmisión

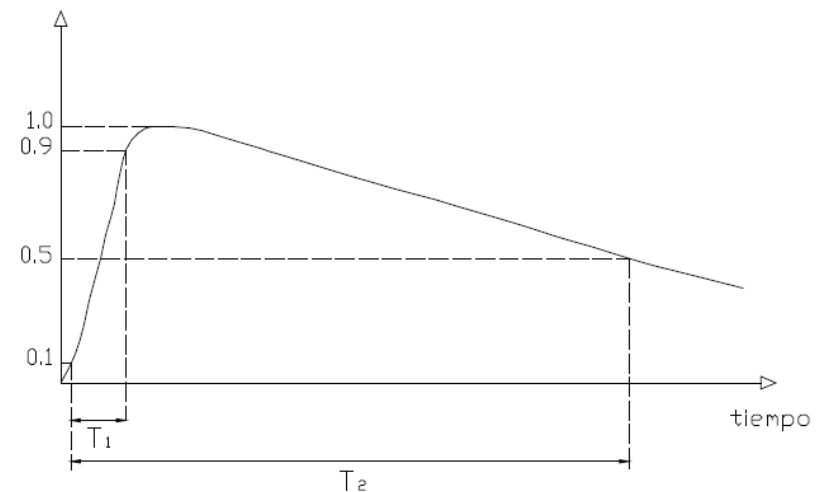
- Las frecuencias transitorias de energización se encuentran comúnmente entre 200 a 1000 Hz. Estas sobretensiones deben estar por debajo del nivel de protección de los pararrayos.
- En caso el interruptor no sea capaz de interrumpir la corriente debido a un alto TRV entre sus terminales puede ocurrir un reencendido de arco.



Anomalías que Afectan la Operación

Sobretensiones de Impulso Atmosférico

- ❑ Una descarga atmosférica sobre una LT o sus alrededores ocasiona un movimiento de carga que puede llegar a la subestación.
- ❑ El flujo de estas cargas a tierra por los aterramientos de las torres pueden provocar sobretensiones transitorias.
- ❑ Duración: microsegundos - algunos pocos milisegundos.



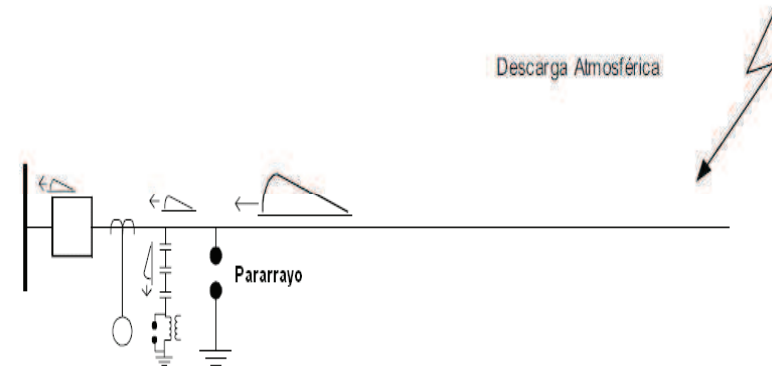
Forma de onda estándar para modelamiento de impulsos atmosféricos

Anomalías que Afectan la Operación Sobretensiones de Impulso Atmosférico

- De llegar a un transformador o reactor a través de sus terminales, pueden provocar perforación de su aislamiento dando inicio a un proceso de cortocircuito



- La protección principal para este tipo de sobretensiones son los pararrayos instalados en las líneas de transmisión y transformadores de potencia.



- Transitorios en circuitos primarios (A.T.) también afectan circuitos secundarios, a través de puntos en común como aterramientos, TT's, TC's, inducción electrostática y electromagnética.

Anomalías que Afectan la Operación Cortocircuito - Aspectos Generales

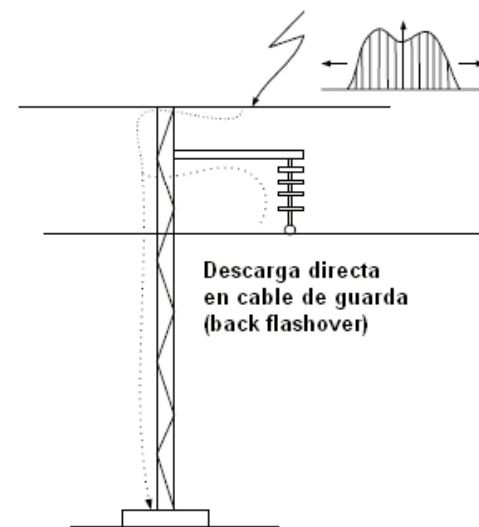
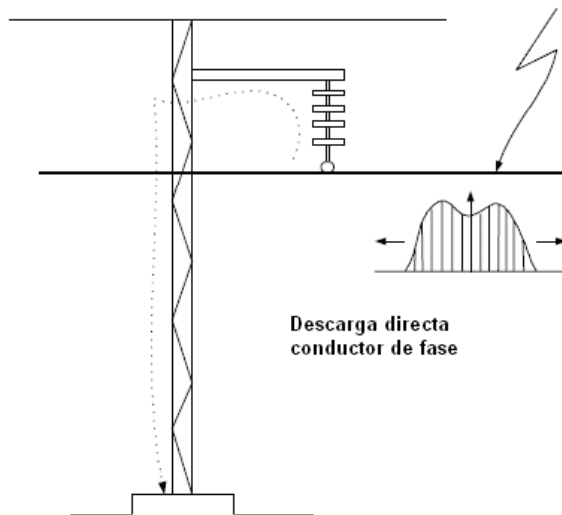
- ❑ Se puede definir como una conexión anormal entre partes energizadas de una instalación. La corriente asociada a este fenómeno puede variar desde valores muy bajos a valores muy significativos, dependiendo de la configuración de la instalación y de su tipo.
- ❑ Tipos:
 - ❑ Monofásicos (fase – tierra)
 - ❑ Bifásicos.
 - ❑ Bifásicos a tierra.
 - ❑ Trifásicos.
 - ❑ Trifásicos a tierra (desbalanceado)
- ❑ Las LLTT aéreas son los elementos donde la ocurrencia de cortocircuitos es más frecuente, ya que se encuentran más expuestas al medio ambiente y sus inclemencias.
- ❑ Lluvias, descargas atmosféricas, fuego, pájaros, cuerpos extraños, etc., representan un alto riesgo de cortocircuito.
- ❑ En subestaciones ocurren cortocircuitos entre barras, conexiones, equipos de maniobra, auxiliares o medición, transformadores, reactores, bancos de capacitores y otros equipos de compensación reactiva.

Anomalías que Afectan la Operación

Cortocircuito

Descargas Atmosféricas

- ❑ Evento que provoca con más frecuencia la ocurrencia de cortocircuitos en líneas de transmisión.
- ❑ Ya sean directas o indirectas, provocan diferencias de potencial a través de los aisladores de la línea, generando un arco eléctrico entre partes energizadas y tierra.



- ❑ La ionización del aire a través del camino entre el conductor y la superficie del aislador producto de la descarga, provoca un cortocircuito a 60Hz.
- ❑ A menores niveles de tensión existe más probabilidad de ocurrencia de arco eléctrico por descarga atmosférica (menor nivel de aislamiento).

Anomalías que Afectan la Operación

Cortocircuito por Fuego Cercano a Servidumbre de LLTT

- ❑ Fuego en la faja de servidumbre o cercanías de líneas de transmisión, produce ionización del aire entre conductores y a tierra, provocando cortocircuitos.



Anomalías que Afectan la Operación Cortocircuito por Objetos Extraños

- ❑ Materiales movidos por el viento, avionetas, árboles, etc., son también causa común de cortocircuitos.



Anomalías que Afectan la Operación

Cortocircuito por Fallas en Cables Subterráneos

- ❑ El deterioro de su aislamiento, o perforación debido a agentes externos (excavadoras u otras máquinas) son causa de cortocircuitos del tipo fase tierra (cables aislados).
- ❑ Las fallas hidráulicas en cables se originan principalmente por problemas relacionados con la presión del aceite aislante en los cables, tanto por fallas de fabricación, montaje, operación, efectos externos, etc.
- ❑ Cortocircuitos entre fases son de menor probabilidad, pueden ocurrir en las conexiones con otros equipos.



Anomalías que Afectan la Operación

Cortocircuitos de Alta Impedancia

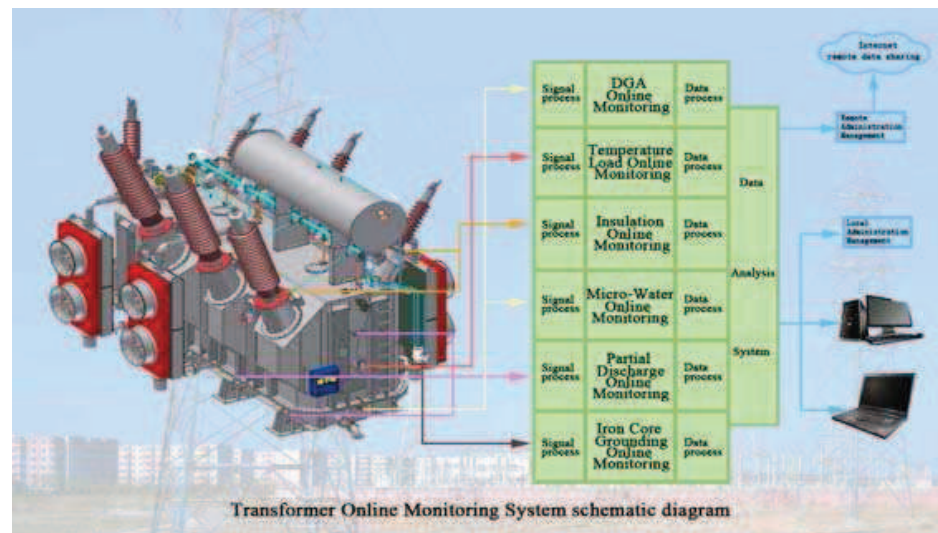
- ❑ Cortocircuitos de alta resistencia ocurren generalmente entre fases a tierra a través de un cuerpo extraño, son de muy baja corriente. Por ejemplo árboles crecidos
- ❑ Muy frecuentes en redes de distribución aérea con problemas de instalación. También suceden en transmisión.
- ❑ Pueden iniciar con corriente relativamente grande y experimentar reducción inmediata y sostenida.



Anomalías que Afectan la Operación

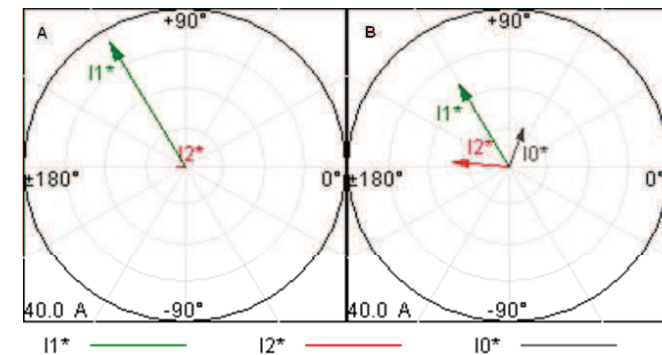
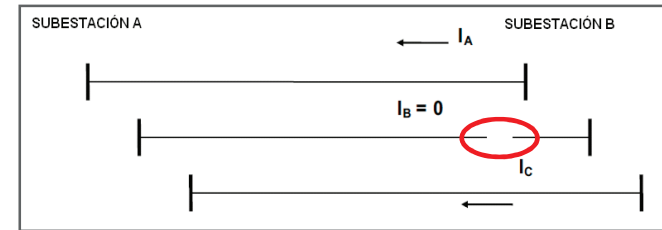
Cortocircuitos Internos en Transformadores y Reactores

- ❑ Producidos por problemas de aislamiento interno. Se caracterizan por corrientes no muy altas con alto grado de ruido (señales de alta frecuencia).
- ❑ Fallas en bujes y equipos de patio son muy peligrosos si no son detectados a tiempo ya que evolucionan rápidamente a corrientes muy altas. Daños en la porcelana y/o derrame de aceite aislante reducen la capacidad de aislamiento provocando cortocircuitos severos e incluso explosiones.
- ❑ Los cambiadores de tomas poseen partes móviles que operan bajo carga. El desgaste natural de los mismos representa un riesgo de cortocircuito.
- ❑ Las conexiones, acometidas y empalmes representan un punto débil de los circuitos de potencia, existiendo la posibilidad de problemas mecánicos o de instalación que desencadenen puntos calientes.



Anomalías que Afectan la Operación Fase Abierta

- Una línea de transmisión puede permanecer en funcionamiento con apenas una o dos fases en servicio, lo cual ocurre generalmente por falla en los interruptores o seccionadores en los terminales de la misma.
- Si bien el efecto en la línea no afecta su operación, esta condición sí puede afectar seriamente el equipamiento de potencia conectado a la misma.



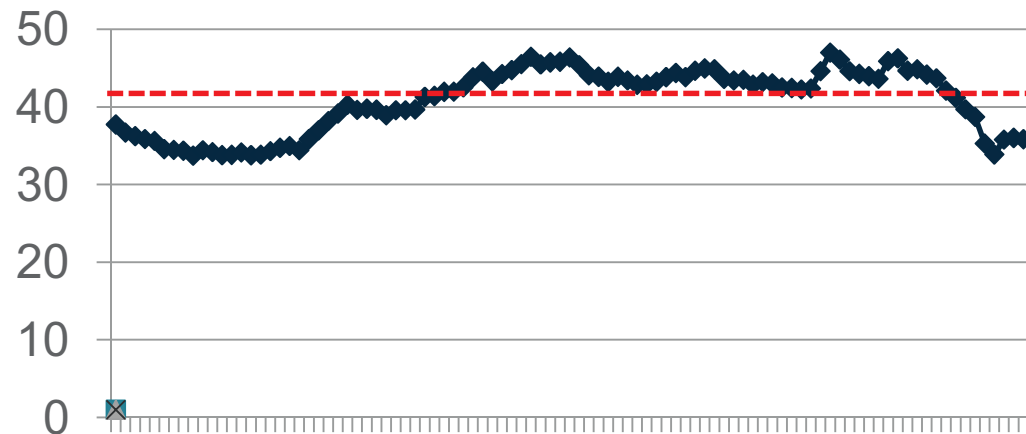
A: Corrientes de secuencia para línea de transmisión operando en condición normal
B: Corrientes de secuencia para línea de transmisión operando con una fase abierta (fase C)

- El desequilibrio entre las fases se manifiesta principalmente a través de la aparición de corrientes de secuencia negativa (I_2); las cuales son perjudiciales en generadores por provocar torques en sentido opuesto al normal produciendo calentamiento en el rotor.
- En transformadores y reactores trifásicos, dependiendo de la configuración del núcleo (especialmente para los núcleos de tres piernas), las I_2 provocan flujo magnético a través de caminos no adecuados provocando calentamiento.
- Protecciones que detecten este tipo de corrientes son recomendables.

Anomalías que Afectan la Operación

Sobrecarga

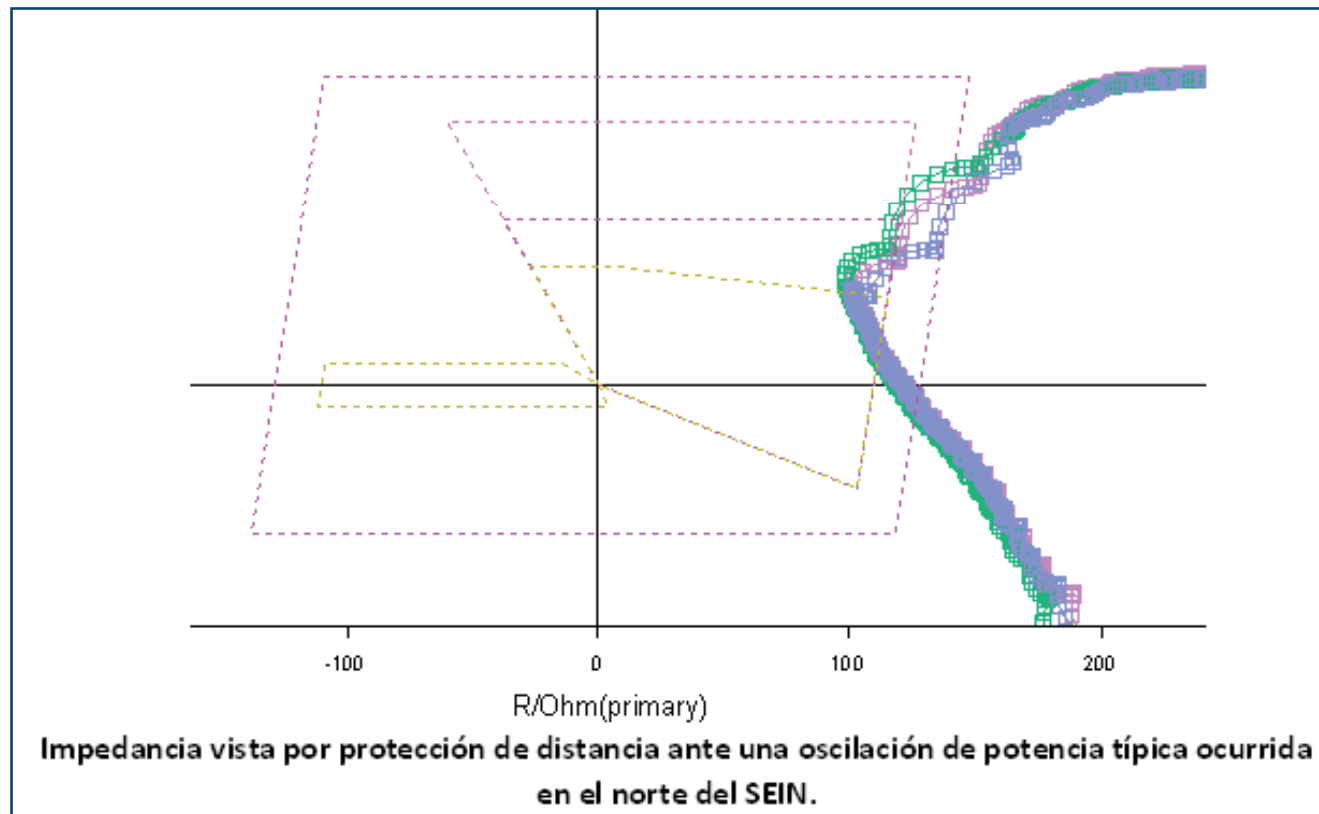
- ❑ Toda instalación y equipo de potencia está diseñado para soportar determinado grado de sobrecarga. Es muy importante tener claro el grado de sobrecarga que los equipos son capaces de soportar.
- ❑ La operación fuera de estos límites o por largos periodos de tiempo genera calentamiento en los equipos.
- ❑ En transformadores de potencia, el incremento de temperatura se manifiesta en sus arrollamientos, aceite aislante y carcasa.
- ❑ Cuando se producen sobrecargas de líneas de transmisión, se debe tener cuidado en las conexiones y empalmes; y, cuando se trata de líneas de transmisión aéreas en la dilatación del conductor que disminuye las distancias de seguridad.



Anomalías que Afectan la Operación

Oscilación de Potencia

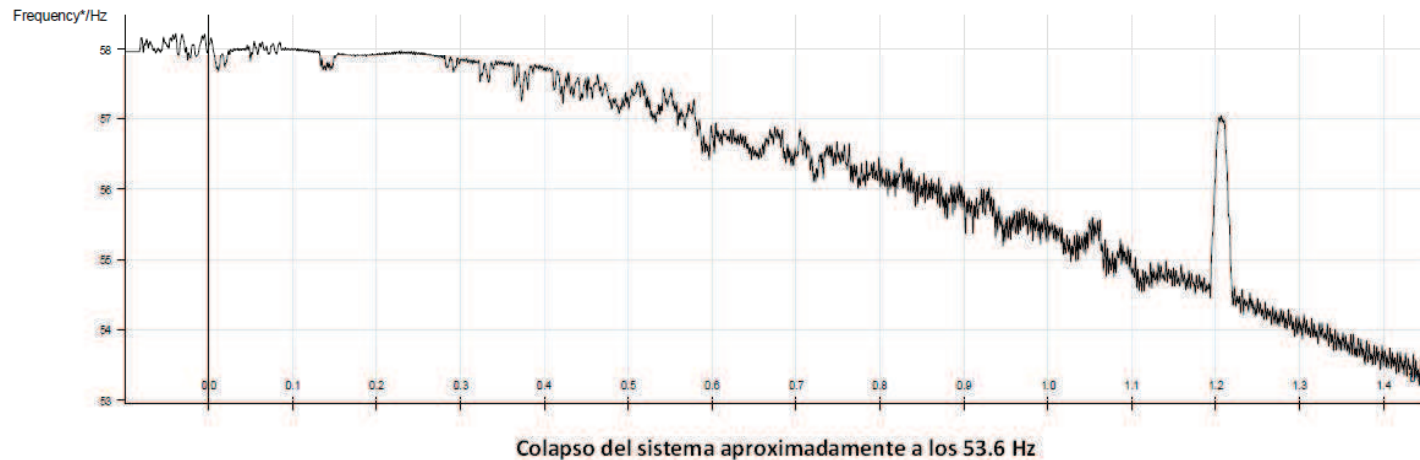
- ❑ Producidas luego de un disturbio en el sistema hasta alcanzar un nuevo punto de equilibrio, de ser posible.
- ❑ Son siempre un riesgo de desconexión de LLTT ya que pueden provocar actuación de las protecciones



Anomalías que Afectan la Operación

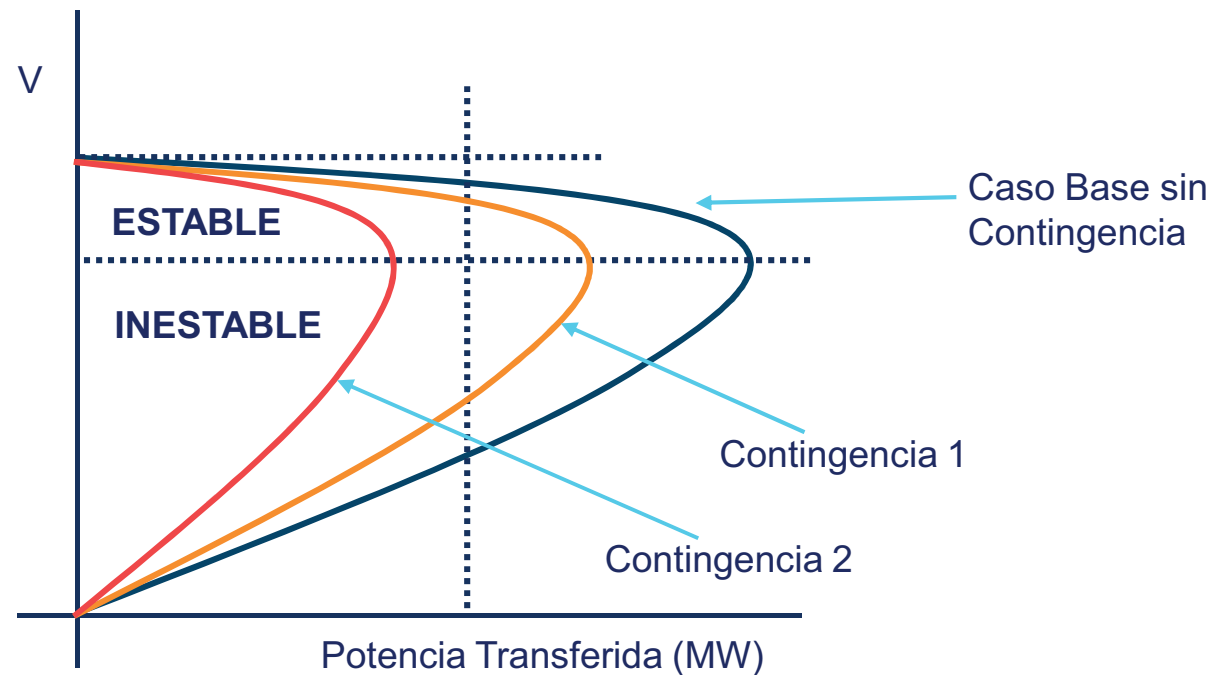
Sobrefrecuencia, Subfrecuencia y Rechazo de Carga

- ❑ Disturbios pueden provocar grandes pérdidas de carga y consecuente Si el disturbio implica pérdida subfrecuencia de generación, entonces acontecerá un fenómeno de sobrefrecuencia en el sistema.
- ❑ Esquemas especiales de rechazo de carga y generación (formación de islas) se encargan de mantener el sistema en operación ante estas condiciones.



Anomalías que Afectan la Operación Subtensión y Colapso de Tensión

- ❑ Se presenta para determinadas condiciones del sistema y despacho de generación.
- ❑ Fenómeno local.
- ❑ Puede provocar colapso del área de influencia
- ❑ Factores de influencia: insuficiente compensación reactiva, ajuste inadecuado de reguladores de tensión, líneas largas con alta transferencia, sistemas radiales, etc.



Anomalías que Afectan la Operación

Saturación en Transformadores de Potencia y Reactores

- ❑ Corrientes de magnetización en transformadores de potencia y reactores son del orden de hasta 2% de I_{nom} .
- ❑ Durante la energización aparecen altas corrientes de magnetización debido a la característica no lineal del núcleo
- ❑ Los factores de influencia son:
 - ❑ El punto de la onda de tensión en el cual se hace la energización.
 - ❑ La magnitud y polaridad del flujo residual existente en el núcleo producto de operaciones previas.
 - ❑ Dimensión del transformador.
 - ❑ Nivel de saturación y propiedades magnéticas del núcleo.
 - ❑ Impedancia del sistema.
 - ❑ Elementos de control utilizados para la energización (resistencias de pre-inserción o interruptores de mando sincronizado).

Anomalías que Afectan la Operación

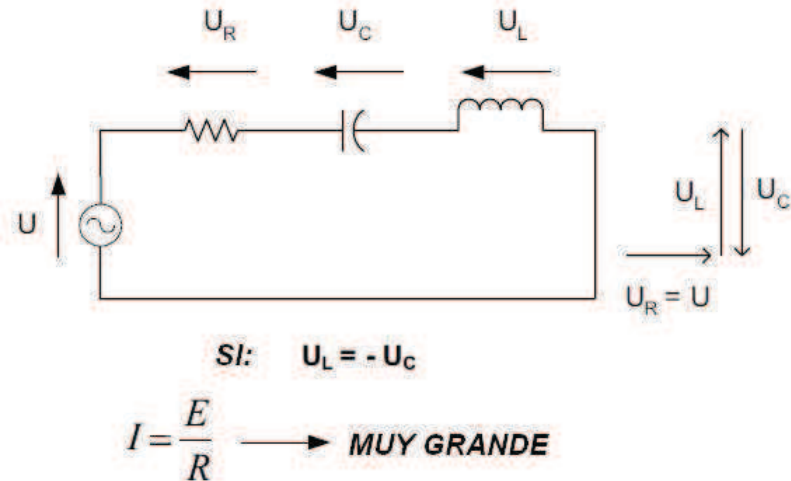
Saturación en Transformadores de Corriente de Protección

- ❑ Los TC's de protección son susceptibles de saturarse en condiciones de falla, provocando actuación inadecuada de las protecciones.
- ❑ Los factores de influencia son:
 - ❑ Presencia de corriente DC en circuito primario. Situación a tomar en cuenta en instalaciones cercanas a generación.
 - ❑ Flujo remanente en el núcleo luego de eventos que involucraron corrientes elevadas a través del equipo.
 - ❑ Burden insuficiente (circuitos secundarios largos, alto consumo de relés de protección y demás equipos conectados al circuito secundario)
 - ❑ Baja relación de transformación respecto a la máxima corriente de cortocircuito de la instalación.

Anomalías que Afectan la Operación Resonancia en Circuitos de Potencia

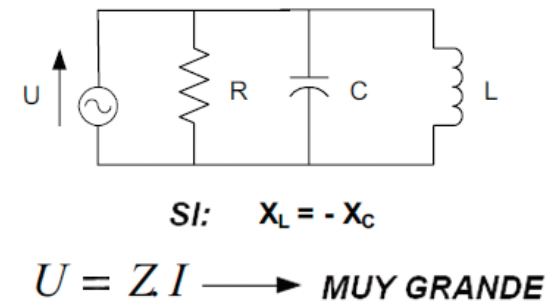
- ❑ Fenómeno encontrado en un sistema de potencia a cualquier nivel de tensión.
- ❑ Provoca daños por aumento de tensión o de corriente

RESONANCIA LINEAL CIRCUITO RLC SERIE



- ❑ Existen posibilidades en circuitos RLC en el SEP que pueden desencadenar resonancia.
- ❑ Común en circuitos con:
 - transf. de potencia (L variable) y bancos de capacitores (C) en paralelo.
 - LT con compensación serie y reactores en paralelo.
 - Resonancia entre LT y circuito secundario de TP capacitivo, etc..

RESONANCIA PARALELA CIRCUITO RLC



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Recursos Humanos

Conocimientos (SABER):

- Ingeniero Electricista
- Sistemas eléctricos de potencia
- Operación de Sistemas Eléctricos
- Protección de Sistemas Eléctricos
- Alta Tensión
- Inglés

Destrezas y habilidades (SABER HACER)

- Toma de decisiones
- Estudios de operación de SEP
- Utilización de SW de sistemas eléctricos
- Estudios de Coordinamiento de Protecciones

Especialistas
de la empresa
y del Grupo
Empresarial



$$U = I * Z + IN * ZN + IN * Rf$$



Especialistas
de otras
empresas



$$U = I * Z + IN * ZN + IN * Rf$$

Consultores



$$U = I * Z + IN * ZN + IN * Rf$$

Actitudes (SER):

- Orientación a resultados
- Construcción de redes colaborativas
- Mejoramiento continuo.
- Proactivo.
- Analítico

Especialistas de
Proveedores de
equipos y protecciones



$$U = I * Z + IN * ZN + IN * Rf$$

Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Recursos Tecnológicos - Centro de Control



NIVEL 3	SUPERVISION Y CONTROL REMOTO CENTRO DE CONTROL
NIVEL 2	SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL DESDE LA SALA DE CONTROL DE LA SUPERVISION
NIVEL 1	UNIDAD DE CONTROL DE BAHIA O TABLERO DE MANDO LOCAL
NIVEL 0	MANIOBRAS EN EL PATIO DE LLAVES TABLERO DE MANDO DEL EQUIPO
Equipos del Sistema de Potencia	

Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Recursos Tecnológicos - Centro de Control

ORGANIZACION DE LA OPERACIÓN NACIONAL



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

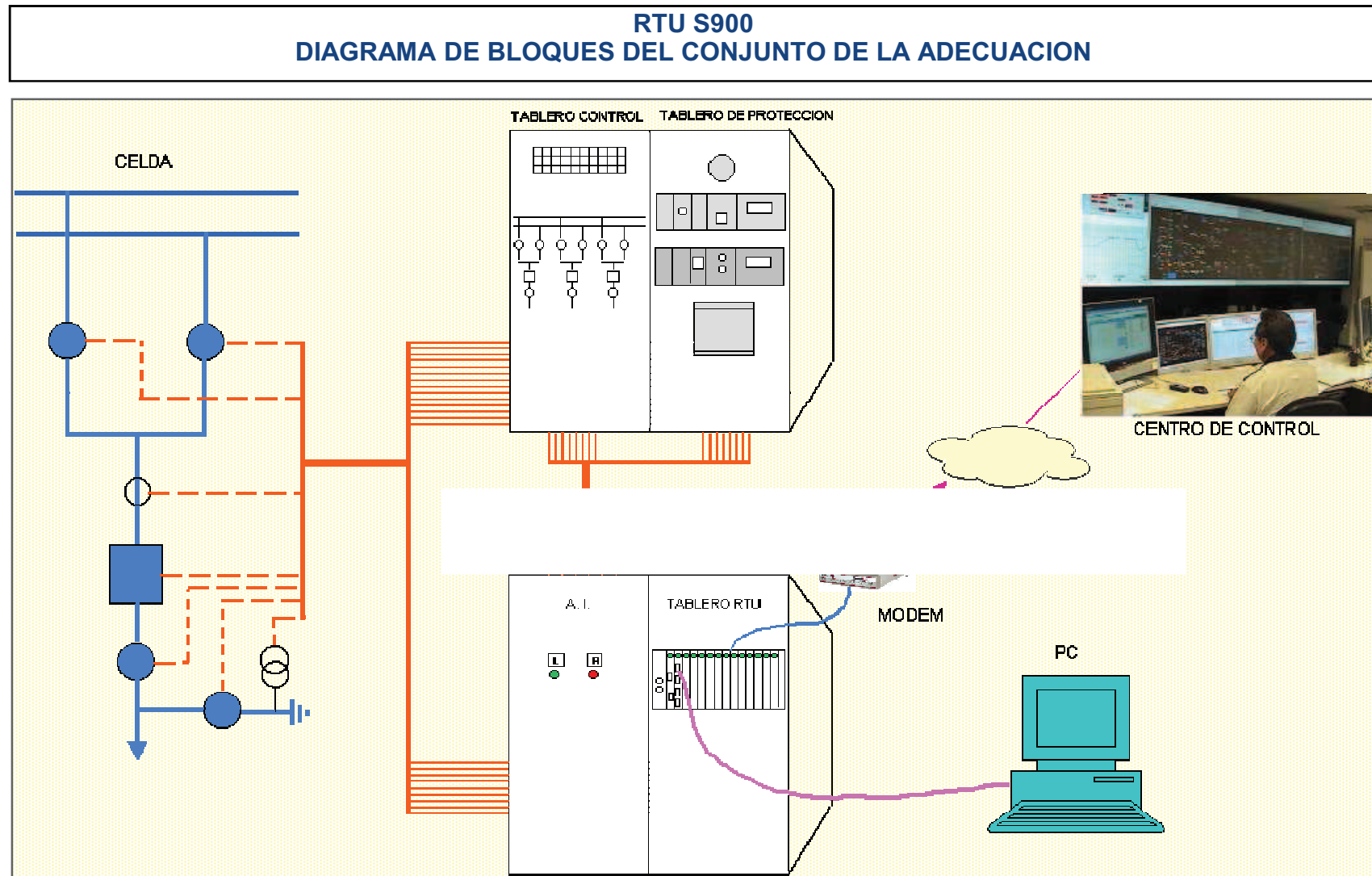
Recursos Tecnológicos - Centro de Control



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

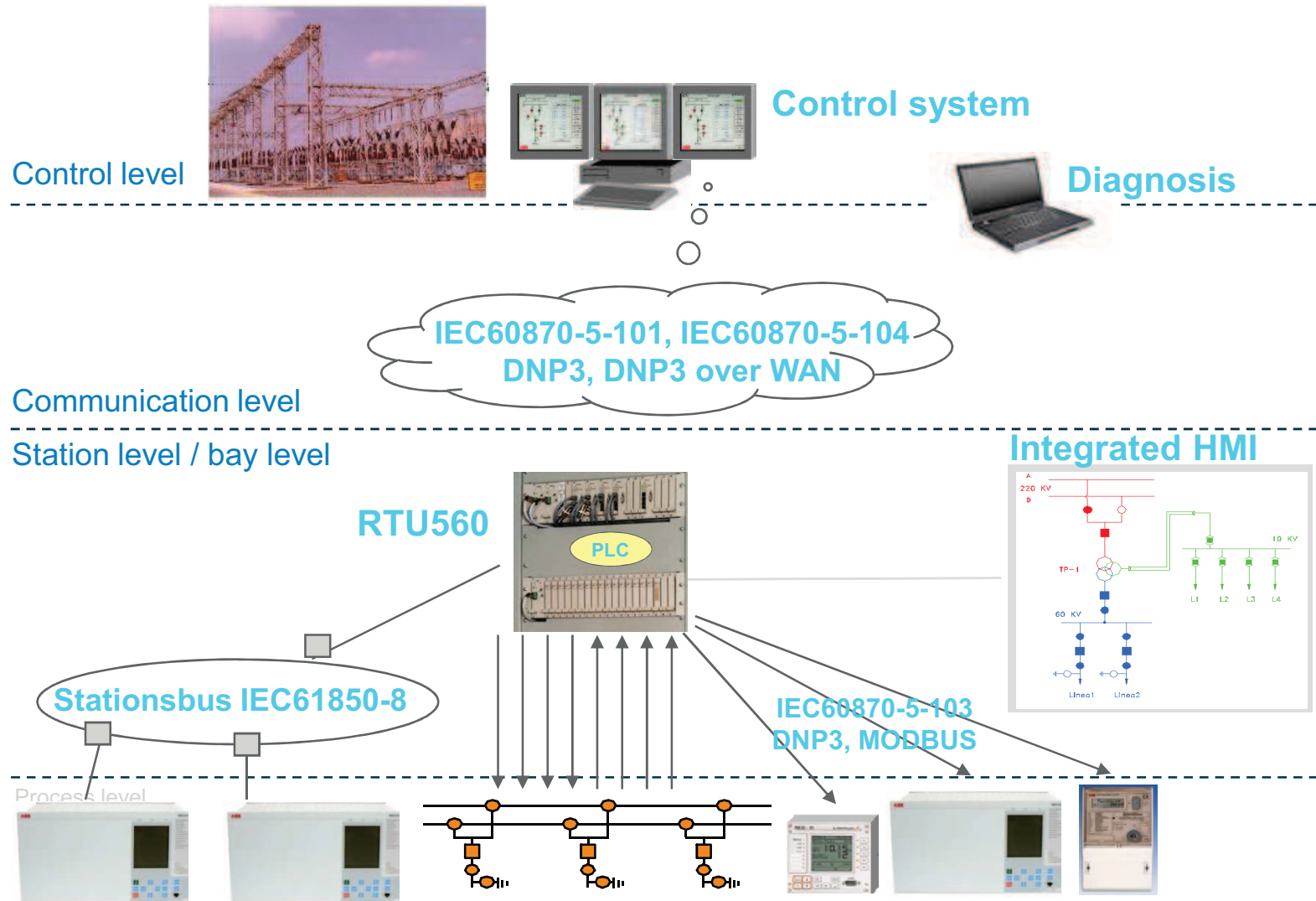
Recursos Tecnológicos

Tele-información de RTU al Centro de Control



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

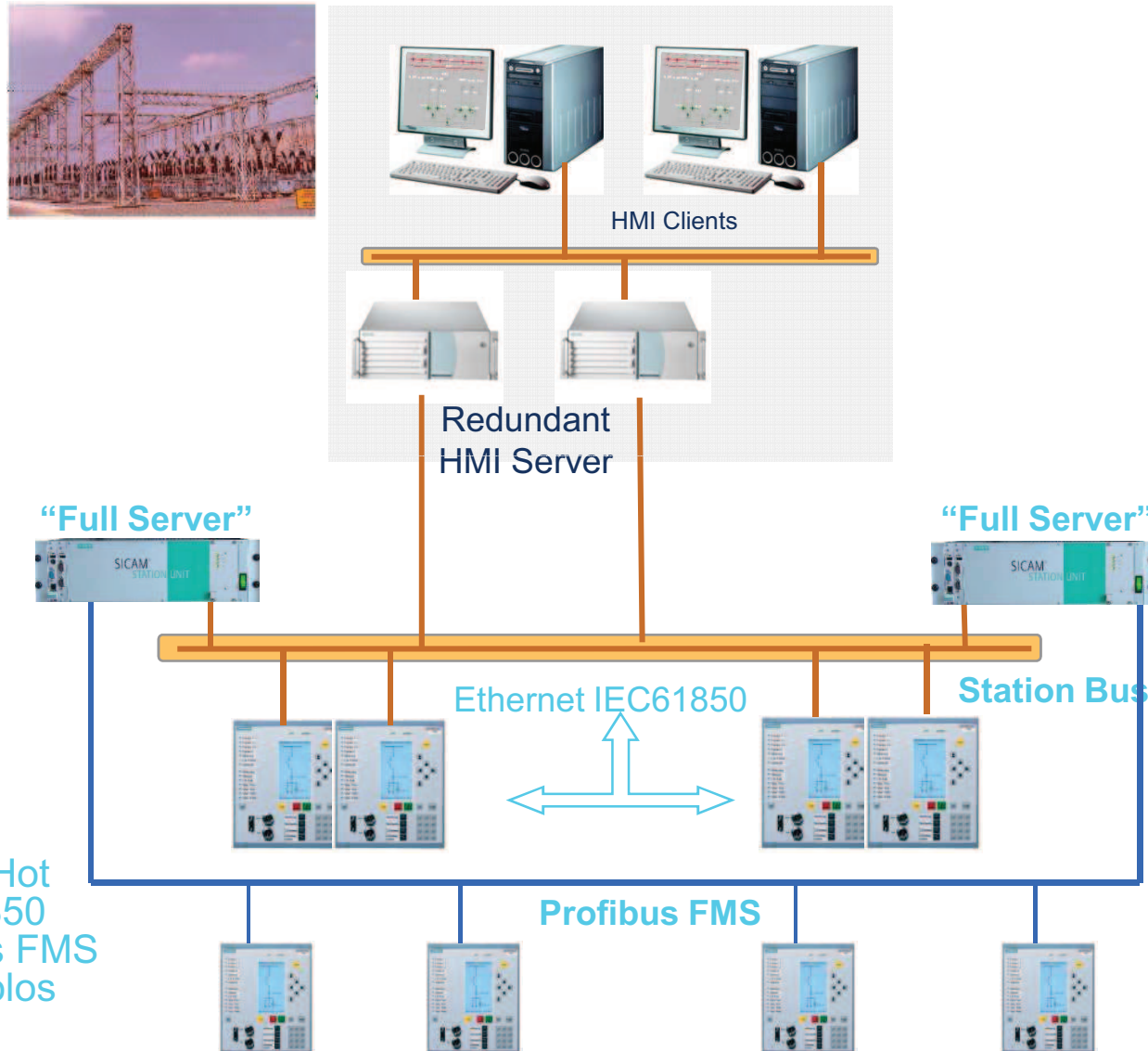
Recursos Tecnológicos - Supervisión de Subestación



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Recursos Tecnológicos

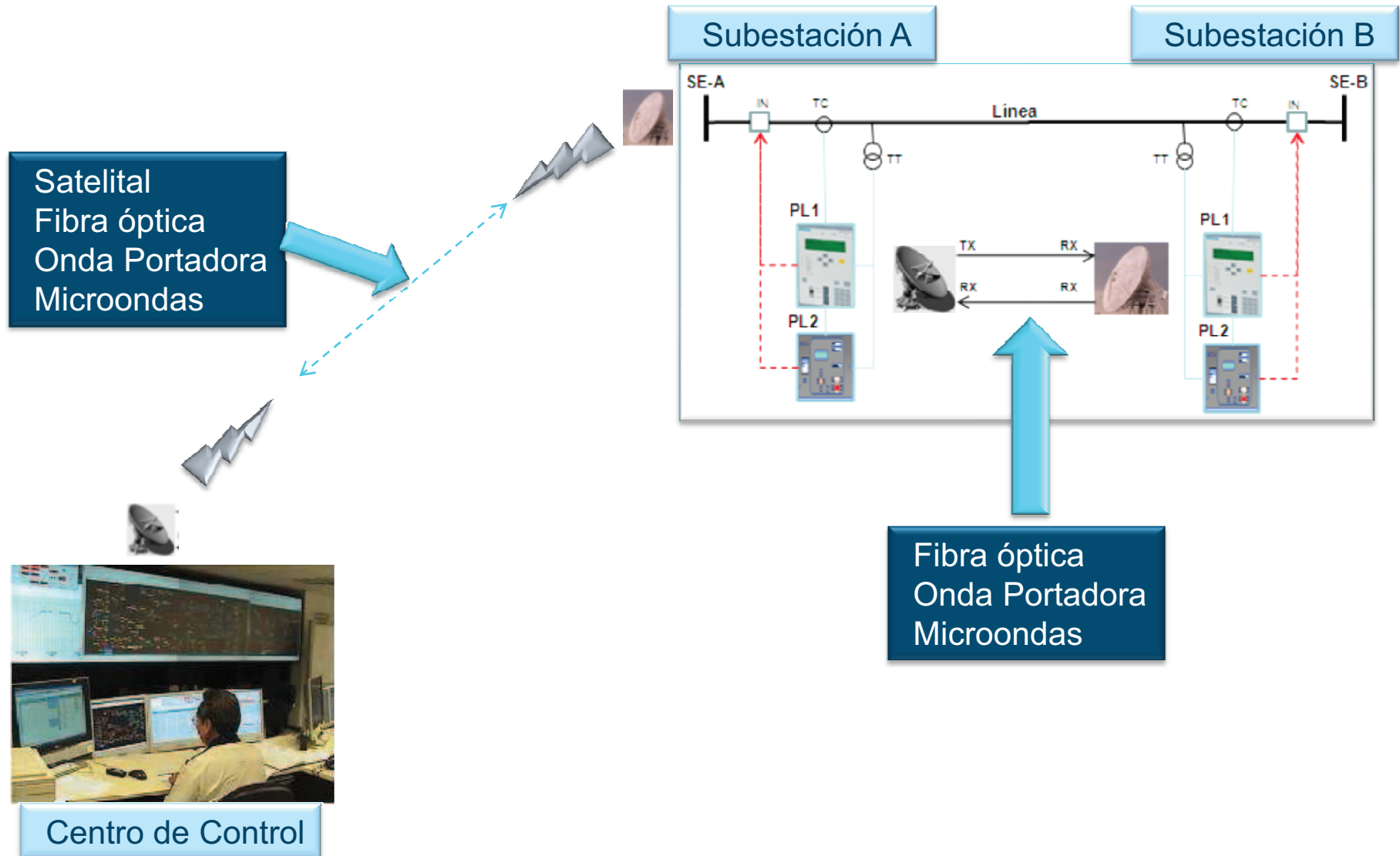
Supervisión de Subestación



- ❑ Configuración Redundante Hot-Hot
- ❑ IEDs con IEC 61850
- ❑ IEDs con Profibus FMS
- ❑ RTUs con protocolos “dual-master”

Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Recursos Tecnológicos - Telecomunicaciones

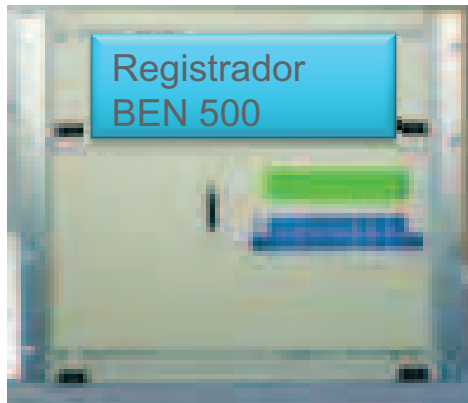


Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Recursos Tecnológicos - Registradores de Falla

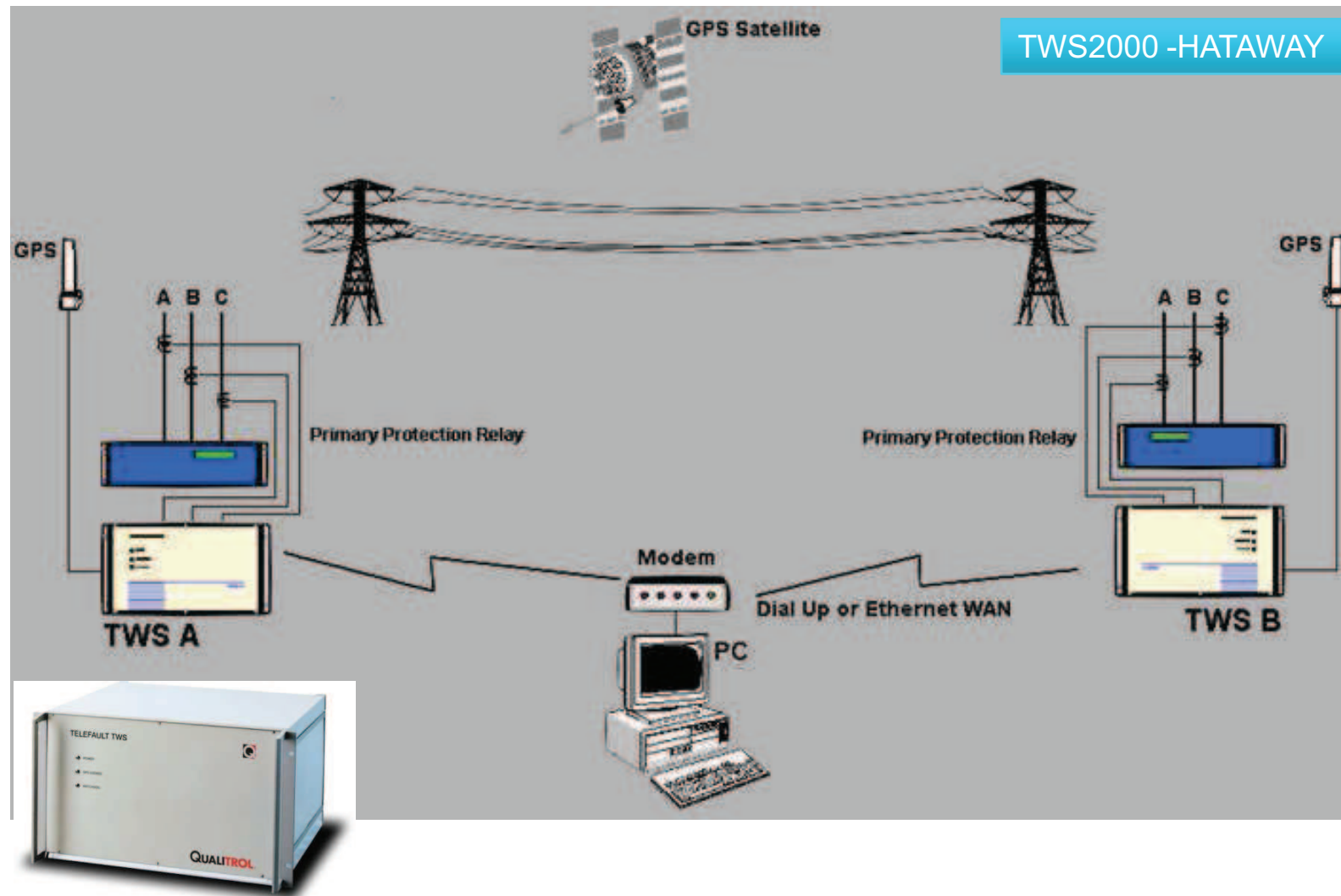


- ❑ Registrador de transitorios (300m/ciclo, hasta 1min de registro, trigger por analógico y digital)
- ❑ Registrador de disturbios (hasta 1 semana de registro, trigger por analógico)
- ❑ Distintas opciones de interface incluyendo la comunicación remota



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Recursos Tecnológicos - Localizadores de Falla



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

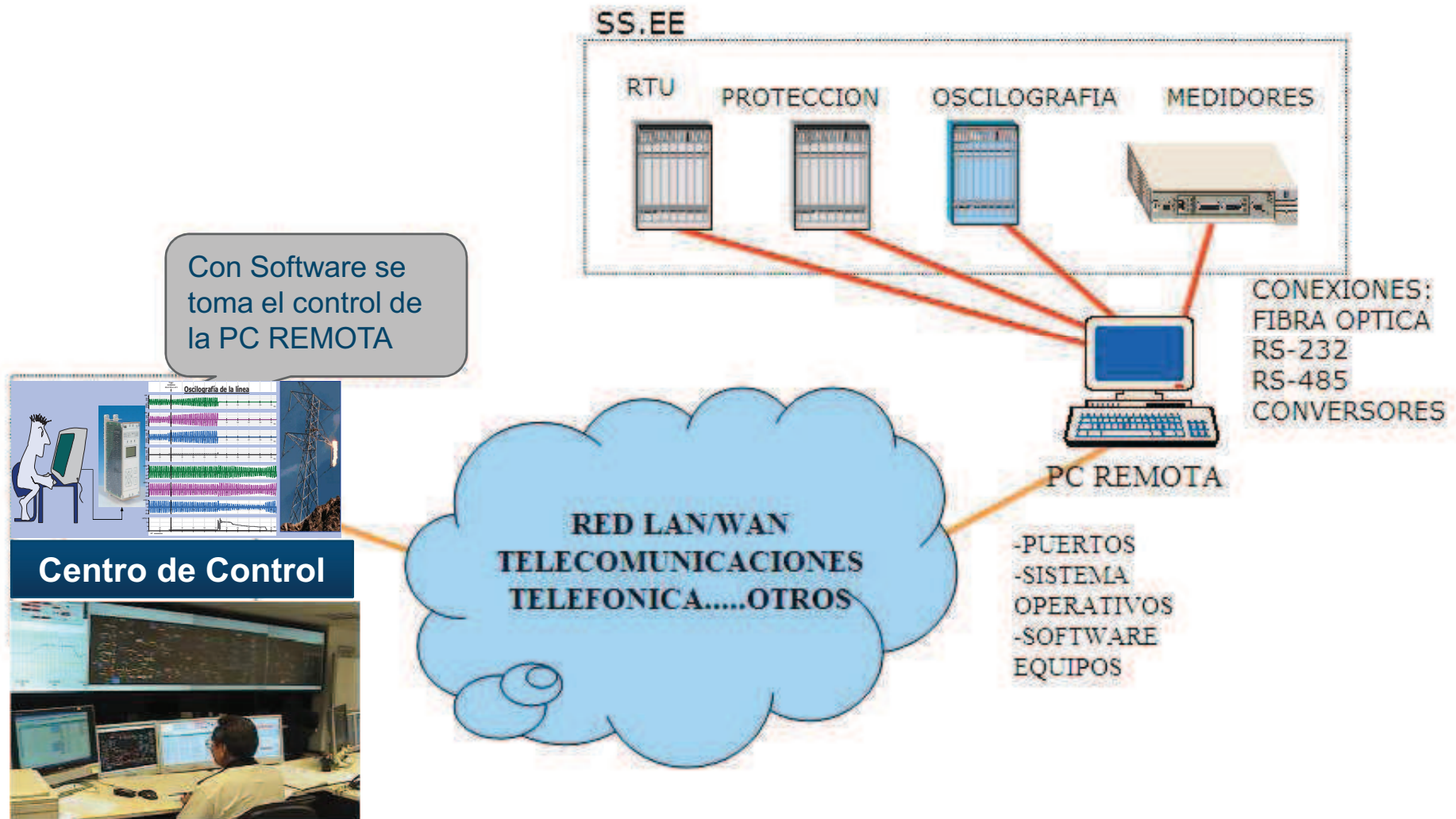
Recursos Tecnológicos - Software Especializado

Flujo de carga	Digsilent
Cortocircuito	Digsilent
Estabilidad	Digsilent
Transitorios	ATP, PSCAD
Protecciones	Digsilent, CAPE
ERP (Avisos)	SAP
Inf. Operativa	SIO, SIGO
SW Relés	Todas las marcas

- ❑ No todas las perturbaciones requieren profundizar el análisis, pero si se requiere seleccionarlo y registrarlo sistemáticamente para fines de análisis estadístico.
- ❑ Las perturbaciones que requiere mayor análisis del equipo de operación son las que presentan anomalías en el equipamiento o instalaciones, sistema de potencia o desempeño de la persona.
- ❑ Las ocurrencias graves se caracterizar por traer grandes consecuencias a los consumidores, sistemas aislados o al sistema interconectado. Para estas ocurrencias existe el equipo de trabajo con especialistas de análisis de la operación y de la protección.

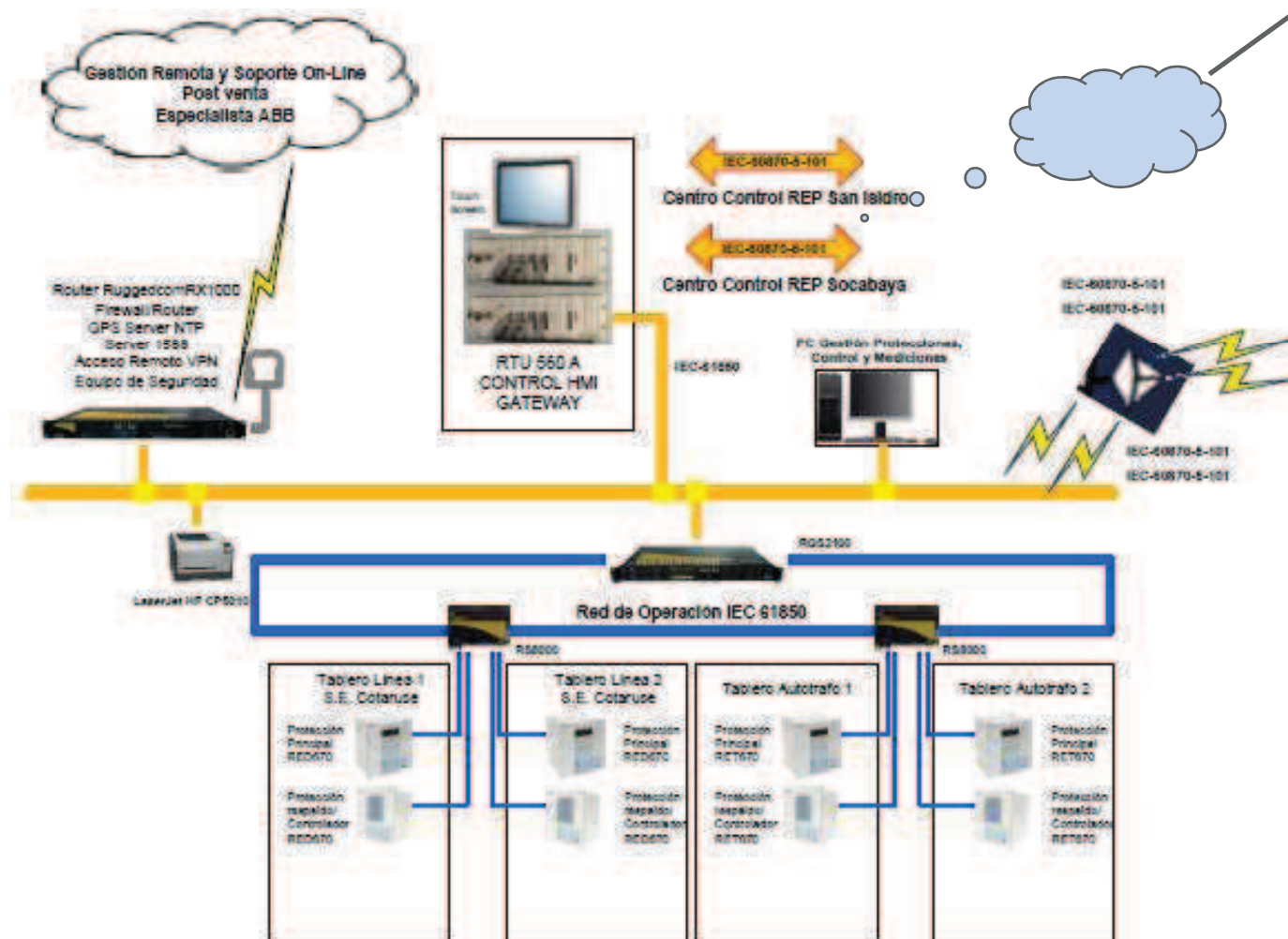
Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Sistemas de Información - Red de Gestión Operativa



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Sistemas de Información - Red de Gestión Operativa



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Sistemas de Información - Sistema de Información Operativo

PermTrabV2 - INT4_1 - Microsoft Internet Explorer

Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

http://siorep.rep.com.pe/sioweb/SioInterven/FrmEditPermTrabV2.aspx

Programa Interv Actividades Imp. Exp. Programa Solicitud de Interv Permisos de Trab Reportes Salir

Permiso de Trabajo del 22/04/2008 al 22/04/2008

Empresa: REP Nro de Permiso de Trabajo: 053 **NOMBRE DE SUBESTACION**

DATOS GENERALES:

Dpto de Transmision: DT Centro Subestación: Independencia

Solicitud de Intervención: 00-120408 (22/04) L-2203 | CAMBIO DE AISLADORES

Orden de Mantenimiento: OM25485

Actividades de Mantto: CAMBIO DE AISLADORES

Empresas Contratistas: Seleccione----- Número Trabajadores: 4

Select	Empresa	Número Trabajadores
☐	VCN	4

Detalle de Trabajo: CAMBIO DE AISLADORES ROTOS REPARACION DE CONDUCTORES CORREGIR FERRETERIAS EN L-2203 T-55,56,57,67, ZONA: MANTACRA

Fecha: 22/04/2008 **INICIO**

Hora de Inicio: 08:23

Hora Fin Programada: 00:00

Supervisor Responsable: BAZAN GARCIA, EDWIN MARIO

supervisor a cargo: SANCHEZ PERALTA, PABLO

Operador Subestacion: MENDOZA DE LA CRUZ, CESAR

Op. Cent. Contr (Apertura): FERNANDEZ ANGULO, ANGEL

Estado del Permiso del Trabajo

Perm Cerrado? ☒ SI **FIN**

Hora Fin: 08:23

Op. Cent. Contr (Cierre): FERNANDEZ ANGULO, ANGEL

Condición: Fuera Servicio(Tierras Francas)

Observación:

Aceptar Salir

EL FORMATO COMTRADE

- ❑ El formato COMTRADE es un formato estándar usado en las para trabajar con registros oscilográficos
- ❑ Un registro oscilográfico en formato COMTRADE esta compuesto por:
 - *.hdr Archivo de Encabezamiento, [comentarios sobre el registro, opcional.](#)
 - *.cfg Archivo de Configuración.
 - *.dat Archivo de Datos, muestreo.
 - *.dg4 [Cambios personalizados, opcional.](#)
 - *.rio [Archivo de de ajuste de protecciones, opcional.](#)
- ❑ Los datos para los archivos COMTRADE puede ser obtenidos de los registradores de fallas, relés digitales y programas de simulación transitoria como el ATP, EMTP.
- ❑ Los estándares que definen el Formato COMTRADE son:
 - IEEE Std C37.111-1991 (Modificaciones en el 97 y 98)**
 - IEEE Std C37.111-1999**Pueden ser de dos tipos ASCII ó BINARIOS se recomienda emplear los ASCII.

Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE - El Formato COMTRADE

❑ El Archivo de Encabezado “xxxxxxx.HDR”

Este es un archivo de texto opcional creado por el Originador de los datos COMTRADE, típicamente a través de un editor de Texto como el Notepad ó WordPad.

El creador del archivo de encabezado puede incluir cualquier información que considere necesaria ó importante.

```
[RecordSource]
DeviceName=Linea Guadalupe
SubstationName=Guadalupe
FeederName=Guadalupe
NominalVoltage=220 kV
Remark=
TriggerReason=High
TriggerModule=L Guadalupe
TriggerChannel=Current IN
TriggerGroup=
TriggerModulId=1
TriggerChannelId=40
TriggerBinIndex=-1
TriggerChannelShort=IN
WriterType=UNKNOWN
Synchronized=yes
[FaultDiagnosis]
FaultedPhases=L2-N
FaultDistance=125.7 km
FaultDistanceStd=0. km
FaultResistance=0. Ohm
FaultReactance=0. Ohm
Remark= (1) Guadalupe
```


Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE - El Formato COMTRADE

❑ El Archivo de Configuración “xxxxxxx.CFG”

Este archivo contiene información necesaria que para que un programa computacional (SIGRA) interprete el archivo de datos. Este archivo contiene información tales como:

- Nombre y Ubicación, Identificación del registrador, año del Estándar.
- Numero y tipo de canales.
- Nombre de canales, Unidades, y factores de conversión.
- Frecuencia de la línea.
- Tasa de muestreo y numero de muestras por canal.
- Fecha y hora del primer punto de datos.
- Fecha y hora del punto de disparo
- Tipo de archivo de datos
- Time Stamp Multiplication Factor.

```
SEIN / temp / Guadalupe  Exposición  6022008_BCTPMV-PL1 Var,000190,1997
48,8A,40D
1,iL1,,1,A,4.608000e-003,0.000000e+000,0.000000e+000,-10120,10647,1.250000e+003,1.000000e+000,S
2,iL2,,2,A,4.608000e-003,0.000000e+000,0.000000e+000,-10120,10647,1.250000e+003,1.000000e+000,S
3,iL3,,3,A,4.608000e-003,0.000000e+000,0.000000e+000,-10120,10647,1.250000e+003,1.000000e+000,S
4,iE,,4,A,4.608000e-003,0.000000e+000,0.000000e+000,-10120,10647,1.250000e+003,1.000000e+000,S
5,uL1,,5,V,9.434000e-003,0.000000e+000,0.000000e+000,-10120,10647,5.000000e+005,1.100000e+002,S
6,uL2,,6,V,9.434000e-003,0.000000e+000,0.000000e+000,-10120,10647,5.000000e+005,1.100000e+002,S
7,uL3,,7,V,9.434000e-003,0.000000e+000,0.000000e+000,-10120,10647,5.000000e+005,1.100000e+002,S
8,uSYN2,,101,V,9.434000e-003,0.000000e+000,0.000000e+000,-10120,10647,5.000000e+005,1.100000e+002,S
1,SOF 0/CtripL123,,4295,0
2,Power Swing,,4164,0
3,>DisTel Rec.Ch1,,4006,0
4,Dis.T.SEND,,4056,0
5,Dis.Pickup L1,,3672,0
6,Dis.Pickup L2,,3673,0
7,Dis.Pickup L3,,3674,0
8,Dis. reverse,,3720,0
9,Dis.TripZ1/1p,,3811,0
10,Dis.TripZ1B1p,,3813,0
11,Dis.TripZ2/3p,,3817,0
12,>EF Rec.Ch1,,1318,0
13,EF 3IO> TRIP,,1368,0
14,EF 3IOp TRIP,,1369,0
15,EF Tele SEND,,1384,0
16,>CB Aux. L1,,351,0
17,>CB Aux. L2,,352,0
18,>CB Aux. L3,,353,0
19,>1p Trip Perm,,381,0
20,Relay PICKUP L1,,503,0
21,Relay PICKUP L2,,504,0
22,Relay PICKUP L3,,505,0
23,Relay PICKUP E,,506,0
24,Relay TRIP L1,,507,0
25,Relay TRIP L2,,508,0
26,Relay TRIP L3,,509,0
27,DisTRIP3p. Z1sf,,3823,0
28,DisTRIP3p. Z1mf,,3824,0
29,DisTRIP3p Z1Bmf,,3826,0
30,AR Tdead 1pTrip,,2839,0
31,AR Tdead 3pTrip,,2840,0
32,AR CLOSE Cmd.,2851,0
33,1pole open L1,,591,0
34,1pole open L2,,592,0
35,1pole open L3,,593,0
36,Disparo SOTF Z2,,65535,0
37,Disparo 86,,65534,0
38,Disparo 59-1,,65533,0
39,Disparo 59-2,,65532,0
40,Disc_Polos,,65527,0
60.0
1
1200.000000,2401
30/09/2008,19:40:20.977000
30/09/2008,19:40:20.977000
ASCII
1.0
```

Antes de trabar con los archivos COMTRADE se tiene que verificar los siguiente:

- Que las unidades sean A, V, kA, ó kV. Si no fuera así reemplazarlos.

Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE - El Formato COMTRADE

❑ El Archivo de Datos “xxxxxxx.DAT”

El archivo de datos contiene valores en filas y columnas donde cada fila consiste de una serie de valores de datos precedidos por dos números que indican la posición y el tiempo de ocurrencia. Este archivo debe tener el mismo nombre de los archivos de encabezamiento y de configuración y su extensión es "DAT".

Sample Number	Time in μ s from beginning of record	Analog Data Values for Channels 1-4	Status information Channels 5 and 6
1,0,55,-39,-1	0000000001	0000000000	002090,001827,002090,002044,0,0
2,833,58,-24,			0,0
3,1666,55,-9,			0,0,0,0,0,0
4,2499,44,10,			0,0,0,0,0,0
5,3332,28,29,			0,0,0,0,0,0
6,4165,14,44,			0,0,0,0,0,0
7,4998,-4,53,			0,0,0,0,0,0
8,5831,-24,58			0,0,0,0,0,0
9,6664,-40,60			0,0,0,0,0,0
10,7497,-50,5,			0,0,0,0,0,0
11,8330,-55,4			0,0,0,0,0,0
12,9163,-59,2			0,0,0,0,0,0
13,9996,-56,9			0,0,0,0,0,0
14,10829,-44,			0,0,0,0,0,0
15,11662,-29,			0,0,0,0,0,0
16,12495,-15,			0,0,0,0,0,0
17,13328,3,-5			0,0,0,0,0,0
18,14161,23,-			0,0,0,0,0,0
19,14994,39,-			0,0,0,0,0,0
20,15827,49,-			0,0,0,0,0,0
21,16660,54,-			0,0,0,0,0,0
22,17493,58,-			0,0,0,0,0,0,0
23,18326,55,-			0,0,0,0,0,0
24,19159,43,1			0,0,0,0,0,0

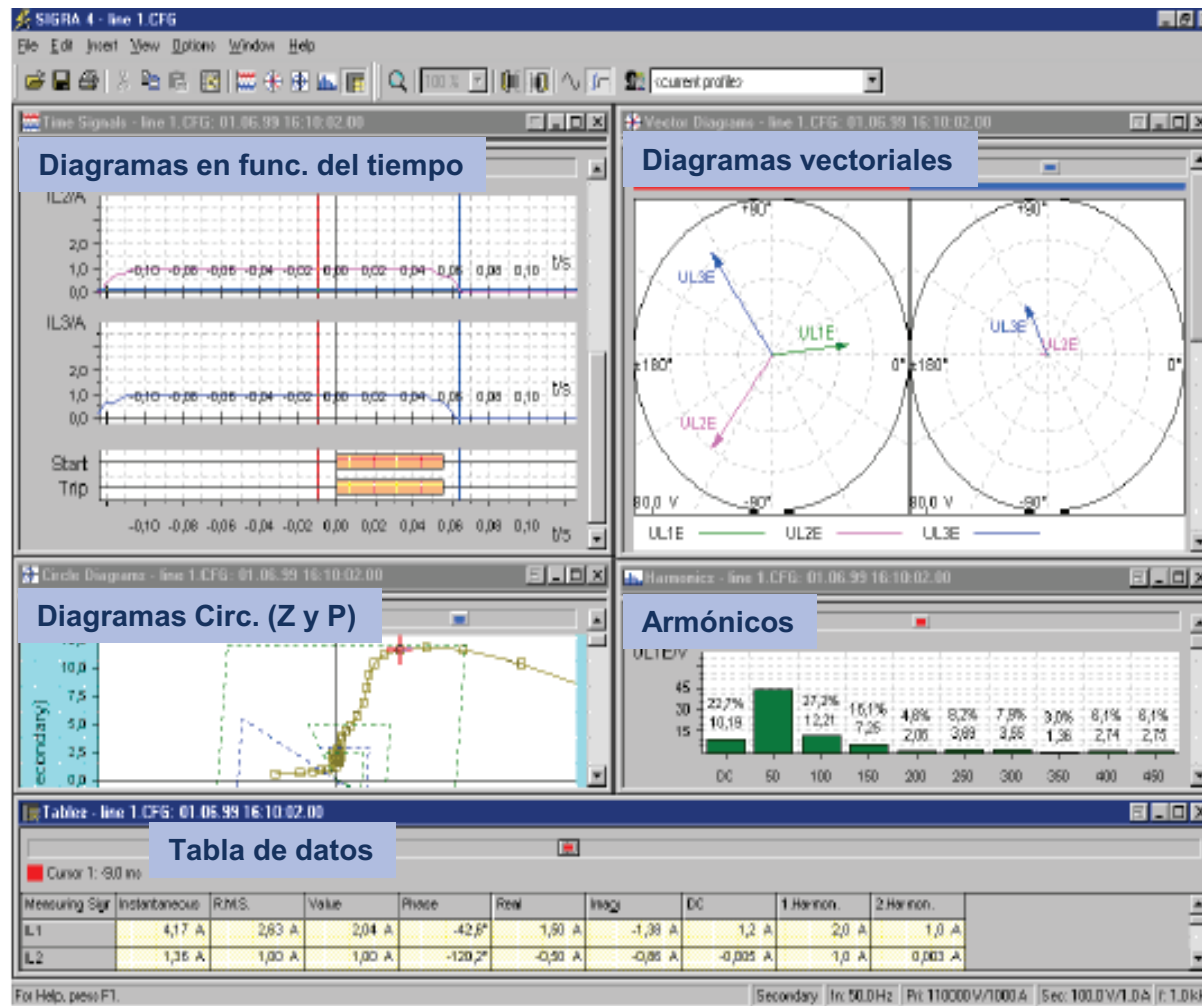
Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

SIGRA es un programa incluido dentro del DIGSI, este programa es usado para analizar eventos en formato COMTRADE.

Las variables se pueden representar de las siguientes formas:



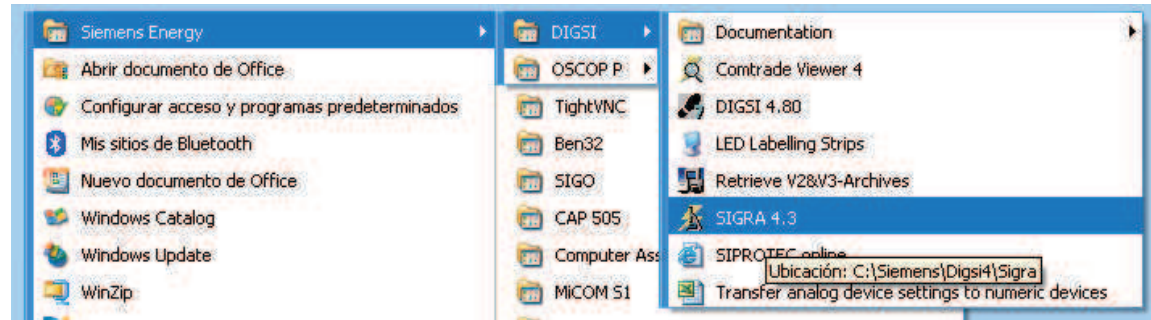
Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

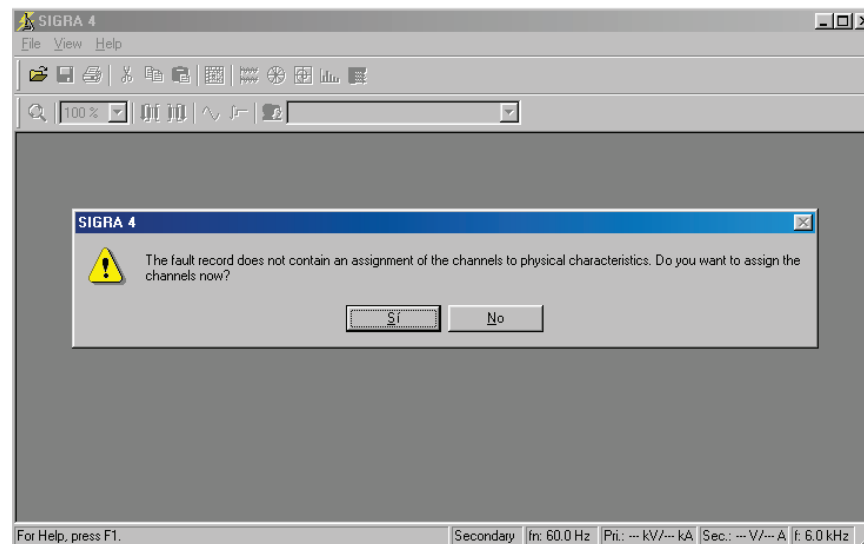
Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Para cargar el SIGRA:

Inicio/programas/Siemens Energy/SIGRA 4.3



Cuando se abre, el programa le preguntara si desea asignar canales, haga click en “SI”, si ya están asignados no aparecerá esta pantalla.



Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Asignando señales y configurando el “SIGRA”

Asigne las señales:

IL1, IL2, IL3, IE

UL1E, UL2E, UL3E

para obtener todas señales analógicas disponibles.

En algunos casos se puede obviar IE.

K1: nos representa la línea 1.

Network Configuration

Configuration: <Current Configuration> Add... Delete...

Network Nodes: K1 ☒ Save the signal assignment

Signal Assignment | Impedance Calculation | Fault Locator

Diagram showing signal assignment for lines L1, L2, L3 and various components (IL1, IL2, IL3, IE, UL12, UL23, UL31, UL1E, UL2E, UL3E, Uen). All dropdowns are set to <None>.

IE/Iph: [] U/Uen: []

Nominal Transformer Value:

Recorded as:	Primary:	Current	Voltage
[]	[] A	[] V	[] V
[]	[] A	[] V	[] V

CT Starpoint: Line

OK Cancel Help

Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Valores para el cálculo de impedancia:

Si desea calcular la impedancia fase a tierra ingrese los valores RE/RL y XE/XL.

$$\begin{aligned} Z_1 &= R_1 + jX_1 = Z_L = R_L + jX_L \\ k_r &= R_E / R_L = (R_0 / R_1 - 1) / 3 \\ k_x &= X_E / X_L = (X_0 / X_1 - 1) / 3 \\ k_{Mr} &= R_M / R_L = R_{OM} / R_1 / 3 \\ k_{Mx} &= X_M / X_L = X_{OM} / X_1 / 3 \end{aligned}$$

The screenshot shows the 'Network Configuration' dialog box with the 'Impedance Calculation' tab selected. The 'Configuration' dropdown is set to '<Current Configuration>'. The 'Network Nodes' field shows 'K1'. The 'Save the signal assignment' checkbox is checked. The 'Signal Assignment' tab is also visible. The 'Earth Impedance Matching' section has 'RE / RL' set to 1 and 'XE / XL' set to 1. The 'Parallel Line Compensation for Impedance Calculation...' section has 'RM / RL' set to 0, 'XM / XL' set to 0, and '...with Earth Current from Network Node:' set to '<None>'. The '...Execute:' section has 'Always' selected. The 'Secondary Display' section has 'Impedance Correction with Inom/1A' unchecked. The 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons are at the bottom.

Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Asignar línea acoplada:

Si tiene línea paralela con acoplamiento mutuo ingresar los valores de:

RM/RL y XM/XL.

Donde la línea K1 es acoplada con uno de las líneas K.

The screenshot shows the 'Network Configuration' dialog box with the 'Impedance Calculation' tab selected. The 'Configuration' dropdown is set to '<Current Configuration>'. The 'Network Nodes' field shows 'K1'. The 'Save the signal assignment' checkbox is checked. The 'Signal Assignment' tab is active, showing 'Earth Impedance Matching' and 'Parallel Line Compensation for Impedance Calculation...'. Under 'Earth Impedance Matching', 'RE / RL' is set to 1 and 'XE / XL' is set to 1. Under 'Parallel Line Compensation for Impedance Calculation...', 'RM / RL' is set to 0 and 'XM / XL' is set to 0. The dropdown for '...with Earth Current from Network Node:' is open, showing a list of nodes: K2, K3, K4, K5, K6, K7, and K8. The '...Execute:' section has three radio buttons: 'Never', 'Always' (which is selected), and 'In the case of IEP/IE <'. The 'Secondary Display' section has a checkbox for 'Impedance Correction with Inom/IA' which is unchecked. The dialog box has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Network Configuration

Configuration: <Current Configuration> Add... Delete...

Network Nodes: < K1 > ☒ Save the signal assignment

Signal Assignment Impedance Calculation Fault Locator

Earth Impedance Matching

RE / RL: 1

XE / XL: 1

Parallel Line Compensation for Impedance Calculation...

RM / RL: 0

XM / XL: 0

...with Earth Current from Network Node: K2 K3 K4 K5 K6 K7 K8

...Execute:

☐ Never

☒ Always

☐ In the case of IEP/IE <

Secondary Display

☐ Impedance Correction with Inom/IA

OK Cancel Help

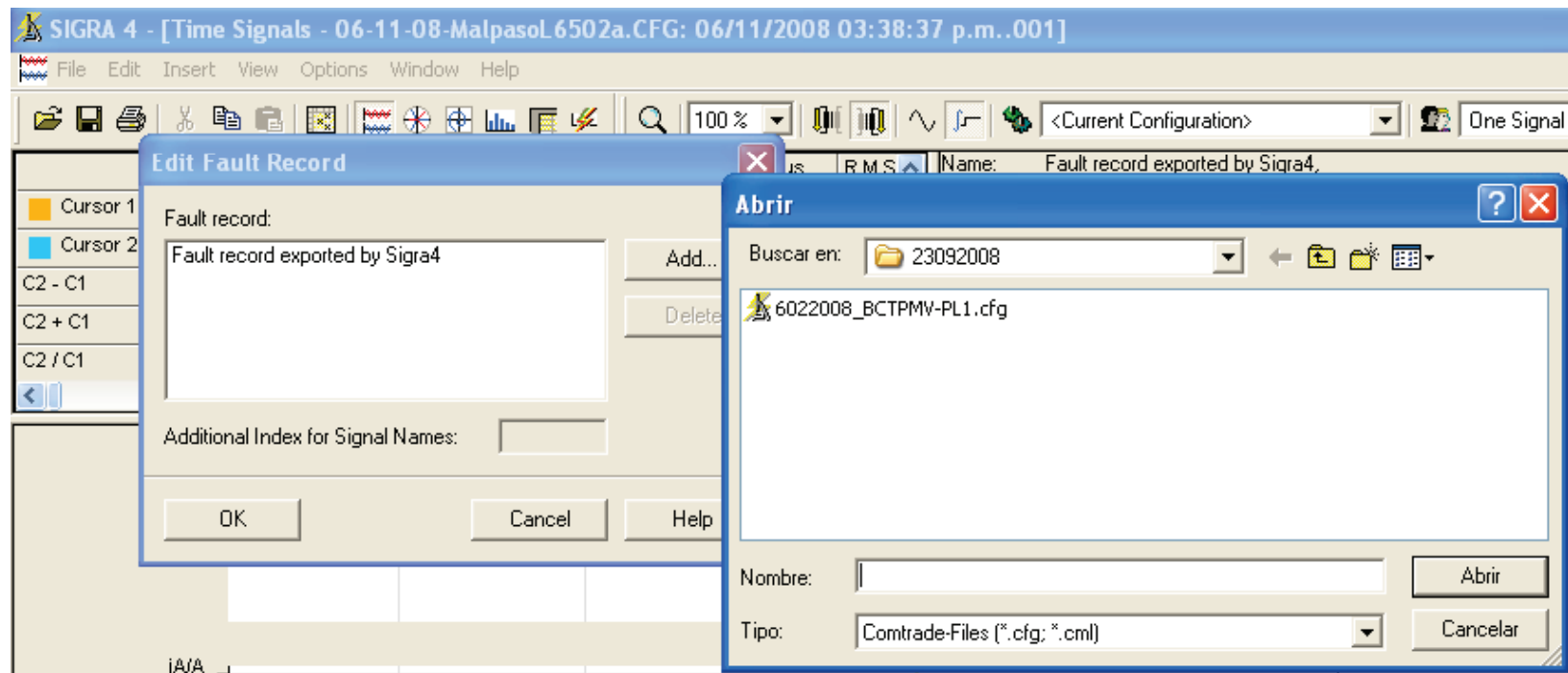
Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Cargar un segundo registro:

1. Cargar el primer registro.
2. Edit -> Fault record -> Add (abrir el nuevo registro)
3. Ok



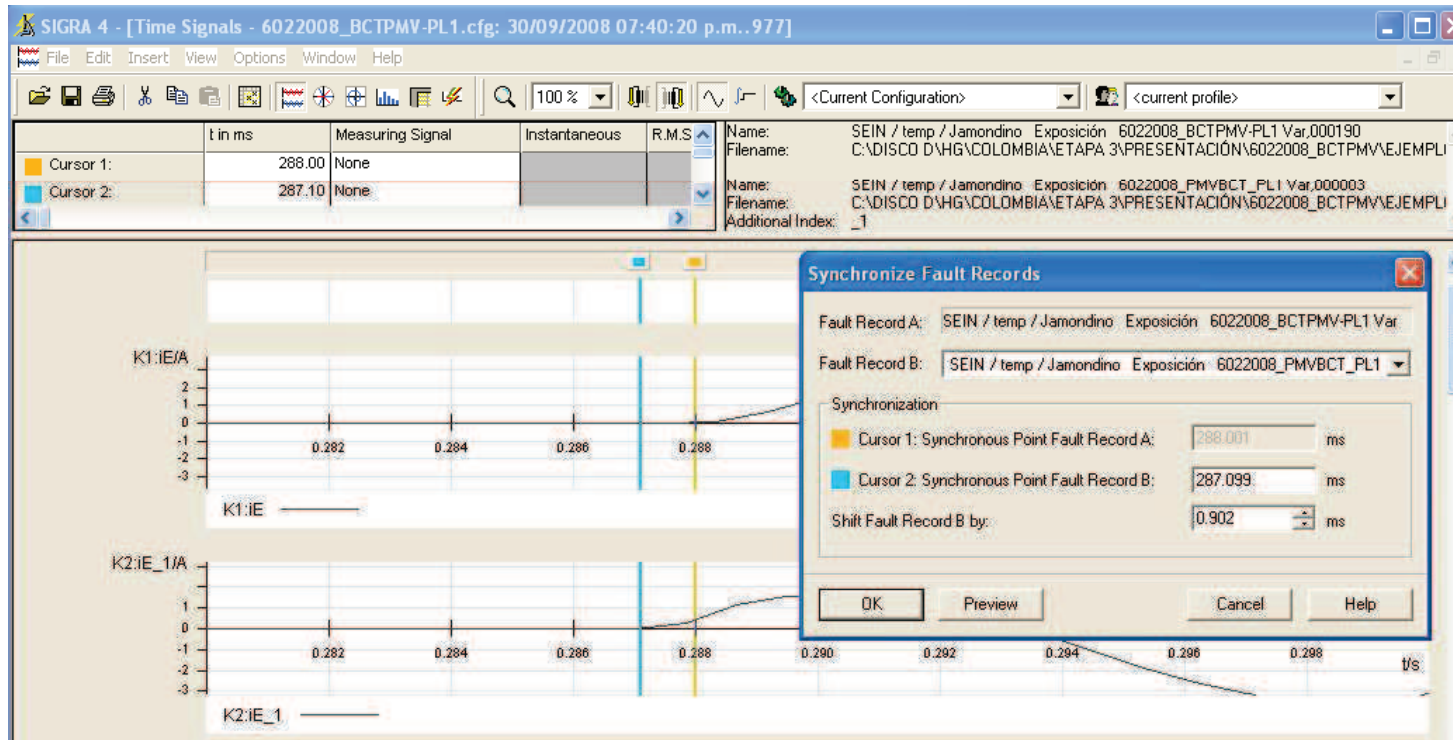
Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Sincronizar dos registros:

1. Sincronizar los dos registros.
2. Edit -> Synchronous Fault Records
3. Ok



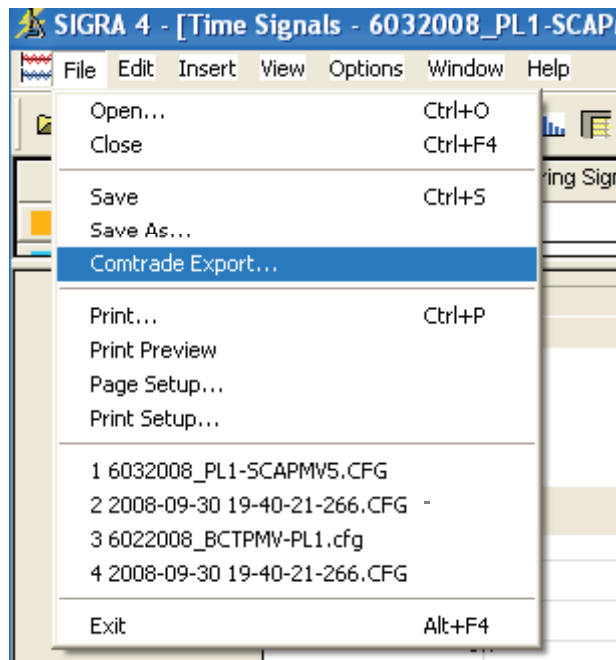
Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

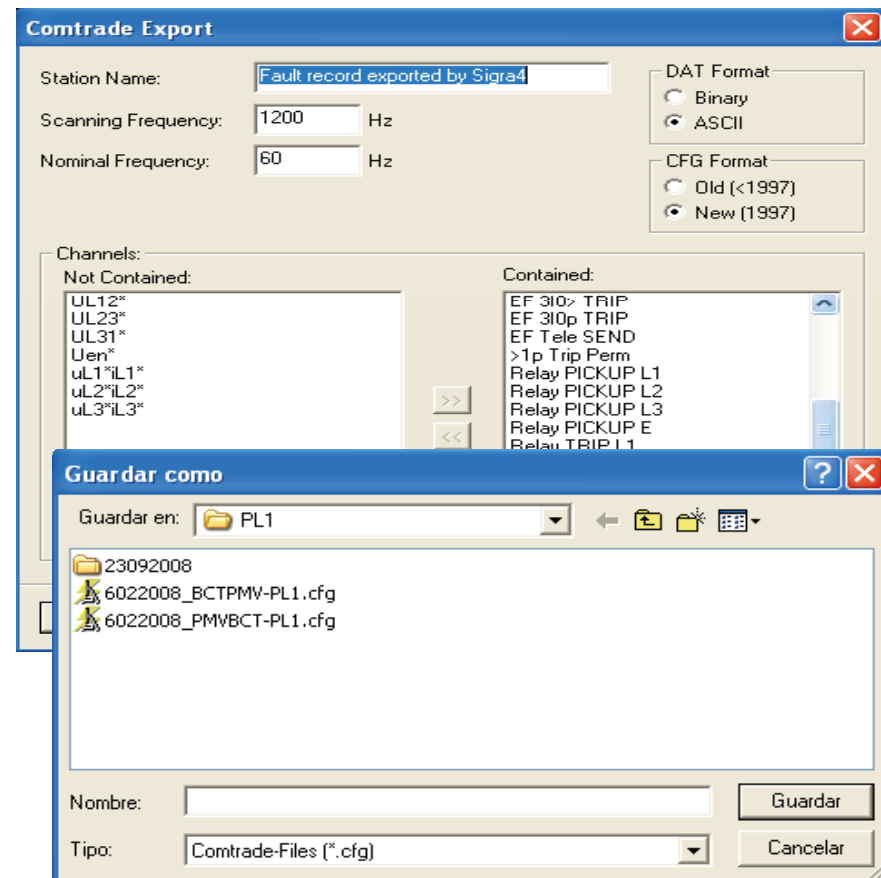
Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Convertir dos archivos comtrade en Uno:

1. File -> Comtrade Export...
2. Seleccionar señales
3. Save, nombrar y ubicar



Para exportar todo el registro, primero en:
View -> Zoom -> optimize

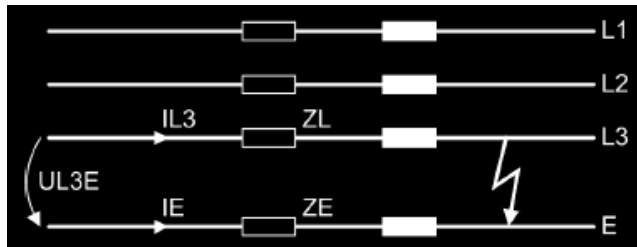


Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Localización del relé SIEMENS:



$$\underline{U}_{L3-E} = I_{L3} \cdot (R_L + jX_L) - I_{L3} \cdot \left(\frac{R_E}{R_L} \cdot R_L + j \left(\frac{X_E}{X_L} \right) \cdot X_L \right)$$

$$R_{L3-E} = \frac{\underline{U}_{L3-E}}{I_{L3}} \cdot \frac{\cos(\varphi_U - \varphi_L) - \frac{I_E}{I_{L3}} \cdot \frac{X_E}{X_L} \cdot \cos(\varphi_U - \varphi_E)}{1 - \left(\frac{X_E}{X_L} + \frac{R_E}{R_L} \right) \cdot \frac{I_E}{I_{L3}} \cdot \cos(\varphi_E - \varphi_L) + \frac{R_E}{R_L} \cdot \frac{X_E}{X_L} \cdot \left(\frac{I_E}{I_{L3}} \right)}$$

$$X_{L3-E} = \frac{\underline{U}_{L3-E}}{I_{L3}} \cdot \frac{\sin(\varphi_U - \varphi_L) - \frac{I_E}{I_{L3}} \cdot \frac{R_E}{R_L} \cdot \sin(\varphi_U - \varphi_E)}{1 - \left(\frac{X_E}{X_L} + \frac{R_E}{R_L} \right) \cdot \frac{I_E}{I_{L3}} \cdot \cos(\varphi_E - \varphi_L) + \frac{R_E}{R_L} \cdot \frac{X_E}{X_L} \cdot \left(\frac{I_E}{I_{L3}} \right)}$$

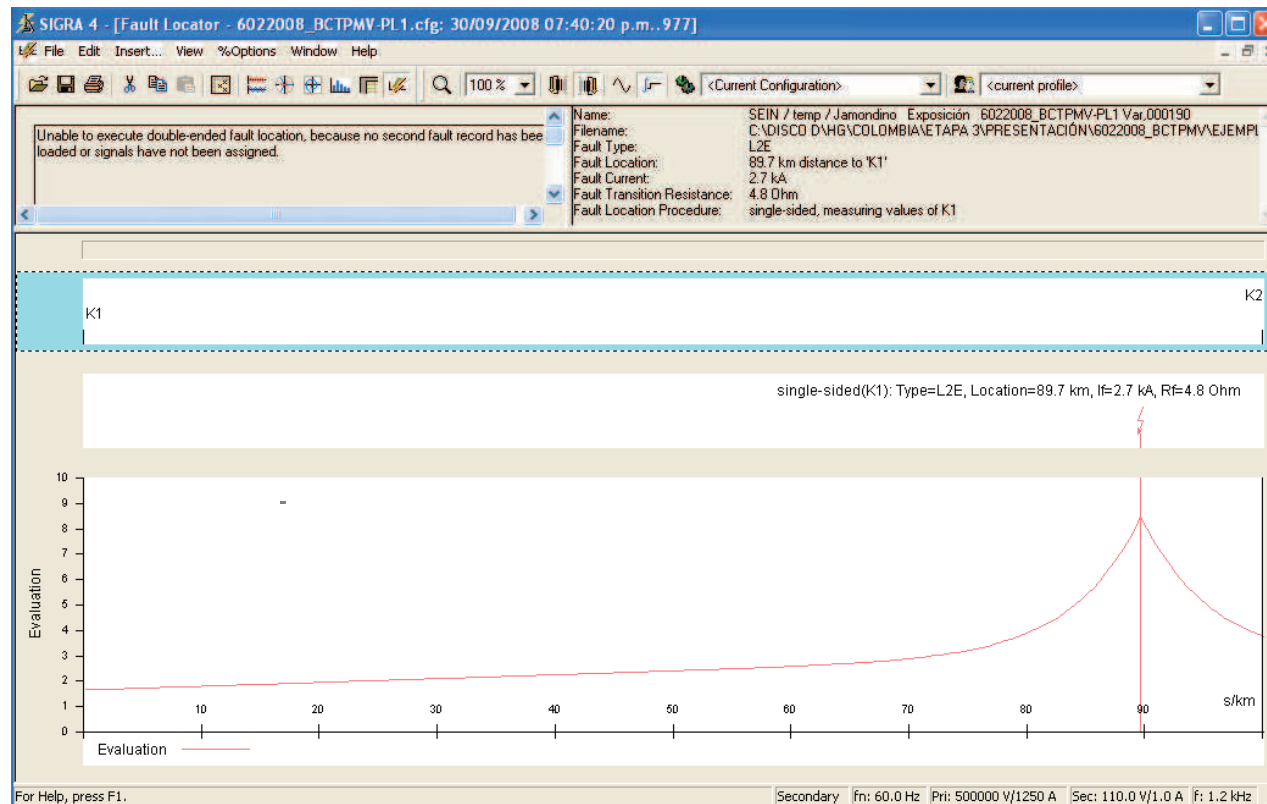
Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Localización de fallas:

1. View -> Fault locator
2. Ok

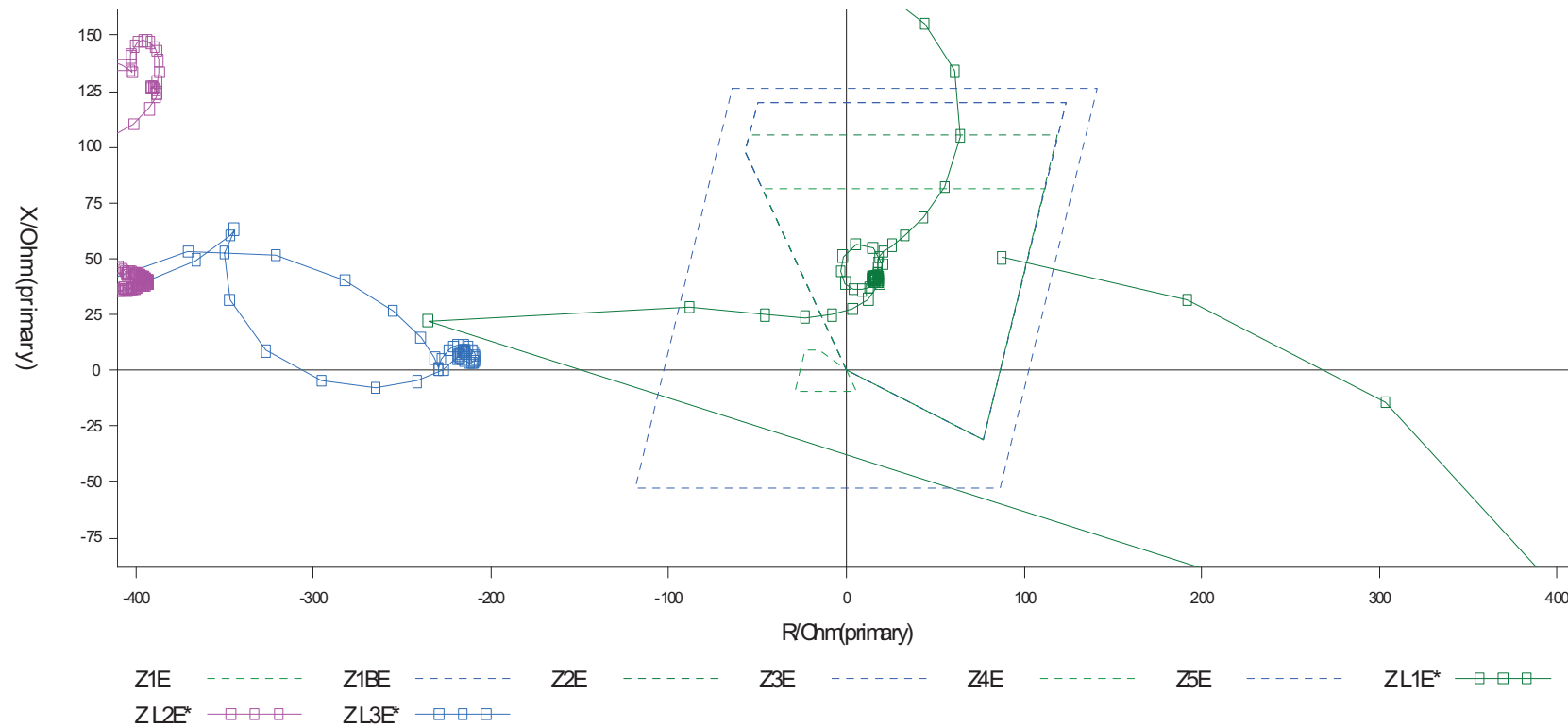


Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Archivo .rio:

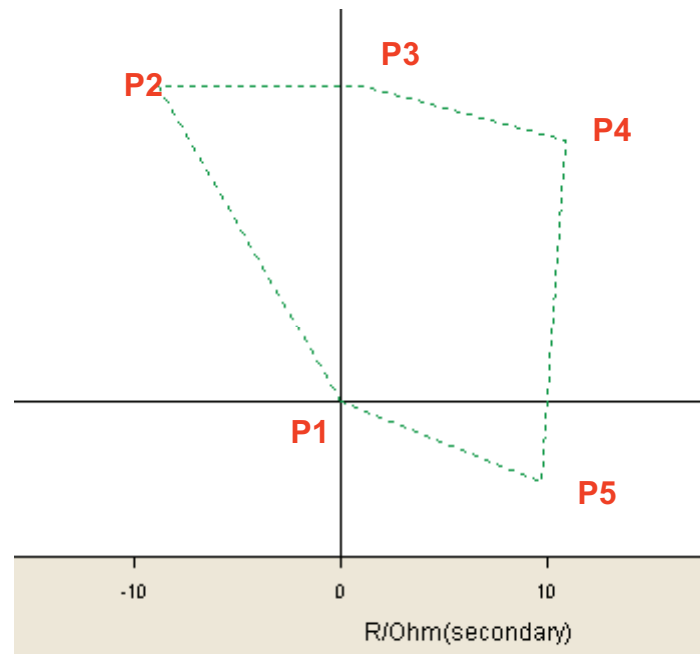


Recursos para el Análisis de Perturbaciones

Archivos COMTRADE

Trabajando con Oscilografías y Archivos COMTRADE

Archivo .rio:



Se puede adicionar mas puntos, el polígono forma en forma según la secuencia ingresada en forma anti horaria.

```

BEGIN PROTECTIONDEVICE
DEVICE          7SA612
SUBSTATION      SEIN / temp / Jamondino
FEEDER          Exposición
RATING          110.000, 1.000, 60.000
MAX             120.000, 10.000
I>>            2.000
IE>>           0.500
TOL-T           1.000, 0.100
TOL-Z           5.000, 0.100
CURRGROUND      LINE
LINEANGLE       86.000
RE/RL           5.191, 0.000
XE/XL           0.650, 0.000
KS              1.000, 0.000
ZS              0.259, 0.966
TIMEOMAX        0.100
IMPCORR         FALSE
DIRCHAR         120.000, -22.000
BEGIN ZONE
NAME            Z1
TIME1           0.000
TIMEM           0.000
BEGIN          TRIPCHAR
START          0.000, 0.000
LINE           -8.828, 15.290
LINE           1.069, 15.290
LINE           11.049, 15.290
LINE           9.706, -3.921
CLOSE
END TRIPCHAR
BEGIN TRIPCHAR-EARTH
START          0.000, 0.000
LINE           -8.828, 15.290
LINE           1.069, 15.290
LINE           11.049, 15.290
LINE           9.706, -3.921
CLOSE
END TRIPCHAR-EARTH

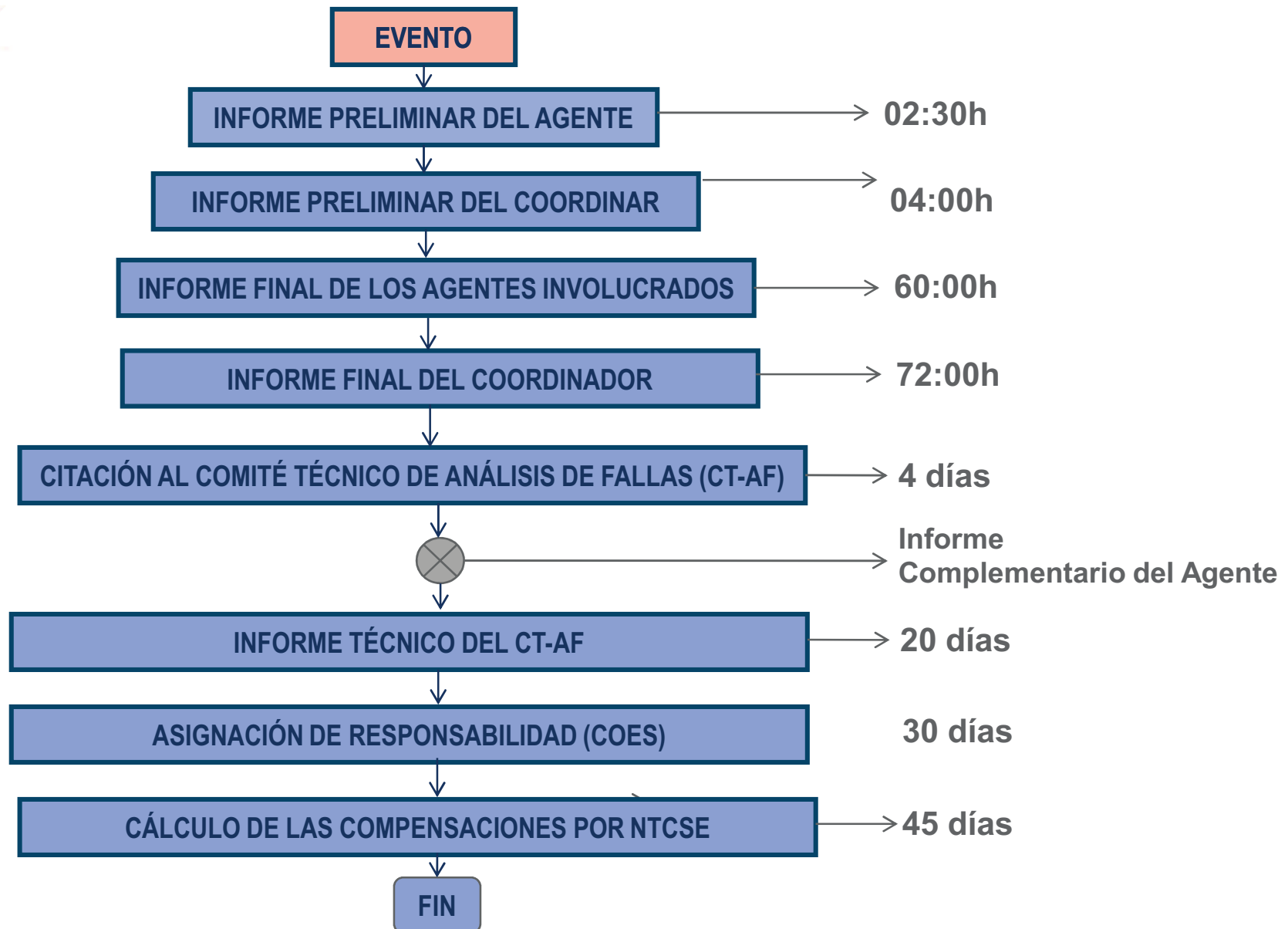
```

Fase

tierra

P1
P2
P3
P4
P5

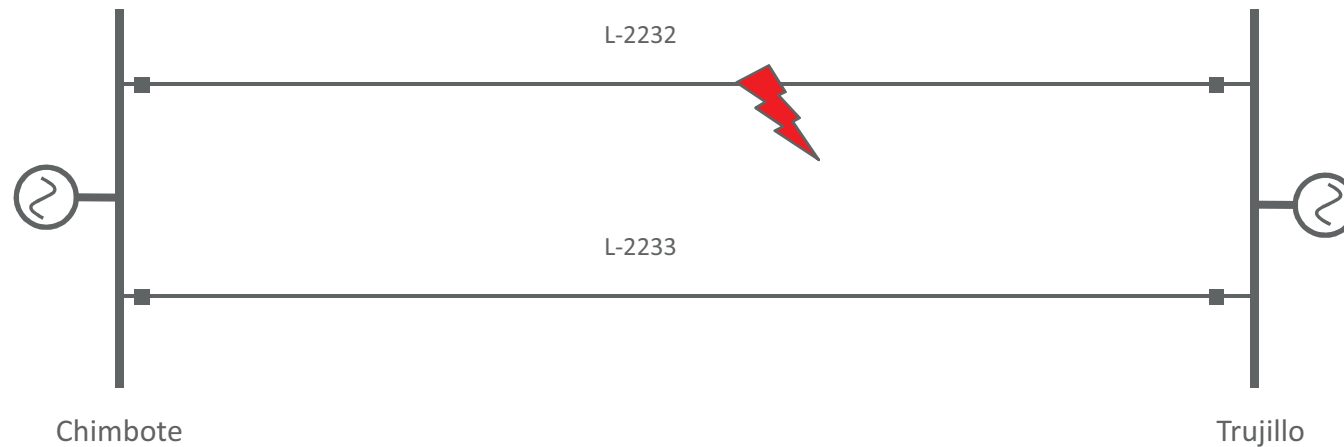
Metodología y criterios para el Análisis de Perturbaciones Normatividad



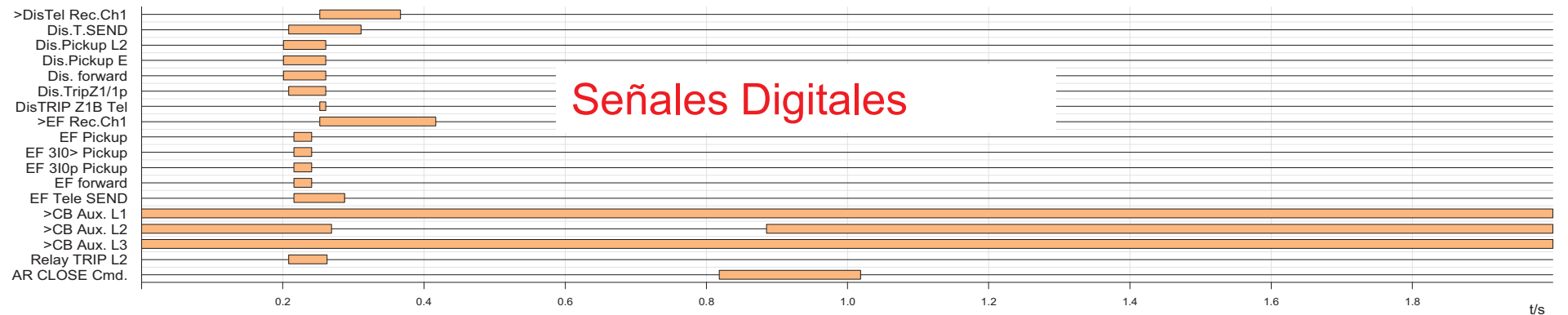
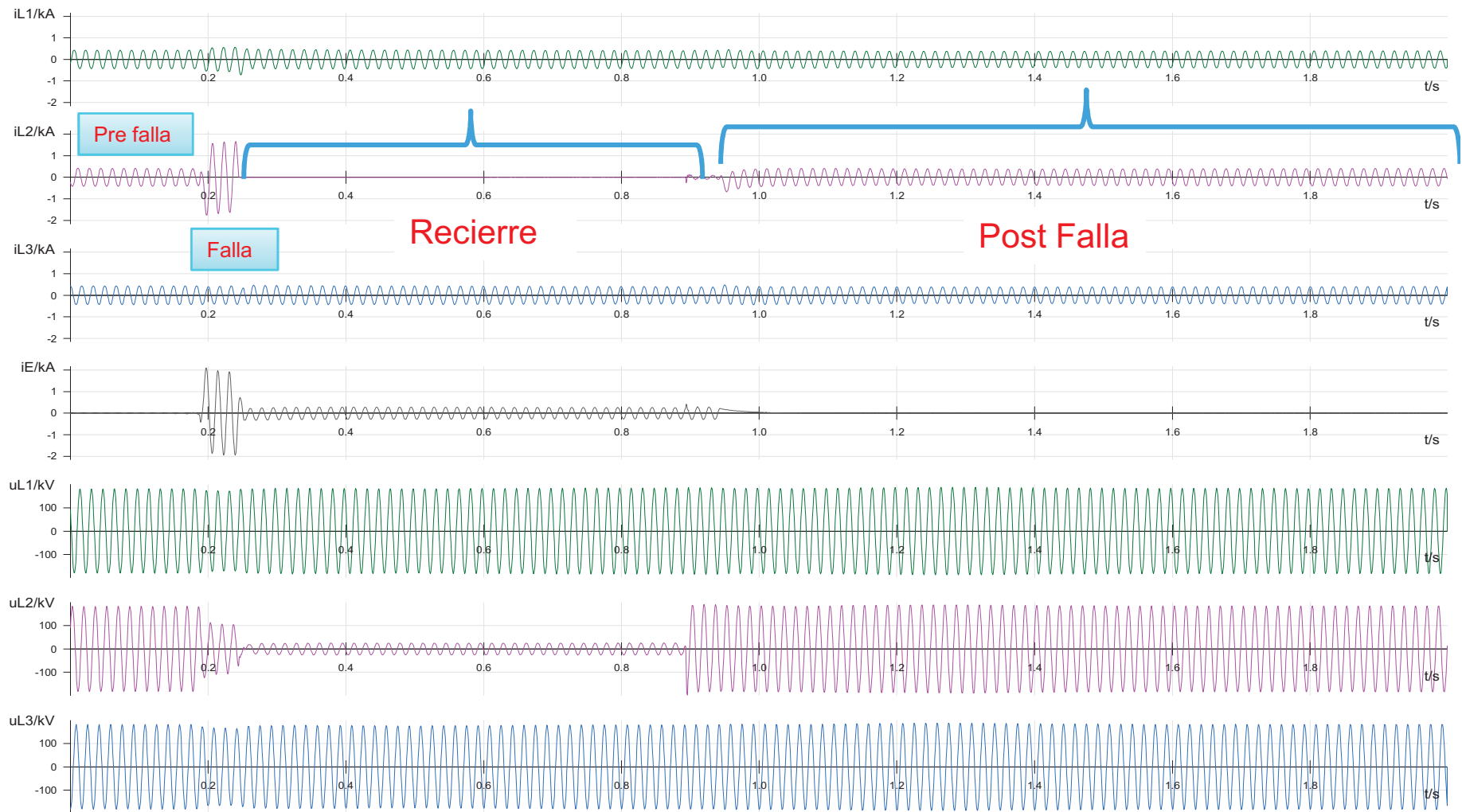
Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Recierre exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

Descripción del evento



EVENTO:	Recierre monofásico exitoso de la fase "S" en la Línea L-2232 (Chimbote - Trujillo 220 kV).
DÍA:	Ocurrida el 13 de marzo de 2010 a las 07:34 a.m.
UBICACIÓN:	75.6 km de la SE. Chimbote
CONSECUENCIA:	No hubo restricción de suministro. Las protecciones se desempeñaron correctamente.

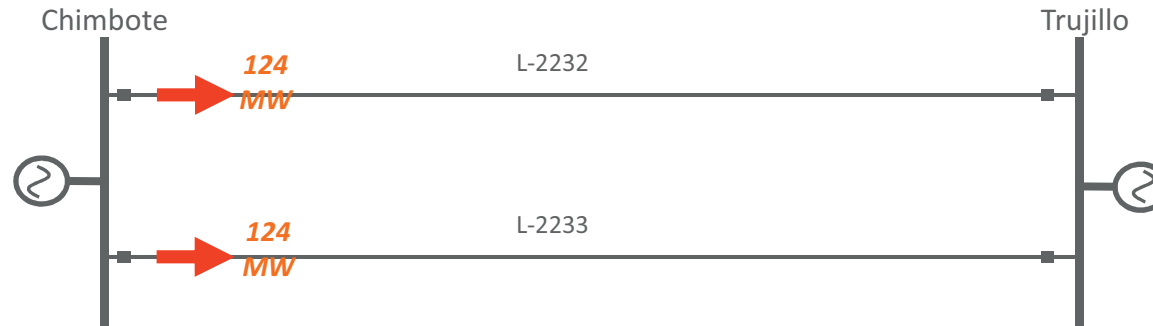


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

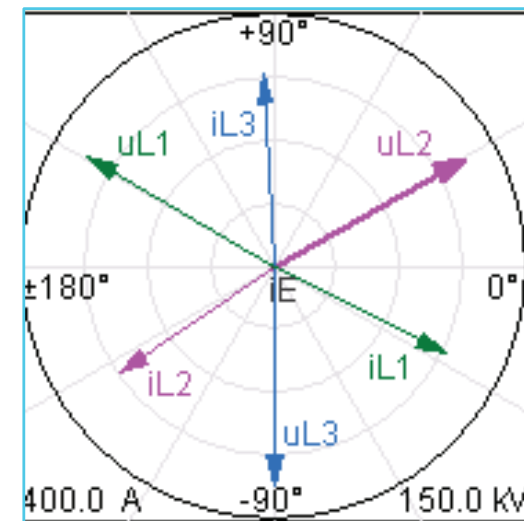
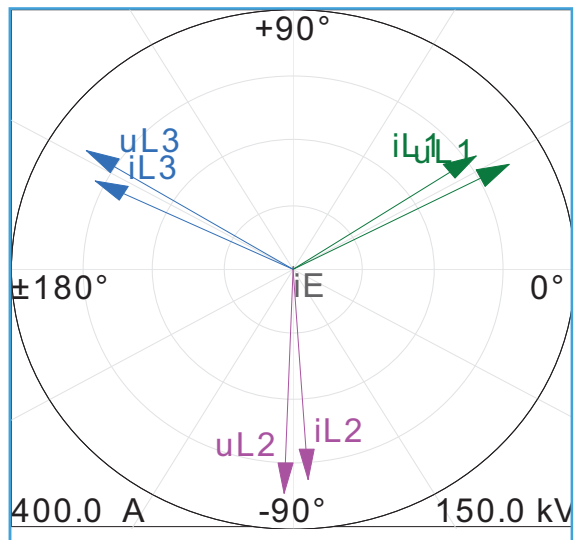
Recierre exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

Condiciones Operativas previas.

Measuring Signal	R.M.S.
iL1	315 A
iL2	0.33 kA
iL3	317 A
IE	0.0089 kA
uL1	131 kV
uL2	131 kV
uL3	131 kV
P*	124 MVA
Q*	-13.7 MVA



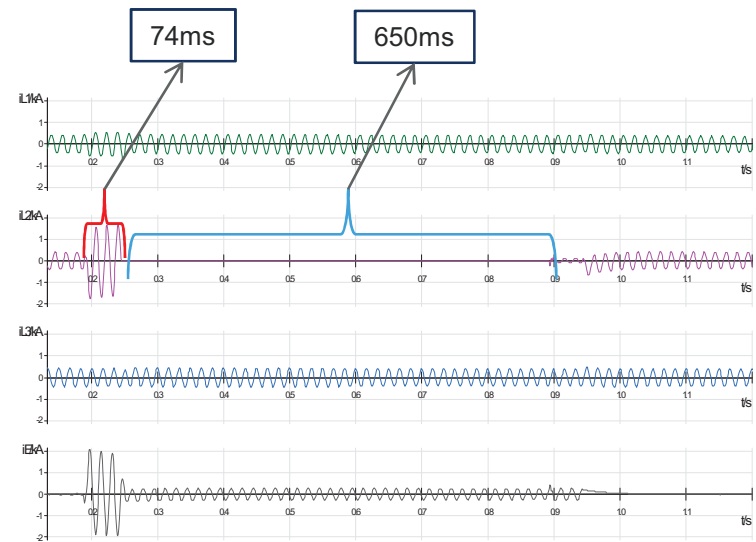
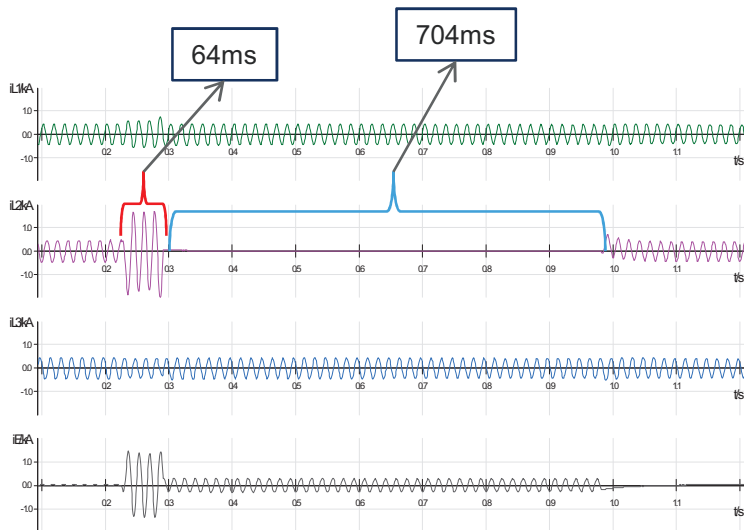
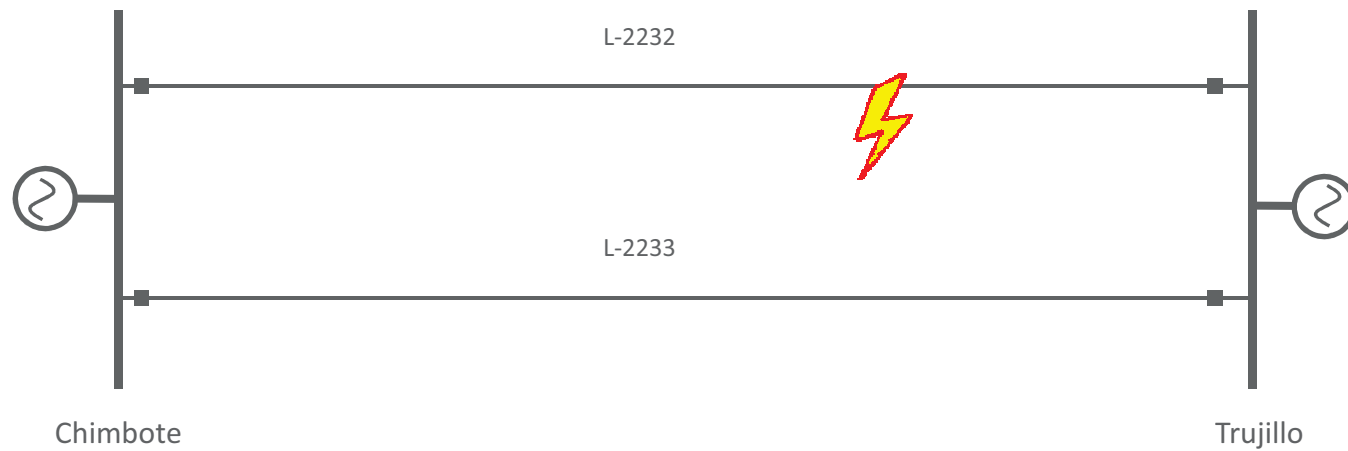
Measuring Signal	R.M.S.
iL1	305 A
iL2	0.30 kA
iL3	309 A
IE	0.013 kA
uL1	129 kV
uL2	130 kV
uL3	129 kV
P*	-118 MVA
Q*	8.13 MVA



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Recierre exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

Registro de oscilografías



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Recierre exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

Registro de SOE rele

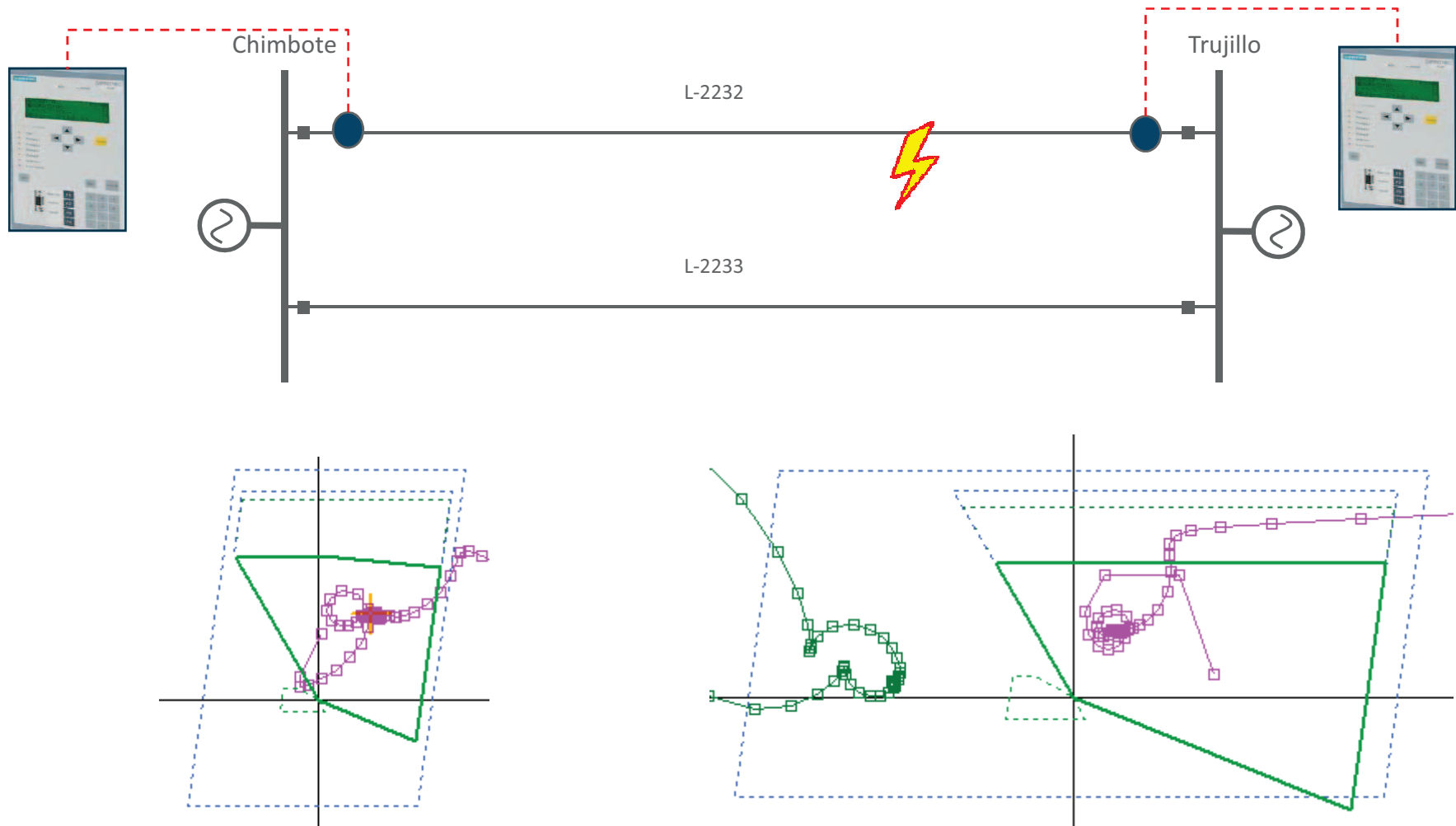
Number	Indication	Value	Date and time	Cause	State
00301	Power System fault	11 - ON	13.03.2010 07:34:08.425		
00302	Fault Event	14 - ON	13.03.2010 07:34:08.425		
03684	Distance Pickup L2E	ON	0 ms		
03702	Distance Loop L2E selected forward	ON	0 ms		
03803	Distance TRIP command - Only Phase L2	ON	0 ms		
04056	Dis. Telep. Carrier SEND signal	ON	1 ms		
02844	AR 1st cycle running	ON	1 ms		
02801	AR: Auto-reclose in progress	ON	1 ms		
00534	Primary fault current IL2	1.15 kA	3 ms		
01335	Earth fault protection Trip is blocked	ON	4 ms		
01370	E/F Inrush picked up	OFF	5 ms		
01358	E/F picked up FORWARD	ON	5 ms		
01337	E/F phase selector L2 selected	ON	5 ms		
01356	E/F 3I0> PICKED UP	ON	5 ms		
01357	E/F 3I0p PICKED UP	ON	5 ms		
01384	E/F Telep. Carrier SEND signal	ON	5 ms		
01372	E/F Telep. Carrier SEND signal, Phase L2	ON	5 ms		
04006	>Dis.Tele. Carrier RECEPTION Channel 1	ON	16 ms		
03850	DisTRIP Z1B with Teleprotection scheme	ON	16 ms		
02713	>AR: External trip L2 for AR start	ON	26 ms		
00592	Single pole open detected in L2	ON	32 ms		
14082	E/F 3I0> is blocked	ON	37 ms		
14083	E/F 3I0p is blocked	ON	37 ms		
01332	Earth fault protection is BLOCKED	ON	37 ms		
01337	E/F phase selector L2 selected	OFF	38 ms		
01345	Earth fault protection PICKED UP	OFF	38 ms		
01318	>E/F Carrier RECEPTION, Channel 1	ON	38 ms		
03671	Distance PICKED UP	OFF	63 ms		
03702	Distance Loop L2E selected forward	OFF	63 ms		
00511	Relay GENERAL TRIP command	OFF	64 ms		
02839	AR dead time after 1 pole trip running	ON	78 ms		
01335	Earth fault protection Trip is blocked	OFF	100 ms		
01124	Fault Locator Loop L2E	ON	35 ms		
01117	Flt Locator: secondary RESISTANCE	5.53 Ohm	35 ms		
01118	Flt Locator: secondary REACTANCE	9.75 Ohm	35 ms		
01114	Flt Locator: primary RESISTANCE	20.63 Ohm	35 ms		
01115	Flt Locator: primary REACTANCE	36.77 Ohm	35 ms		
01119	Flt Locator: Distance to fault	74.5 km	35 ms		
01120	Flt Locator: Distance [%] to fault	55.6 %	35 ms		
02851	AR: Close command	ON	627 ms		

Number	Indication	Value	Date and time	Cause	State
00301	Power System fault	27 - ON	13.03.2010 07:34:08.414		
00302	Fault Event	31 - ON	13.03.2010 07:34:08.414		
03684	Distance Pickup L2E	ON	1 ms		
03702	Distance Loop L2E selected forward	ON	1 ms		
01335	Earth fault protection Trip is blocked	ON	7 ms		
03803	Distance TRIP command - Only Phase L2	ON	8 ms		
04056	Dis. Telep. Carrier SEND signal	ON	8 ms		
01370	E/F Inrush picked up	ON	8 ms		
02844	AR 1st cycle running	ON	9 ms		
02801	AR: Auto-reclose in progress	ON	9 ms		
00534	Primary fault current IL2	1.10 kA	10 ms		
01370	E/F Inrush picked up	OFF	16 ms		
01358	E/F picked up FORWARD	ON	16 ms		
01337	E/F phase selector L2 selected	ON	16 ms		
01356	E/F 3I0> PICKED UP	ON	16 ms		
01357	E/F 3I0p PICKED UP	ON	16 ms		
01384	E/F Telep. Carrier SEND signal	ON	16 ms		
01372	E/F Telep. Carrier SEND signal, Phase L2	ON	16 ms		
02713	>AR: External trip L2 for AR start	ON	27 ms		
00592	Single pole open detected in L2	ON	40 ms		
14082	E/F 3I0> is blocked	ON	40 ms		
14083	E/F 3I0p is blocked	ON	40 ms		
01332	Earth fault protection is BLOCKED	ON	40 ms		
01337	E/F phase selector L2 selected	OFF	41 ms		
01345	Earth fault protection PICKED UP	OFF	41 ms		
04006	>Dis.Tele. Carrier RECEPTION Channel 1	ON	52 ms		
01318	>E/F Carrier RECEPTION, Channel 1	ON	52 ms		
03850	DisTRIP Z1B with Teleprotection scheme	ON	52 ms		
03671	Distance PICKED UP	OFF	61 ms		
03702	Distance Loop L2E selected forward	OFF	61 ms		
00511	Relay GENERAL TRIP command	OFF	62 ms		
00362	>Circuit breaker aux. contact: Pole L2	OFF	69 ms		
02839	AR dead time after 1 pole trip running	ON	71 ms		
01335	Earth fault protection Trip is blocked	OFF	97 ms		
01124	Fault Locator Loop L2E	ON	42 ms		
01117	Flt Locator: secondary RESISTANCE	5.22 Ohm	42 ms		
01118	Flt Locator: secondary REACTANCE	7.00 Ohm	42 ms		
01114	Flt Locator: primary RESISTANCE	19.13 Ohm	42 ms		
01115	Flt Locator: primary REACTANCE	25.67 Ohm	42 ms		
01119	Flt Locator: Distance to fault	53.5 km	42 ms		

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Recierre exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

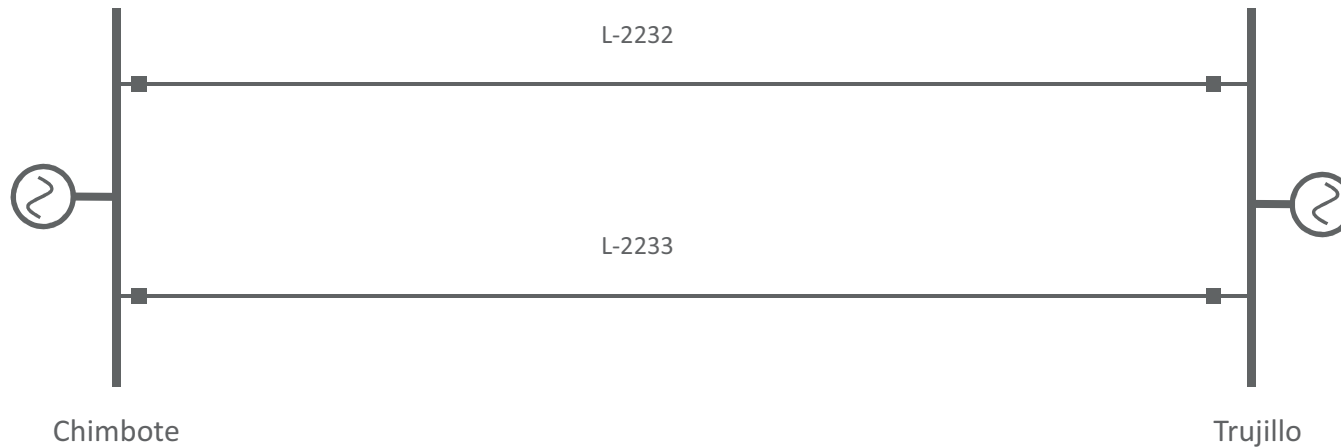
Diagrama de impedancia durante la falla



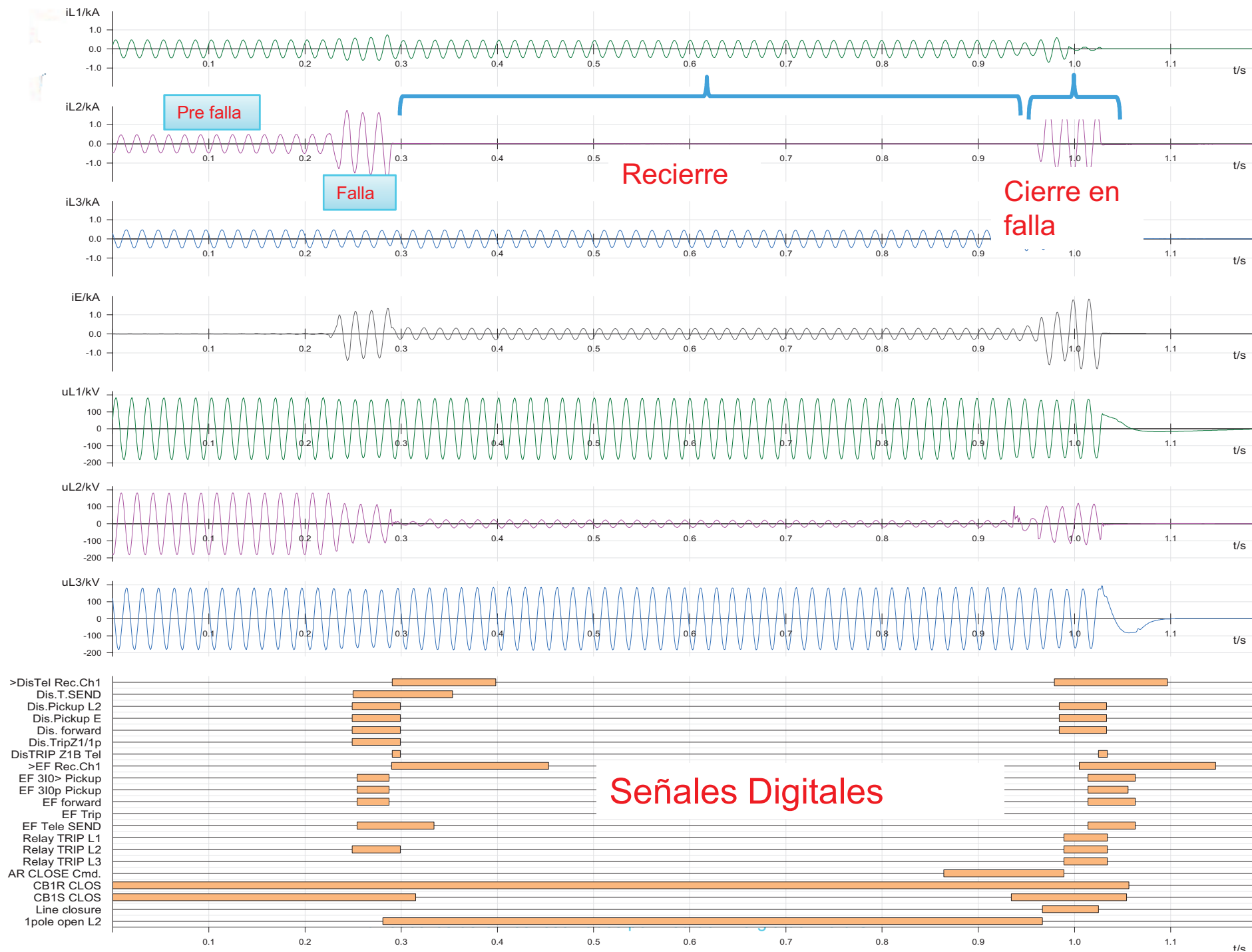
Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Recierre no exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

Descripción del Evento y Zona de análisis



EVENTO:	Recierre monofásico no exitoso de la fase "S" en la Línea L-2232 (Chimbote - Trujillo 220 kV).
DÍA:	Ocurrida el 10 de marzo de 2010 a las 07:29 a.m.
UBICACIÓN:	79.1km de la SE. Chimbote
CONSECUENCIA:	No hubo restricción de suministro. Las protecciones se desempeñaron correctamente.

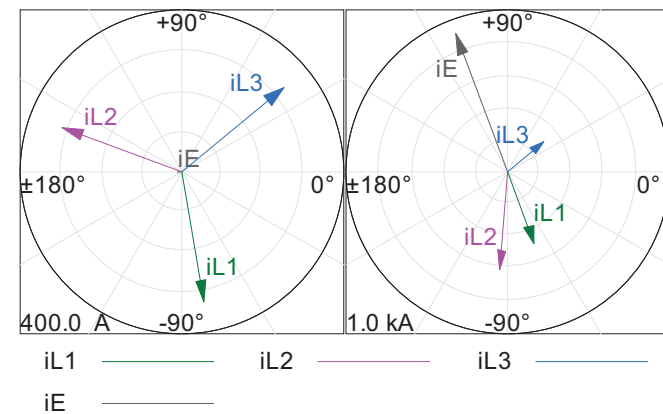
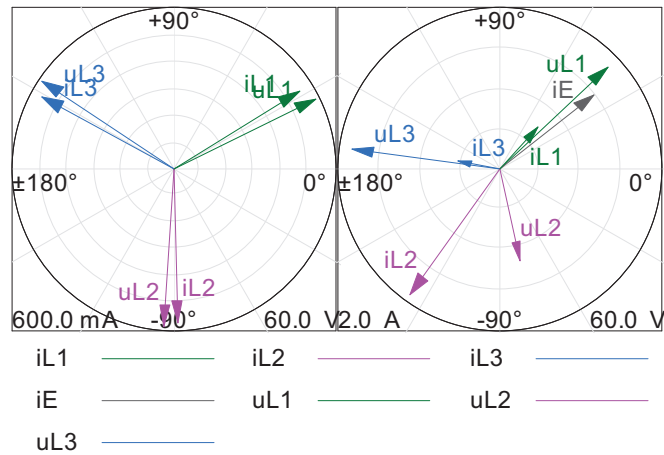
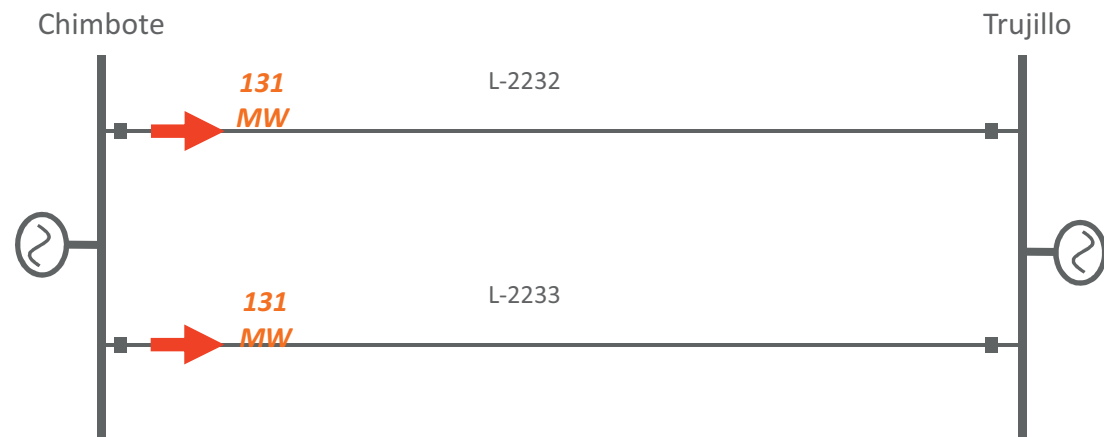


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Recierre no exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

Condiciones previas

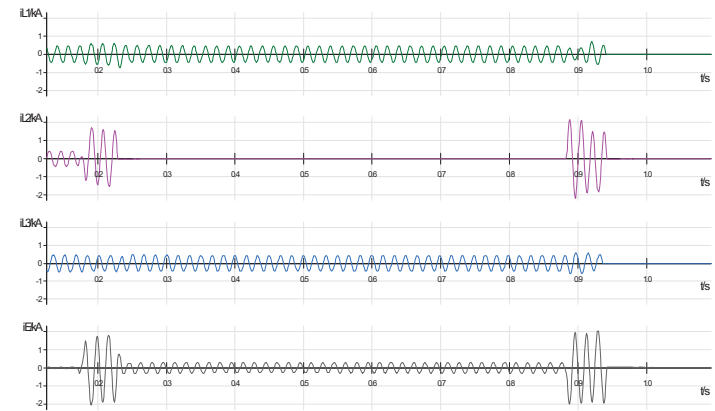
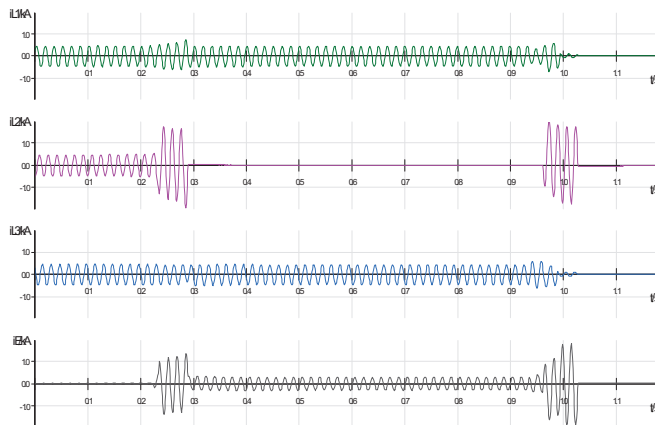
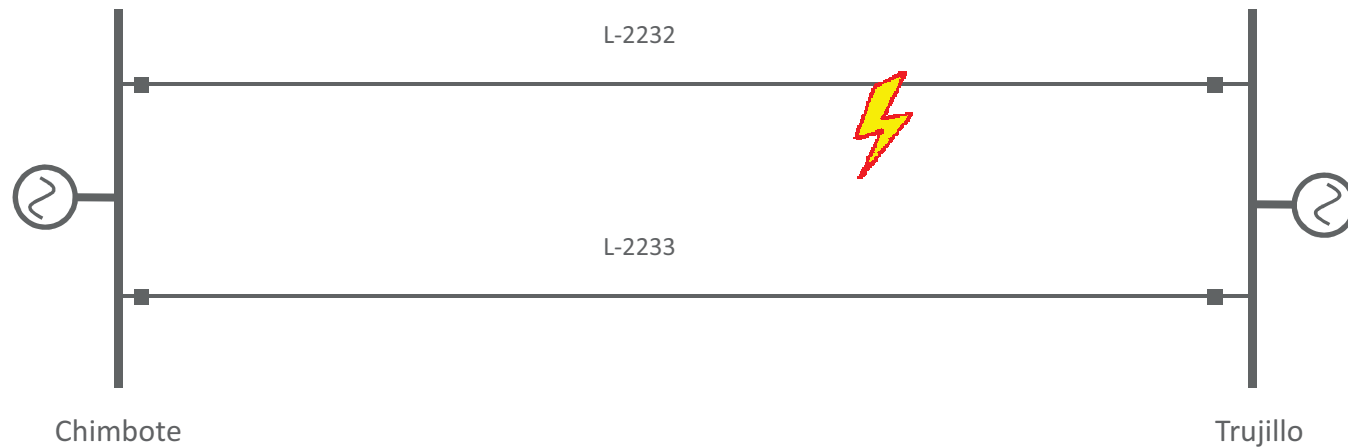
Measuring Signal	Value	Phase
iL1	335 A	116.3°
iL2	0.34 kA	-3.5°
iL3	337 A	-123.6°
iE	0.0040 kA	153.2°
uL1	130 kV	111.5°
uL2	129 kV	-8.9°
uL3	129 kV	-128.3°
uSYN2	8.36 V	34.3°
p*	131 MW	
Q*	11.3 MVar	



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Recierre no exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

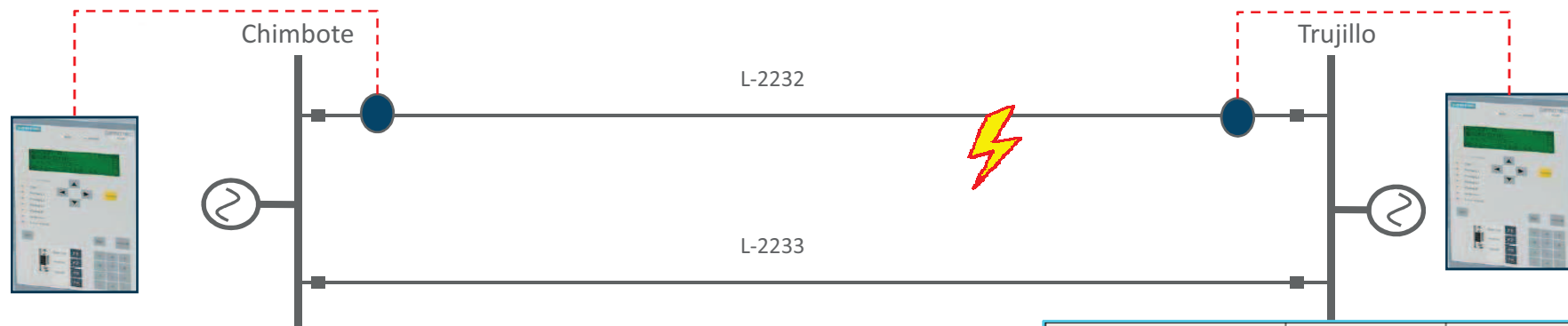
Registro de oscilografías



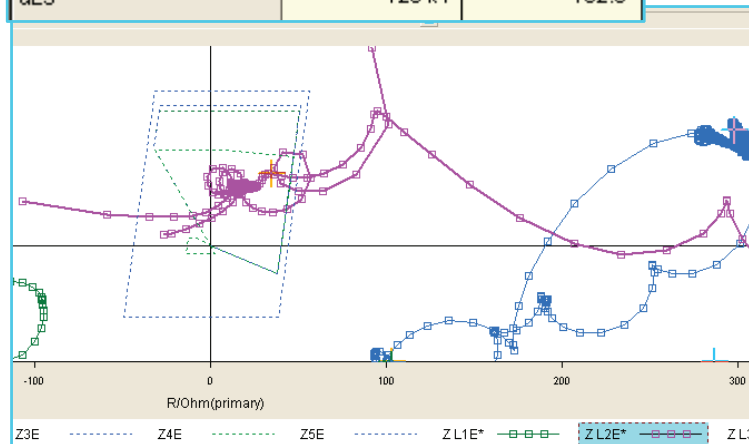
Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Recierre no exitoso de la Línea L-2232 Trujillo – Chimbote

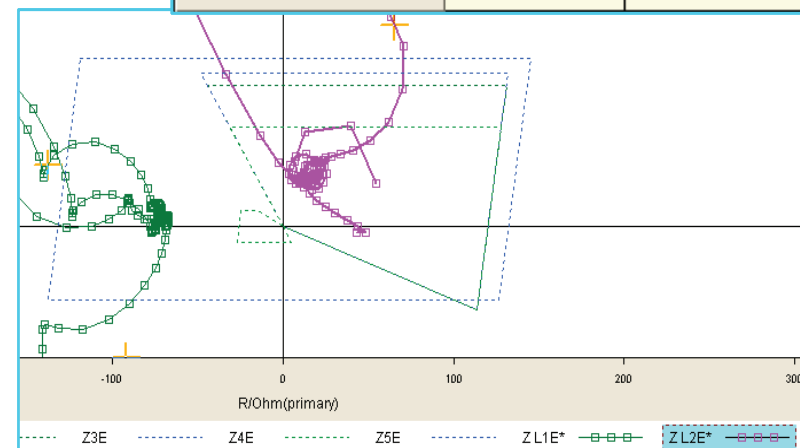
Diagrama de impedancia durante la falla



Measuring Signal	Value	Phase
iL1	417 A	134.0°
iL2	1.18 kA	-37.3°
iL3	308 A	-106.1°
iE	0.90 kA	128.3°
uL1	124 kV	129.6°
uL2	80.0 kV	8.3°
uL3	125 kV	-102.3°



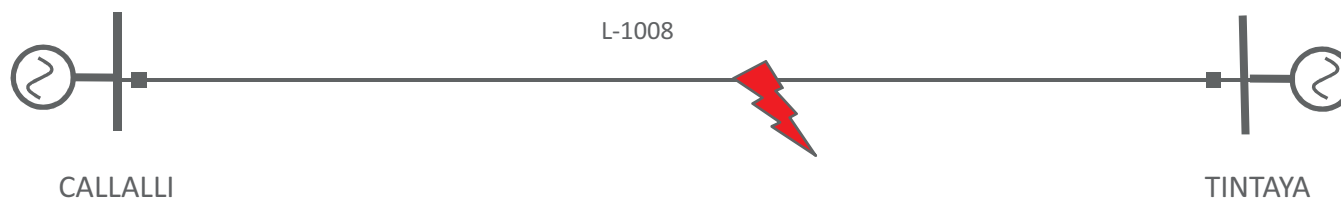
Measuring Signal	Value	Phase
iL1	411 A	-71.5°
iL2	1.13 kA	-87.5°
iL3	311 A	45.7°
iE	1.36 kA	107.2°
uL1	123 kV	101.7°
uL2	75.6 kV	-26.6°
uL3	118 kV	-128.9°



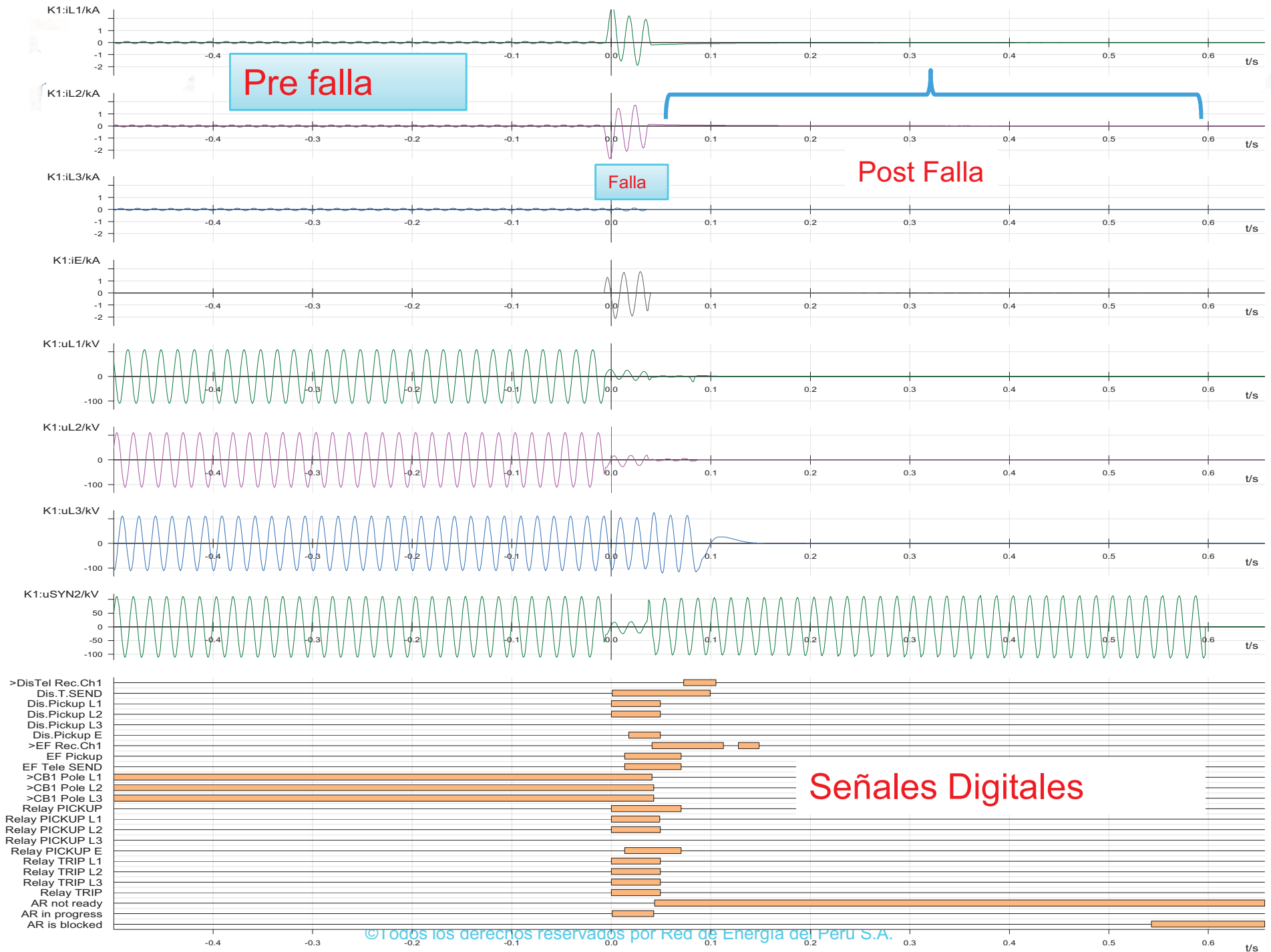
Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión de la Línea L-1008 Tintaya – Callalli falla bifásica

Descripción del evento



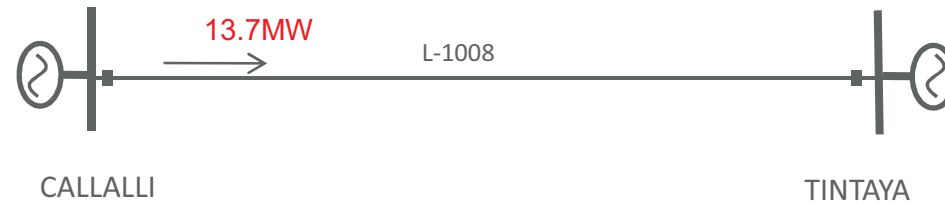
EVENTO:	Desconexión de la línea L-1008 (Callalli – Tintaya) de 138 kV. debido a falla bifásica RS a tierra
DÍA:	Ocurrida el 19 de marzo de 2010 a las 06:22 p.m.
UBICACIÓN:	14.2 km de la SE. Callalli
CONSECUENCIA:	No hubo restricción de suministro. Las protecciones se desempeñaron correctamente.



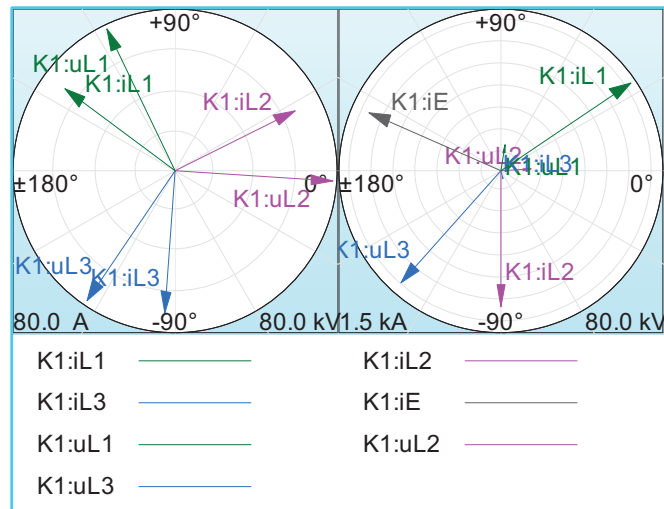
Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión de la Línea L-1008 Tintaya – Callalli falla bifásica

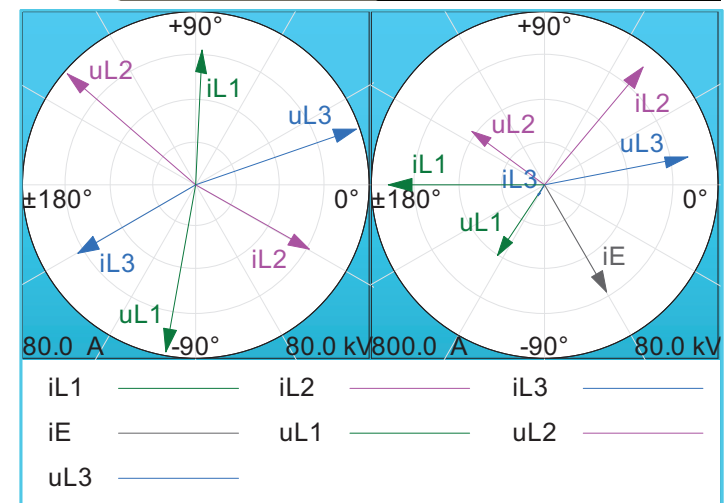
Condiciones previas



K1:iL2	0.065 kA	30.9°
K1:iL1	0.067 kA	147.7°
K1:iL3	69.0 A	-89.8°
K1:uL1	78.2 kV	120.3°
K1:uL2	78.6 kV	0.0°
K1:uL3	78.2 kV	-120.1°
K1:iE	0.0000 kA	-21.3°
K1:P*	13.7 MW	
K1:Q*	7.77 MVar	



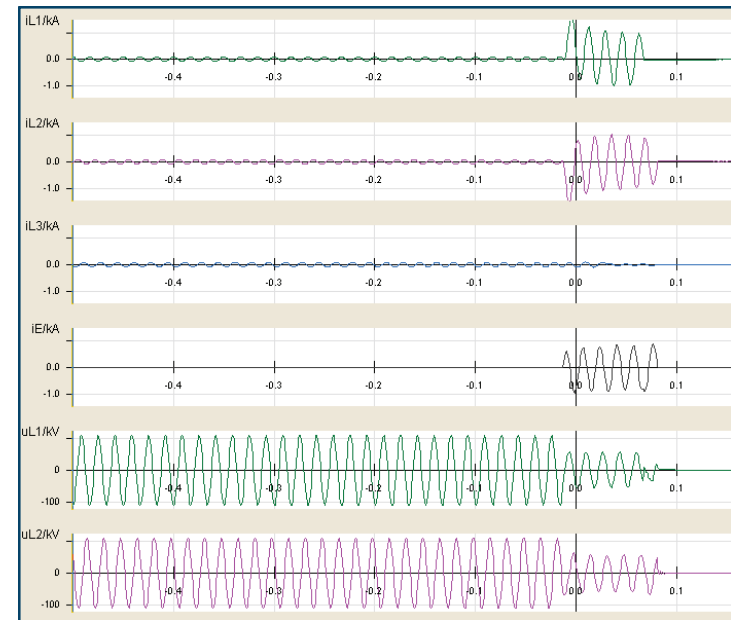
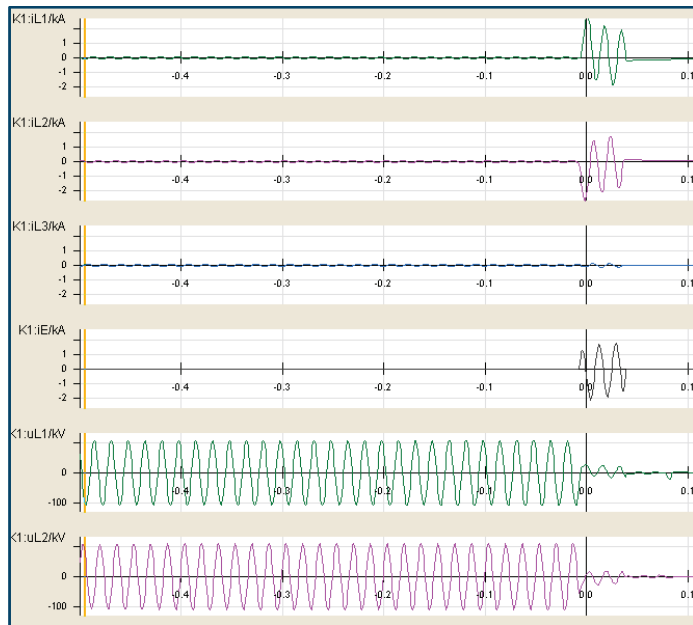
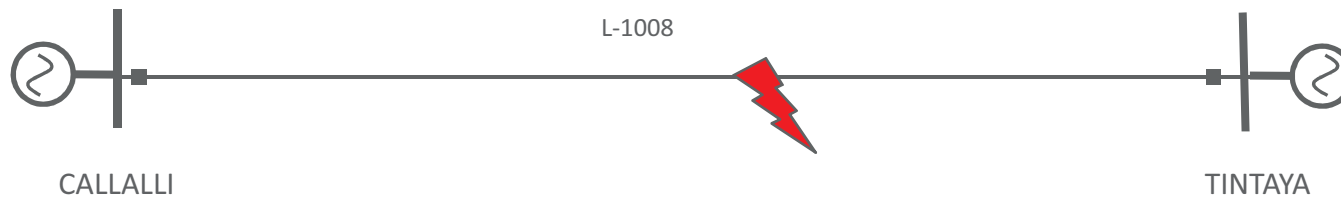
iL1	0.062 kA	-52.5°
iL2	0.060 kA	-169.1°
iL3	63.9 A	70.6°
iE	0.74 A	95.0°
uL1	78.8 kV	120.0°
uL2	79.5 kV	-0.2°
uL3	79.0 kV	-120.5°
P*	14.5 MW	
Q*	2.54 MVar	



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión de la Línea L-1008 Tintaya – Callalli falla bifásica

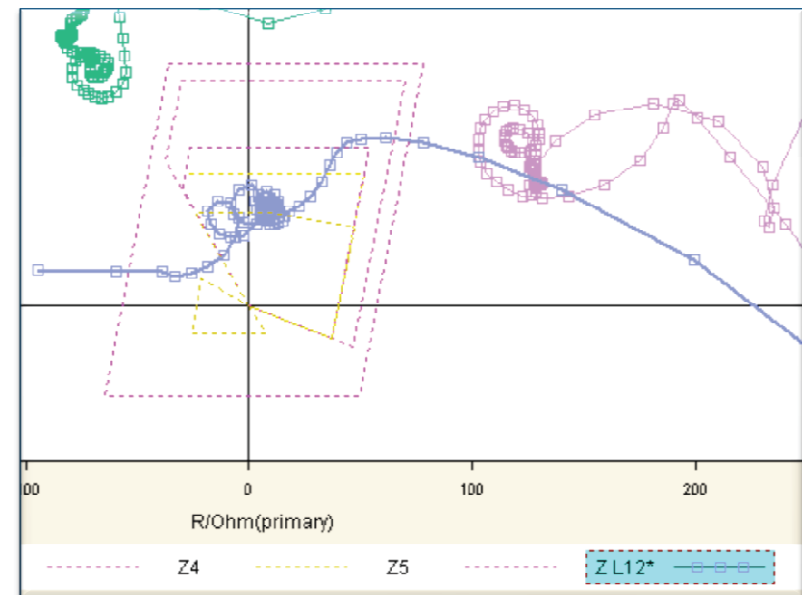
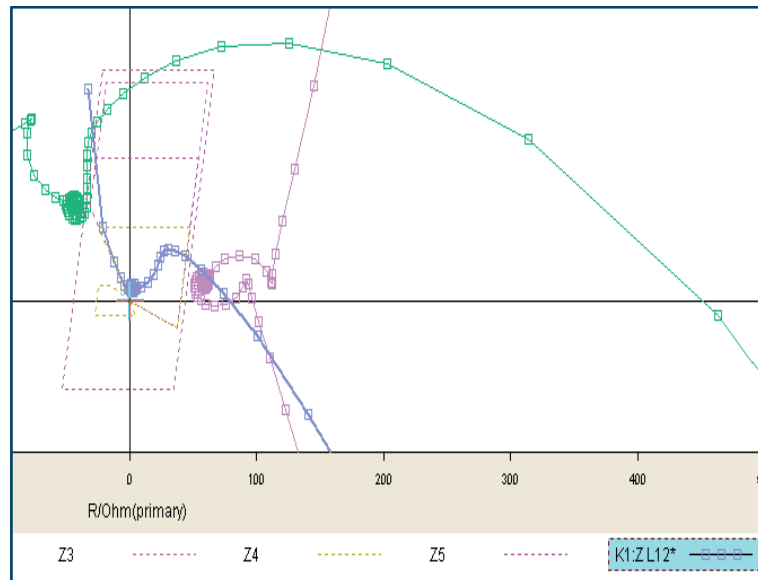
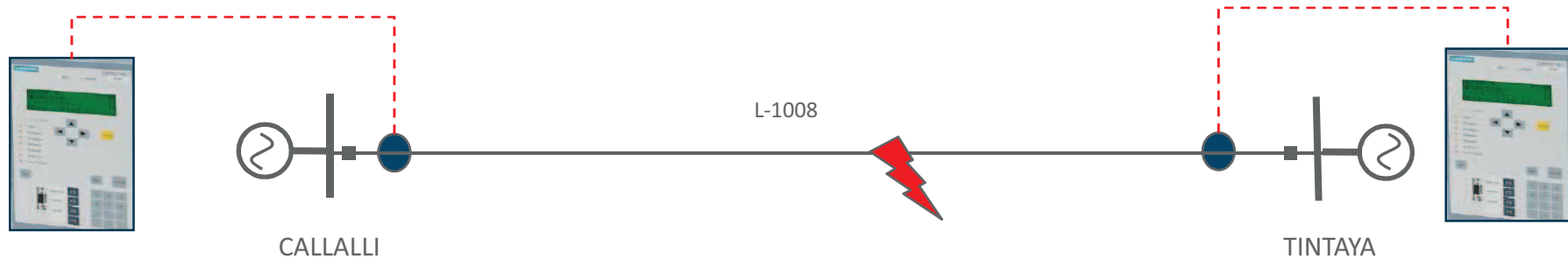
Registro de oscilografías



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión de la Línea L-1008 Tintaya – Callalli falla bifásica

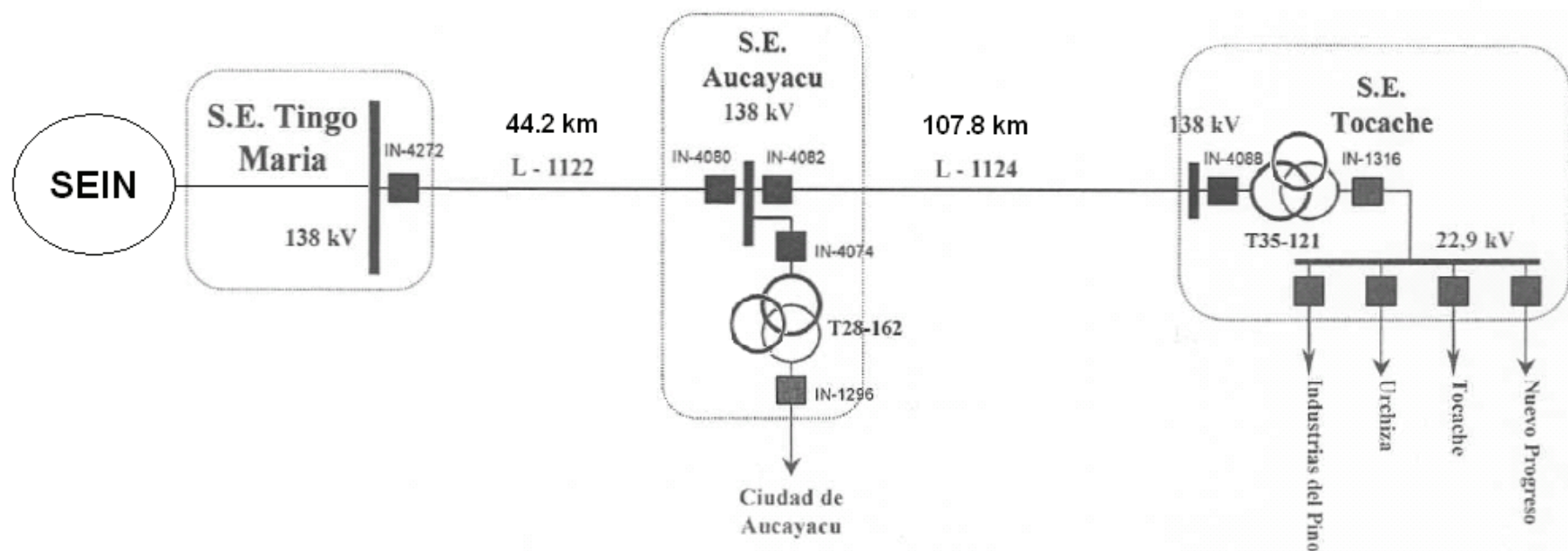
Diagrama de impedancia durante la falla



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Configuración del Sistema Tingo María – Aucayacu - Tocache



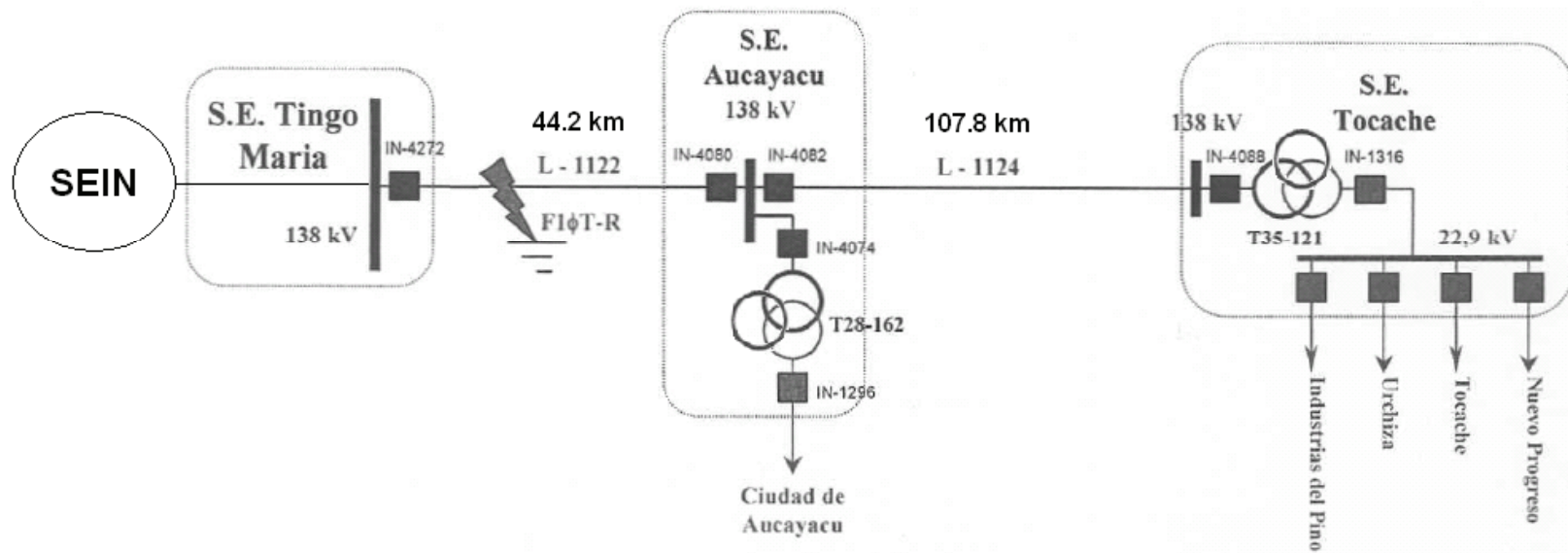
EVENTO:	Falla monofásica en la fase “R” de la línea L-1122 (Tingo María – Aucayacu)
DÍA:	9 de diciembre de 2008
HORA:	22:07:52 horas
UBICACIÓN:	29.9 km de la SE. Tingo María
CONSECUENCIA:	Desconexión de la línea L-1122 y transformador T28 de la SE. Aucayacu. Desconexión de la línea L-1124 (Aucayacu Tocache 138kV) . Interrupción del servicio de Aucayacu y Tocache

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Descripción del Evento

- Se produce una falla monofásica en la fase “R” de la línea L-1122. La misma se produjo debido a una pérdida de aislamiento en una cadena de aisladores debido a una descarga atmosférica a 29.9 km de la SE. Tingo María.



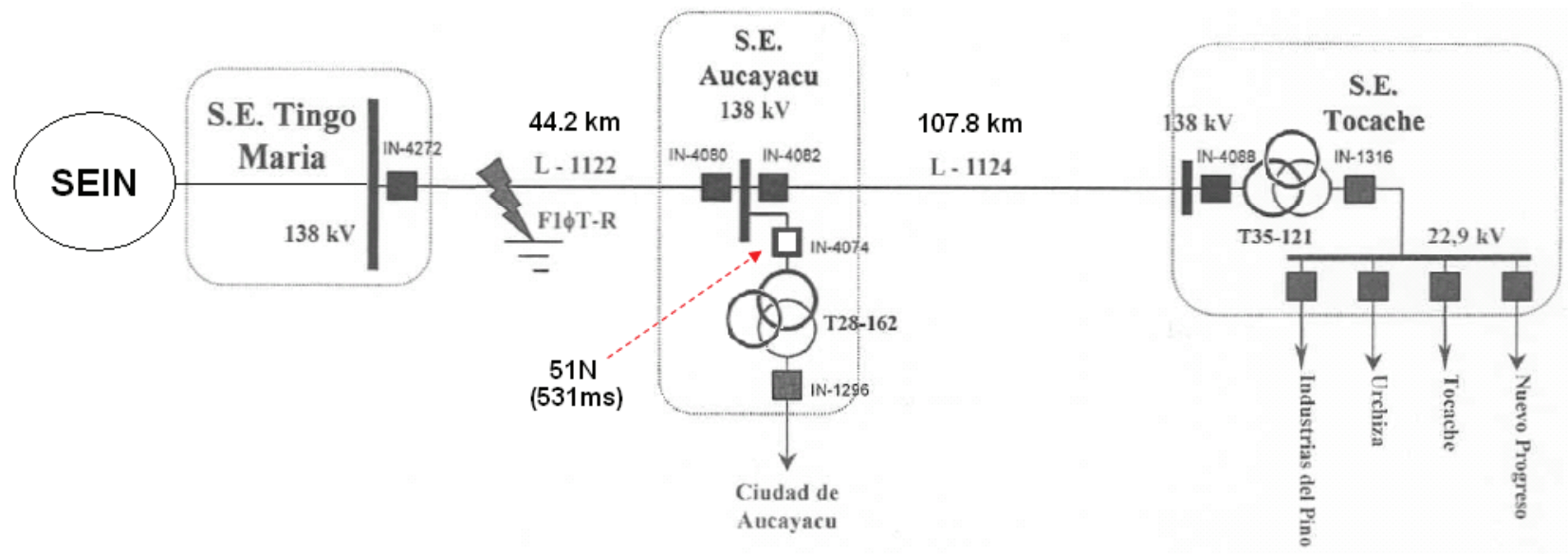
- Las cargas en Aucayacu y Tocache era de 1 MW y 2.2 MW respectivamente.
- La línea L-1122 es de 44.2 km y la L-1124 de 107.8 km .
- Sistema radial desde Tingo María hasta Tocache, con baja transferencia de carga.
- Potencia de cortocircuito en Tingo María 138kV igual a 2.3 kA.

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Descripción del Evento

- A los 531 ms desconecta el transformador T28-162 por actuación de su protección de sobrecorriente a tierra

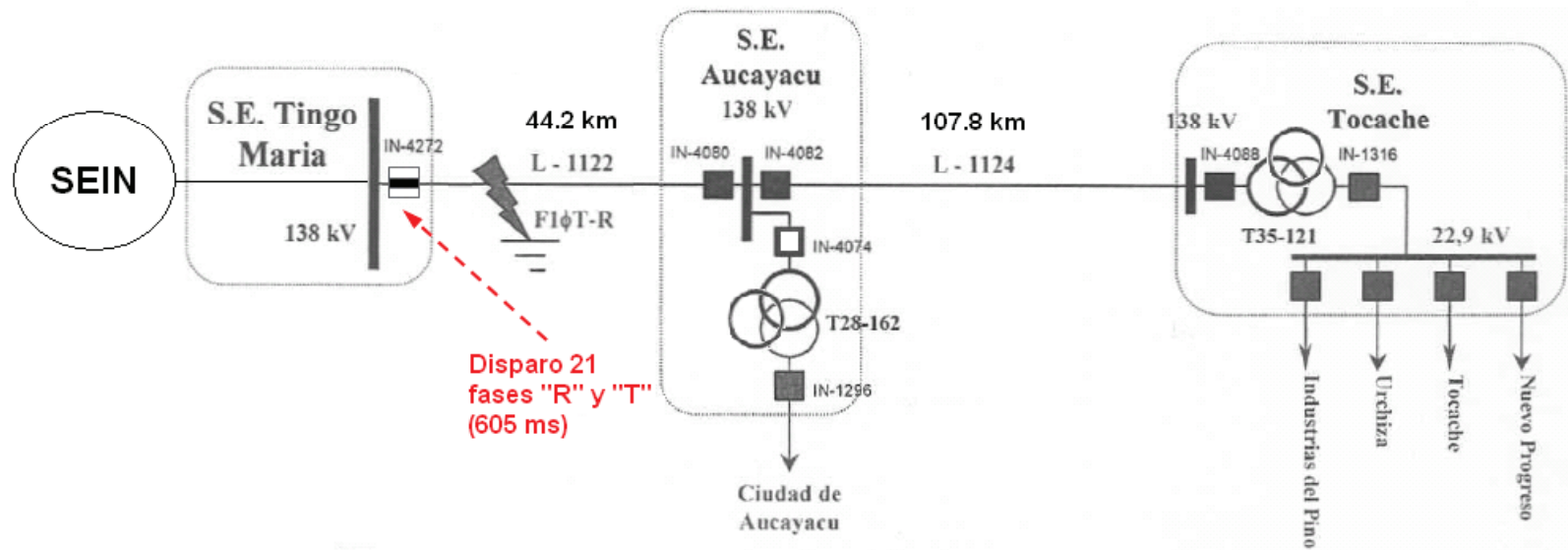


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Descripción del Evento

- ❑ A los 605 ms la protección 21 de la línea L-1122, en la SE. Tingo María ordena disparo trifásico del interruptor IN-2472 (aparentemente en tiempo de zona 2).
- ❑ Solo abrieron las fases "R" y "T".

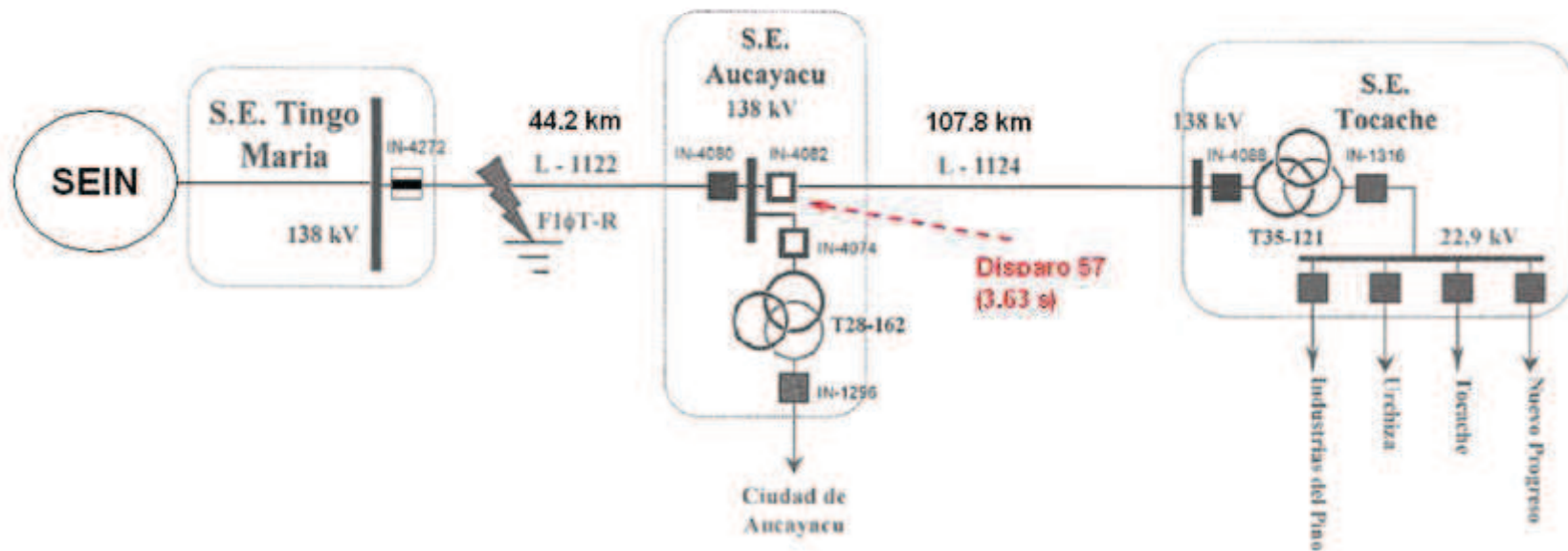


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Descripción del Evento

- ❑ A los 2.42 s al continuar la fase “S” del interruptor IN-4272 cerrada actúa la protección de discordancia de polos ordenando disparo trifásico, sin embargo el interruptor continuó cerrado.
- ❑ A los 3.63 s se produjo la desconexión de la línea L-1124 por actuación de su protección de sobretensión



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Descripción del Evento

- ❑ Se interrumpió el servicio de las cargas alimentadas desde las subestaciones Aucayacu y Tocache.
- ❑ El interruptor IN-4272 se cerró a las 22:10:57 reponiendo la línea L-1122 (3 minutos después de la falla) empezando la recuperación de los suministros interrumpidos de manera normal.
- ❑ La fase “S” del interruptor IN-4272 no abrió.

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Cuestiones Adicionales a tener en Cuenta para el Análisis

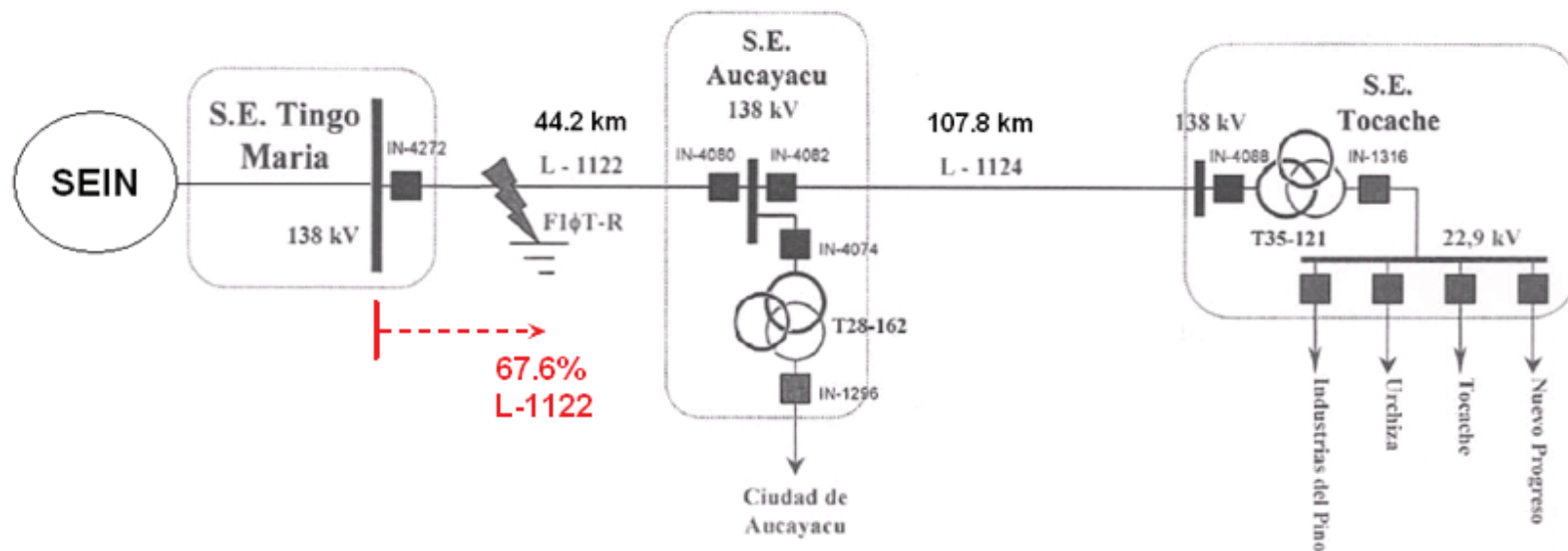
- ❑ La línea L-1122 en la SE. Tocache no contaba en la fecha de la falla con protección alguna por lo que el interruptor IN-4080 siempre queda cerrado para eventos de falla en la línea. Esto porque el sistema Tingo María – Aucayacu – Tocache era totalmente radial.
- ❑ La protección de la línea L-1122 en la SE. Tingo María no contaba con esquema de recierre (sistema radial).
- ❑ La protección de la línea L-1122 constaba con un solo relé de distancia (7SA511)

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- La falla ocurre a 22.9 km de la SE. Tingo María, esta falla se encuentra al 67.6% de la línea, por lo que se encuentra dentro de la zona 1 de la protección de distancia (ajustada generalmente al 85% de la línea), debiendo actuar en tiempo instantáneo.

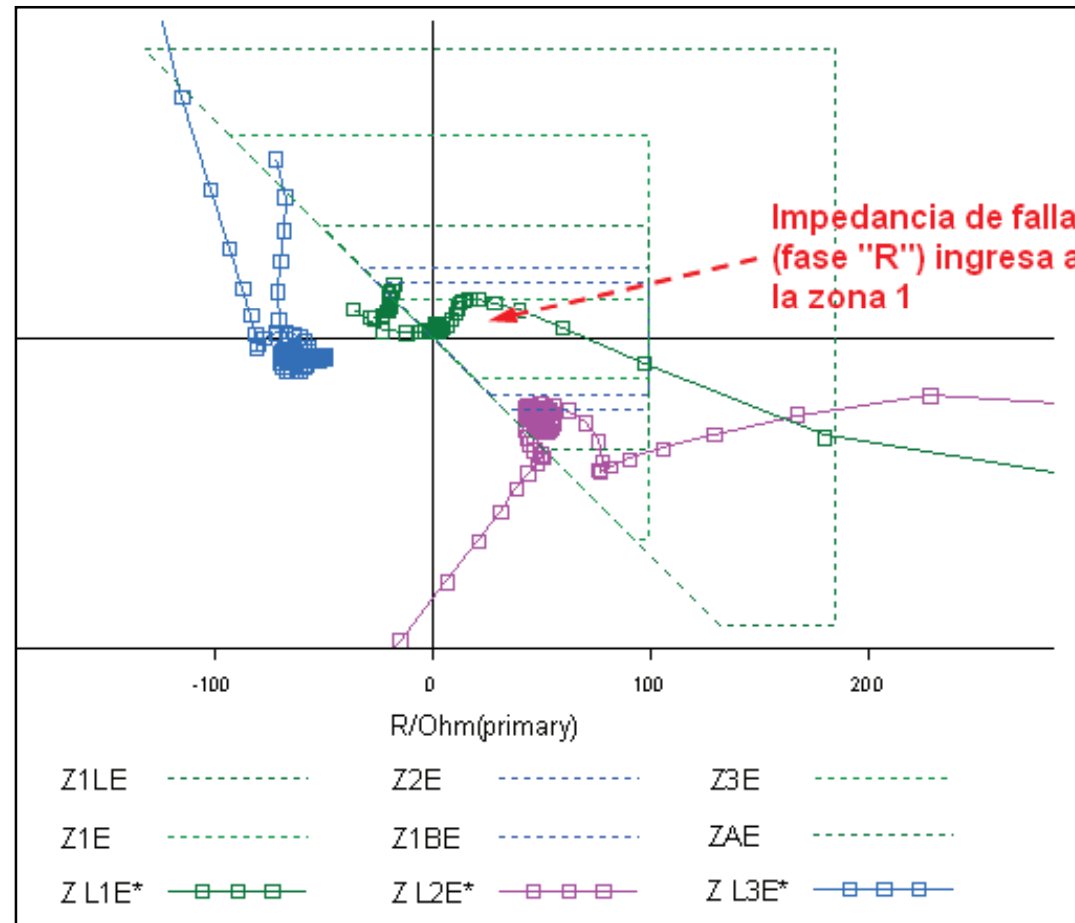


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- Del diagrama de impedancia del relé observamos que la falla ingresa a la zona 1, sin embargo la protección dispara recién a los 605 ms. de ocurrido el evento.



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

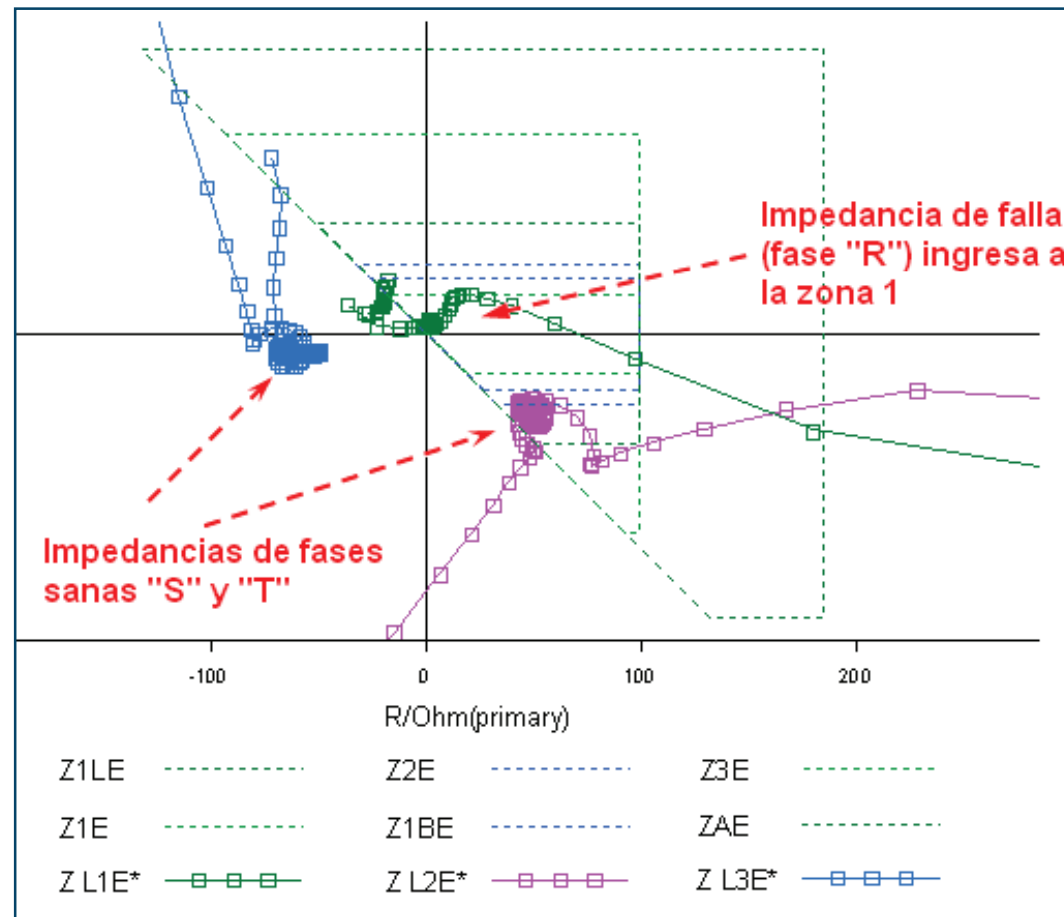
- ☐ Se pueden formular las siguientes preguntas:
 - ☐ ¿Porqué el relé no actuó de forma instantánea si la impedancia de falla se encuentra en la zona 1?
 - ☐ ¿Acaso el relé actuó en zona 2?
 - ☐ ¿Actuó mal el relé?
- ☐ Se debe ahondar en el análisis para responder estas preguntas.

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

➤ Del mismo diagrama anterior, se observa que la impedancia de las fases sanas se encuentran cercanas a las zonas de disparo de la protección de distancia.

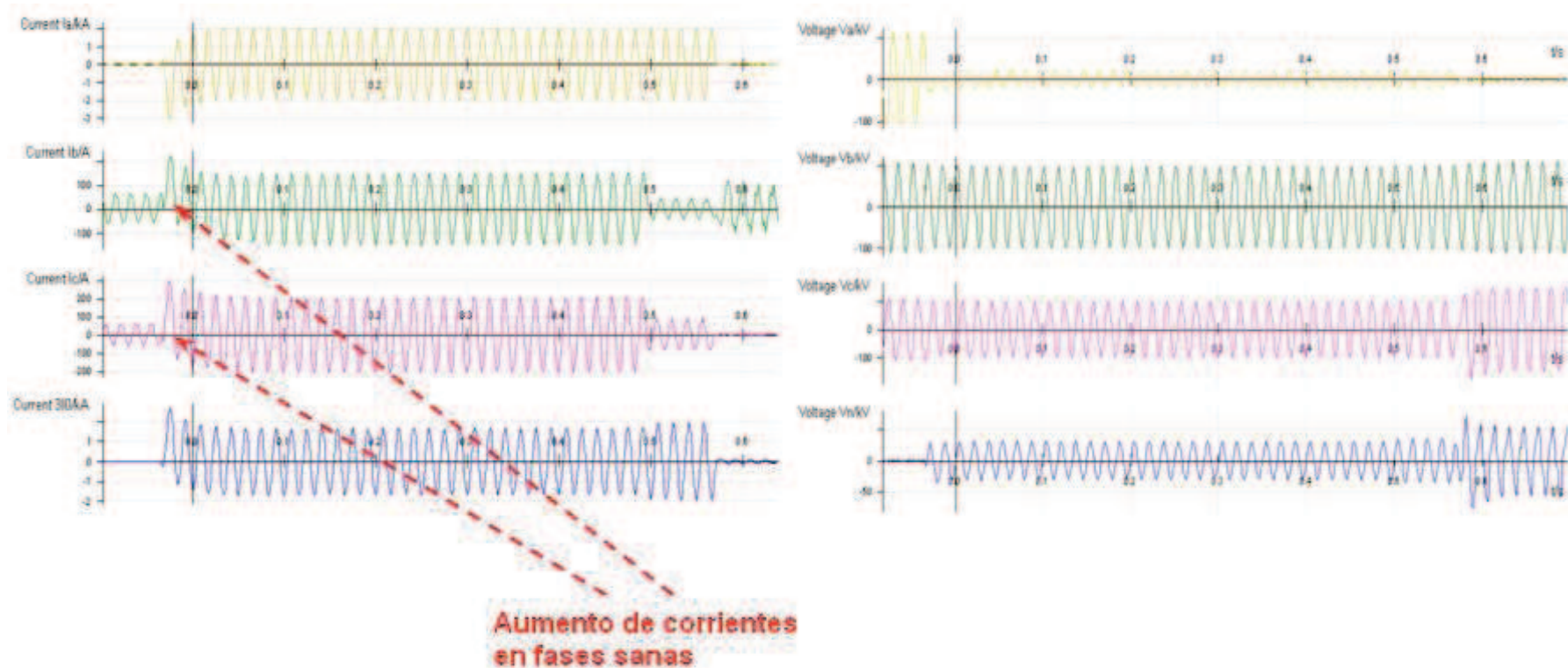


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- De la oscilografía de la protección 21, se observa un aumento de corrientes en las fases sanas "S" y "T" producto de la falla. No se observa mayor cambio en las tensiones.

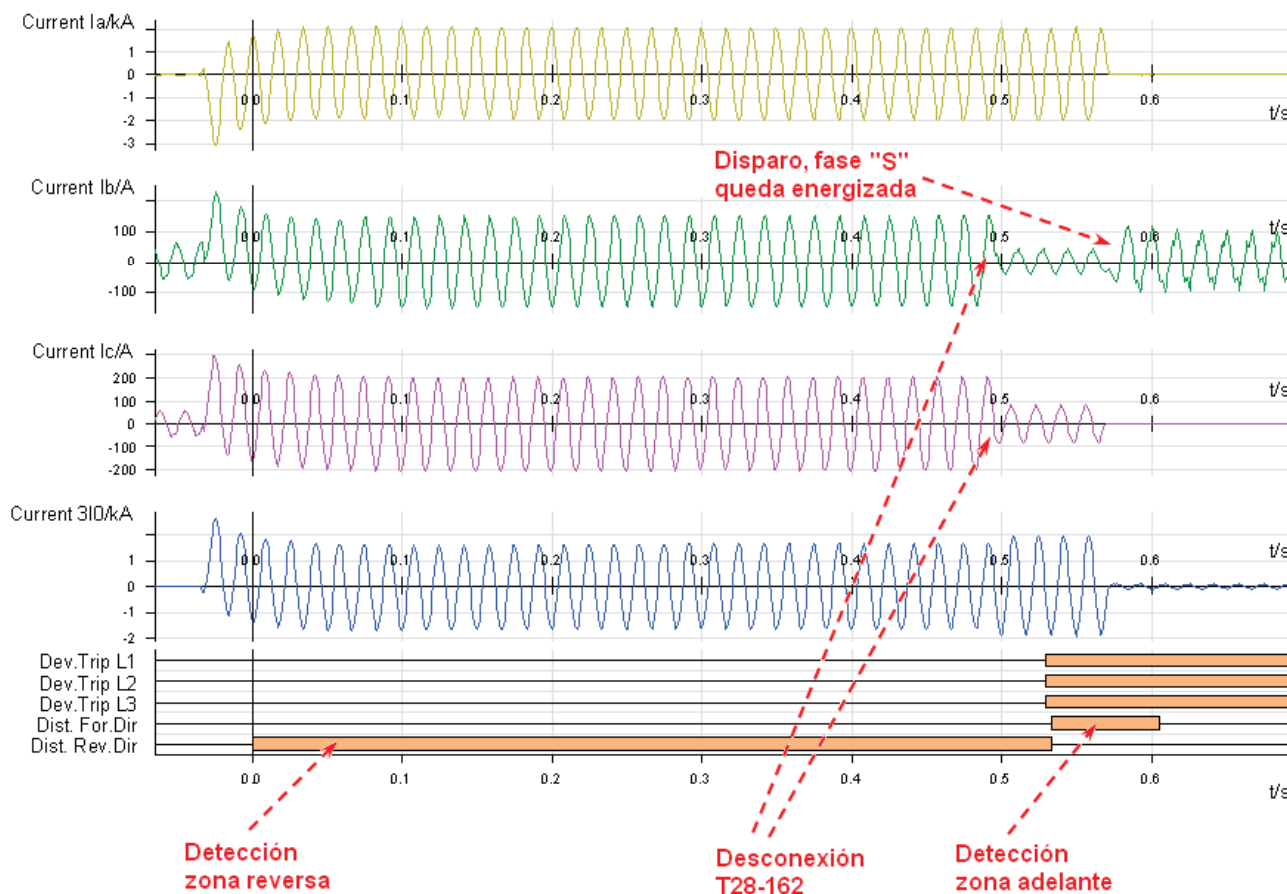


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- De las señales digitales de la protección 21, se observa que el relé inicialmente detecta la falla como reversa y luego de la desconexión del T28-162 recién la ve adelante.



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

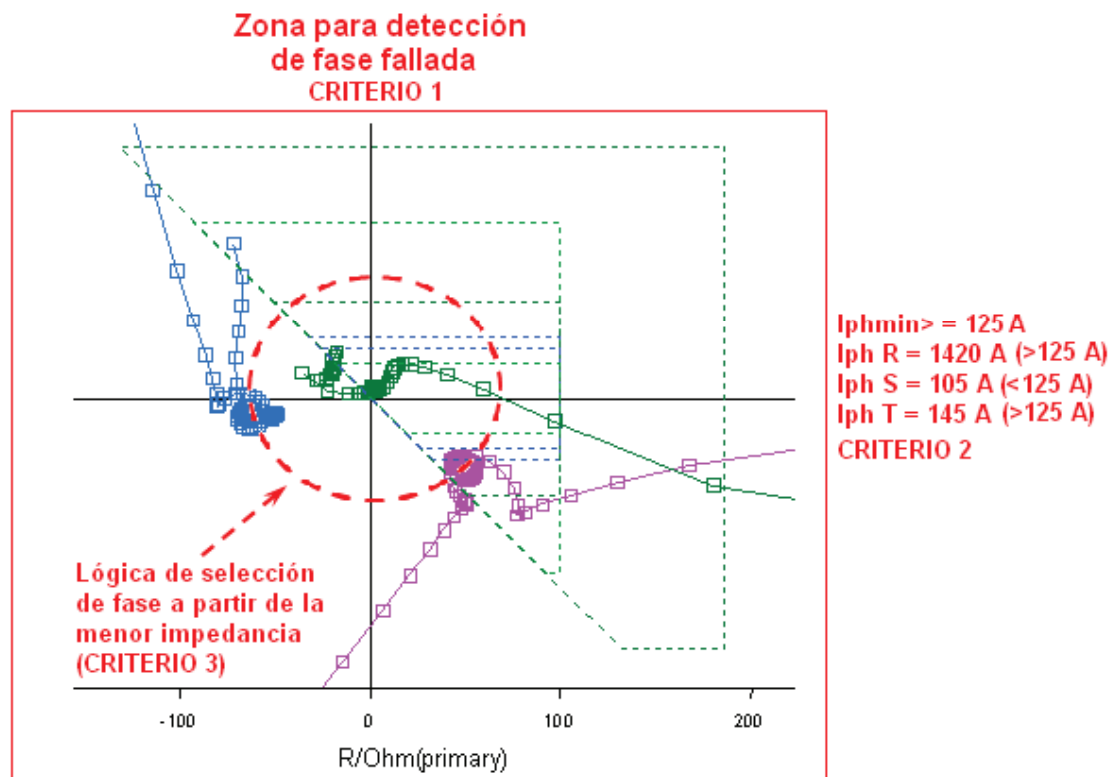
- ❑ De información recogida del manual del relé 7SA511 respecto a su criterio de selección de fase fallada se tienen tres condiciones necesarias para su operación:
 - ❑ La impedancia de la fase fallada debe encontrarse dentro de la zona ajustada en el relé para tal fin.
 - ❑ La corriente de las fases falladas debe superar un umbral de corriente I_{phmin} de ajuste mínimo para ser tomadas en cuenta.
 - ❑ Si existiera más de un lazo en falla que cumpla con las dos condiciones anteriores, entonces el relé considera válidos únicamente aquellos cuya impedancia no sea mayor que el lazo que registre la menor impedancia.
- ❑ Para la falla analizada, se cumplieron las tres condiciones para las fases “R” (donde ocurrió la falla) y la “T”.

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- El relé detectó una falla "RTN", priorizando el lazo de la fase "T", por lo que la falla fue tomada en zona reversa (impedancia fase "T" ubicada hacia "atrás")



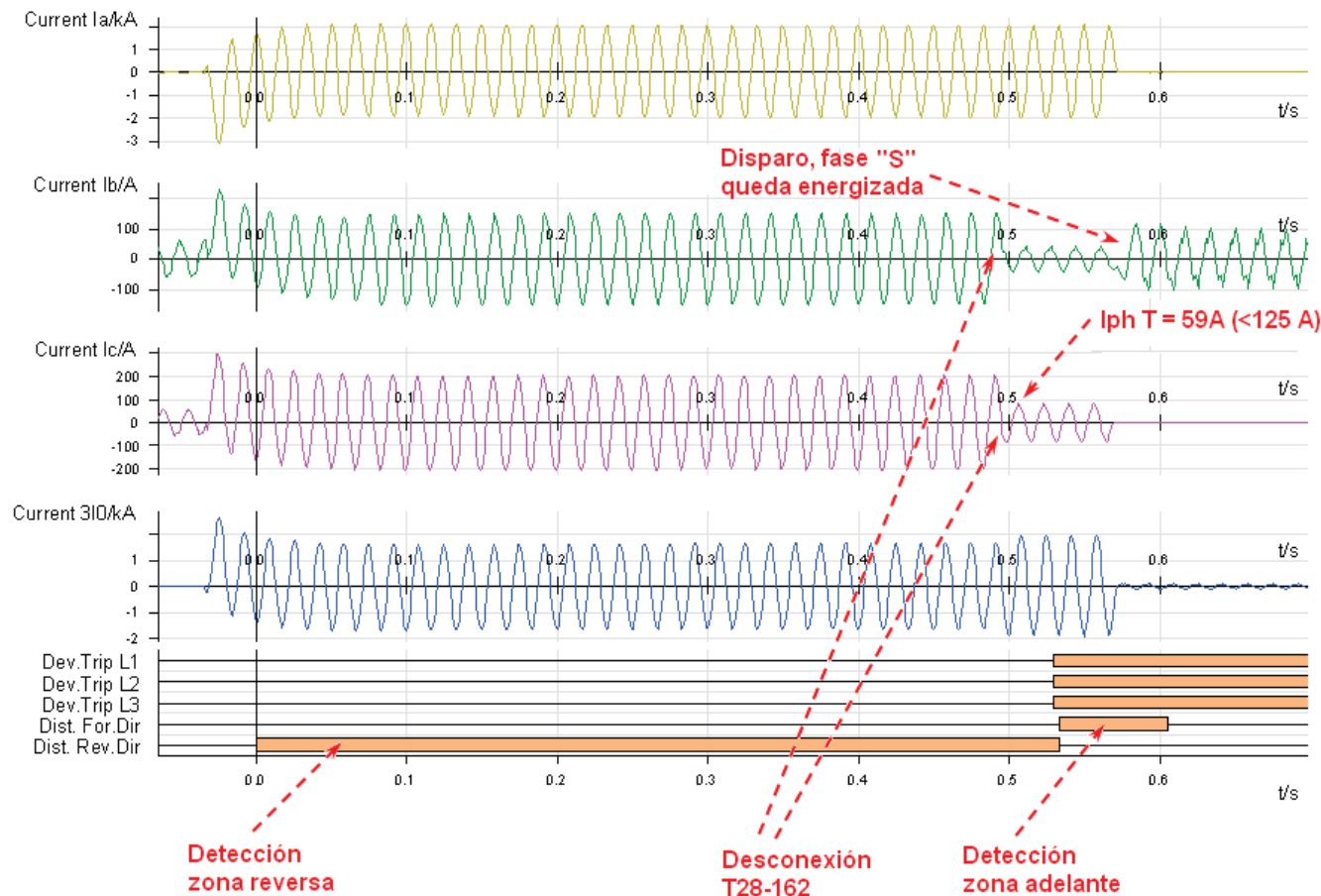
Z1LE	-----	Z2E	-----	Z3E	-----
Z1E	-----	Z1BE	-----	ZAE	-----
Z L1E*	—■—■—■—	Z L2E*	—■—■—■—	Z L3E*	—■—■—■—

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- A los 531 ms, la corriente por la fase "T" disminuyó a 59A por lo que a partir de ese instante el relé ve la falla hacia adelante ordenando el disparo instantáneo por zona 1.

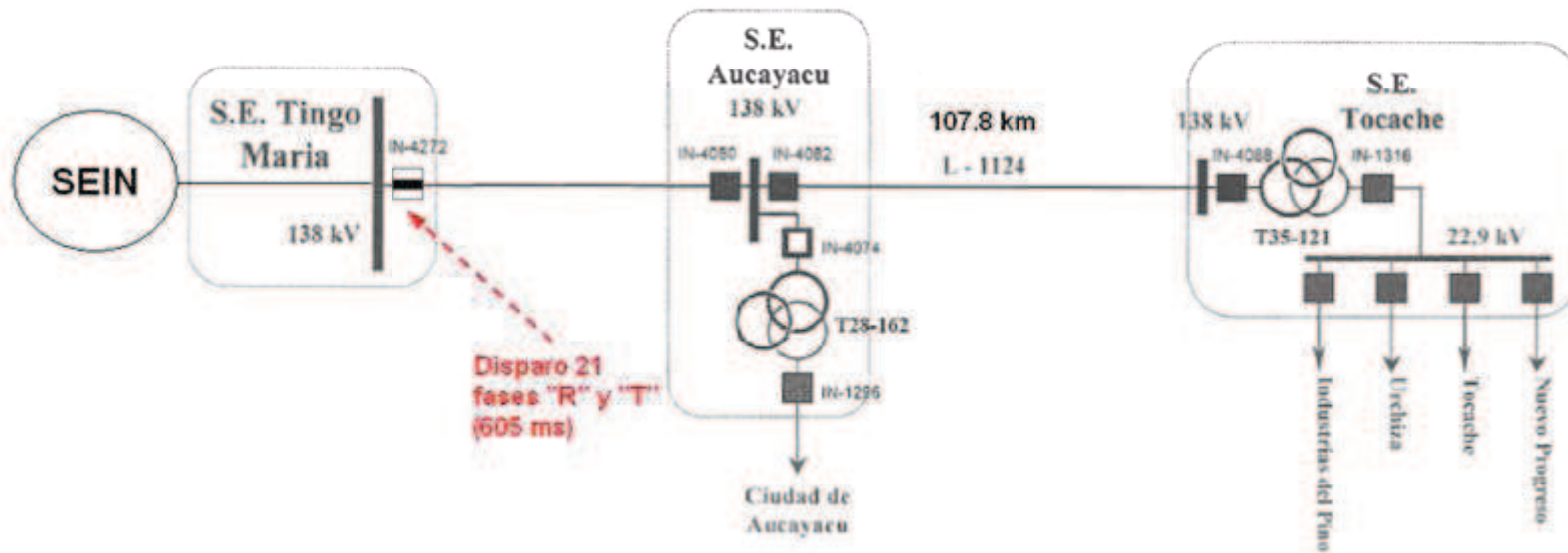


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- A los 605 ms con la apertura de las fases “R” y “T” el sistema es liberado de la falla pero la línea queda energizada por la fase “S”, cuyo polo no aperturó por problemas mecánicos en el interruptor IN-4072.

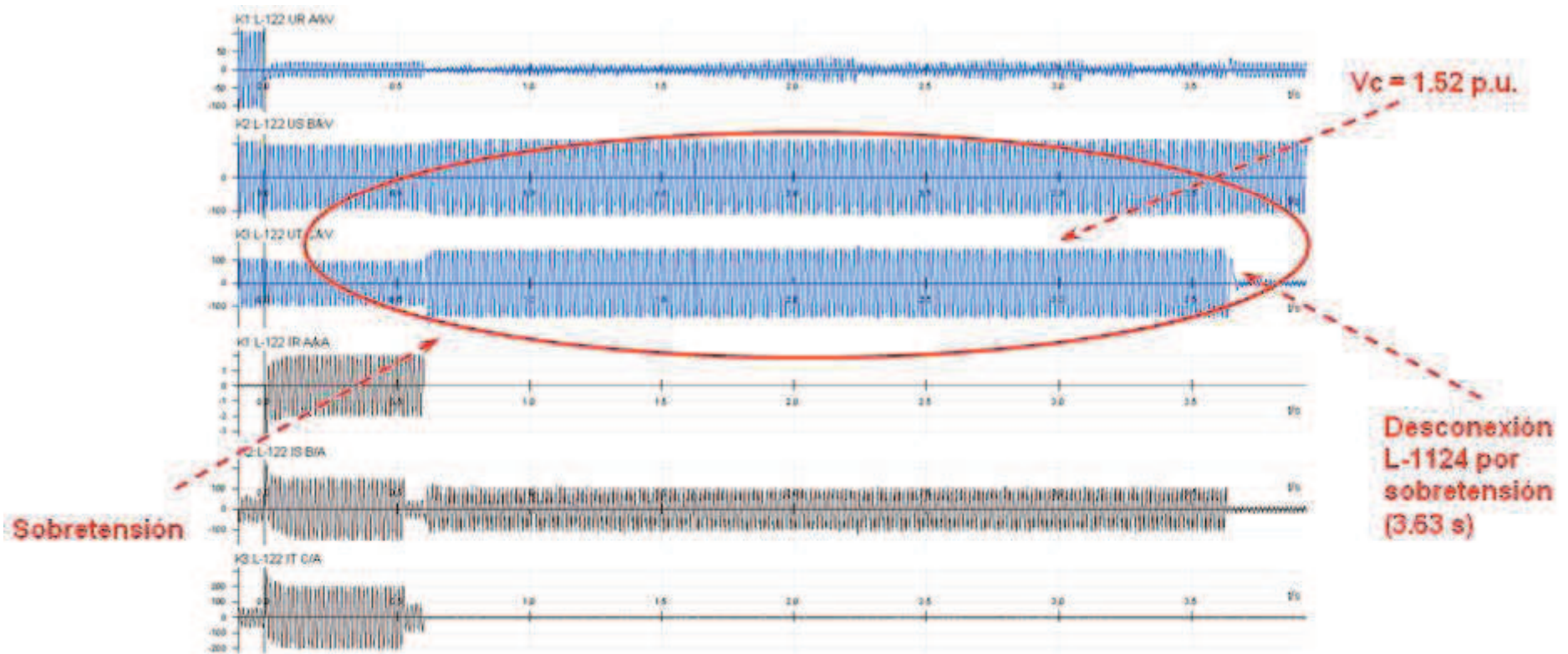


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- No se cuentan con más registros de la protección de distancia de la línea L-1122. Sin embargo se cuenta con un registrador de fallas instalado en la SE. Tingo María el cual permite registros mayores de tiempo.



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

Análisis de la Falla: Reconstrucción del Evento

- ❑ Las sobretensiones registradas alcanzan valores de 1.52 p.u., valor que supera la tensión máxima de soportabilidad en régimen continuo de los pararrayos (generalmente este límite está entre 1.2 y 1.3 p.u. de la tensión nominal de operación).
- ❑ La obtención de estas oscilografías y su respectivo análisis fue posible gracias a la información recogida del registrador de fallas en la SE. Tingo María.

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Desconexión Línea L-1122 Tingo María - Aucayacu

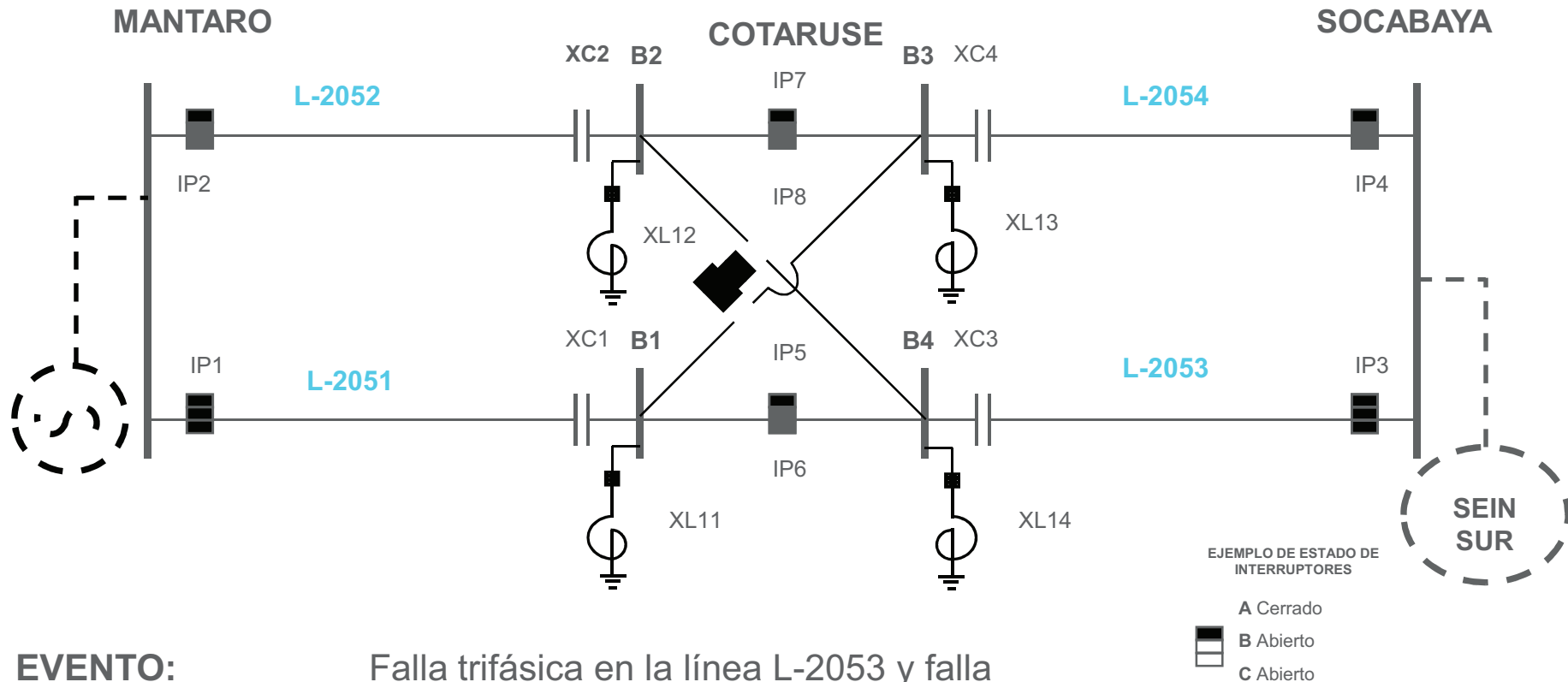
Análisis de la Falla: Acciones Correctivas

- ❑ Se efectuó la revisión del interruptor IN-4072 encontrándose un problema mecánico en los topes de accionamiento de la fase “S” (se encontraban rotos).
- ❑ Reducir el ajuste de corriente **I_{phmin}** en la protección 7SA511 para evitar que fallas de este tipo no sean detectadas en zona reversa y sean despejadas adecuadamente. Se ajustó en 95 A después de realizar varias simulaciones.
- ❑ En vista de lo anterior, se recomendó subir la temporización de la protección 51N del transformador T28-162 para evitar que fallas externas al mismo sean despejadas en tiempos menores a 700ms.
- ❑ Se recomendó medir las corrientes de fuga en los pararrayos de la línea L-1122 para detectar si estos equipos habían sido afectados luego de la sobretensión producto de la falla.

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Pérdida de la Interconexión Mantaro - Socabaya

Configuración Interconexión Mantaro - Socabaya



EVENTO: Falla trifásica en la línea L-2053 y falla monofásica en la línea L-2054

DÍA: 18 de marzo de 2007

HORA: 13:54:57 horas

UBICACIÓN: 187.2 km de SE Socabaya

CONSECUENCIA: Pérdida de la interconexión Mantaro-Socabava



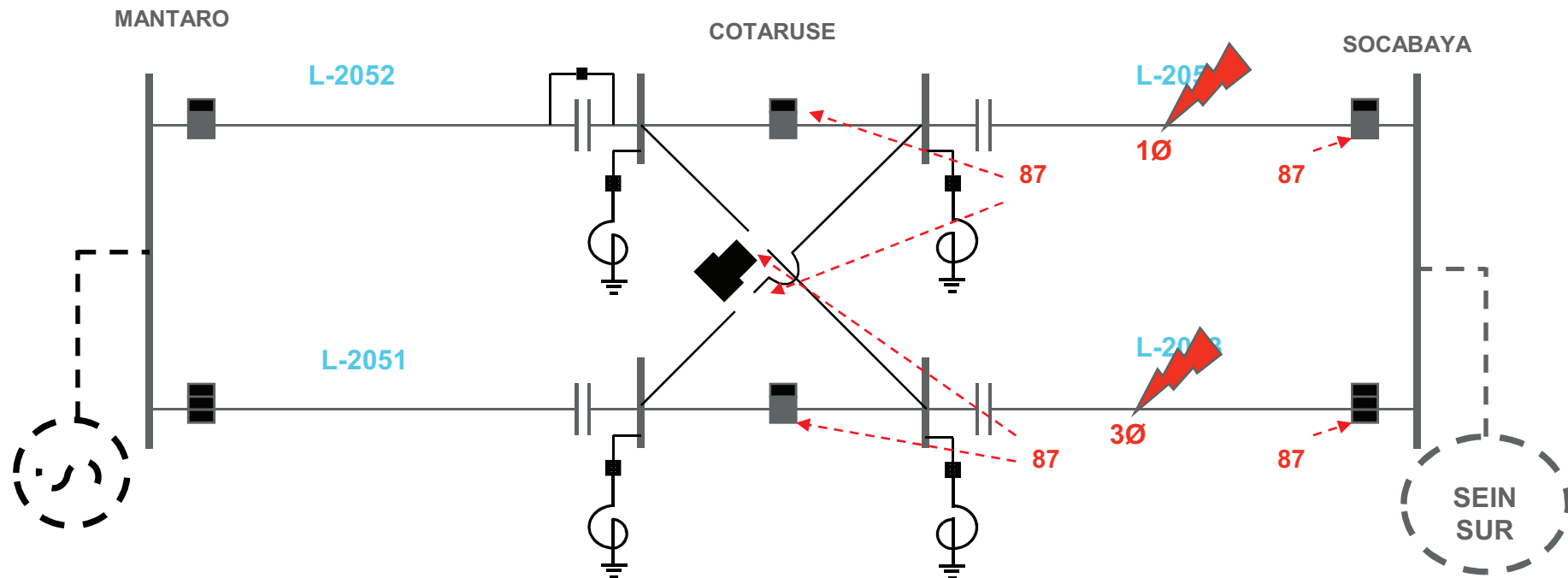
- ❑ Líneas L-2051, L-2052, L-2053 y L-2054 en servicio.
- ❑ Reactores XL11, XL12, XL13 y XL14 en servicio.
- ❑ Banco compensador XC2 fuera de servicio.
- ❑ Banco compensador XC1, XC3 y XC4 en servicio.
- ❑ Autotransformador T1 y T2 en servicio.
- ❑ Se transmitía 244,0MW de Cotaruse a Socabaya.

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Pérdida de la Interconexión Mantaro - Socabaya

Configuración en Proceso de Falla

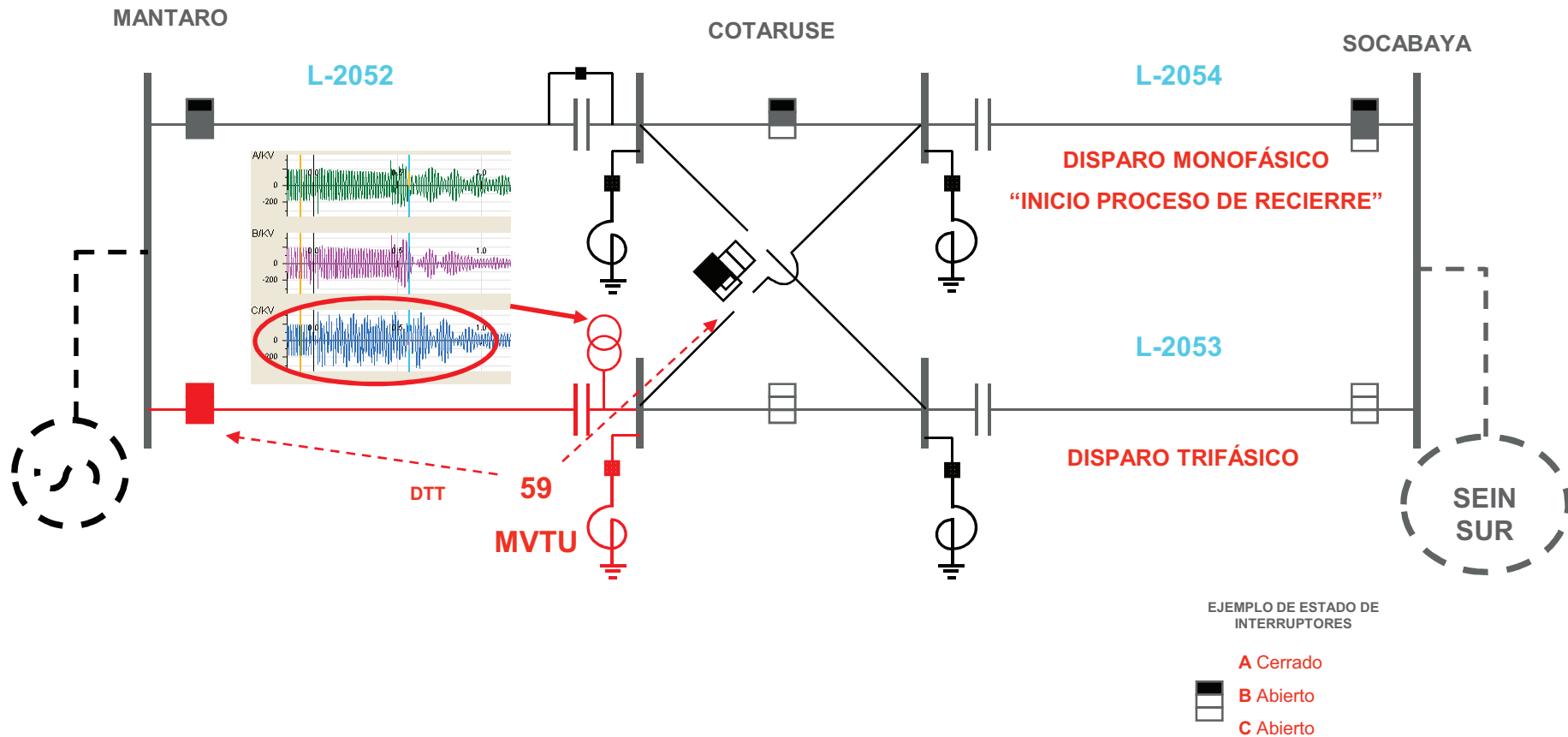
CONFIGURACIÓN EN PROCESO DE FALLA



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Pérdida de la Interconexión Mantaro - Socabaya

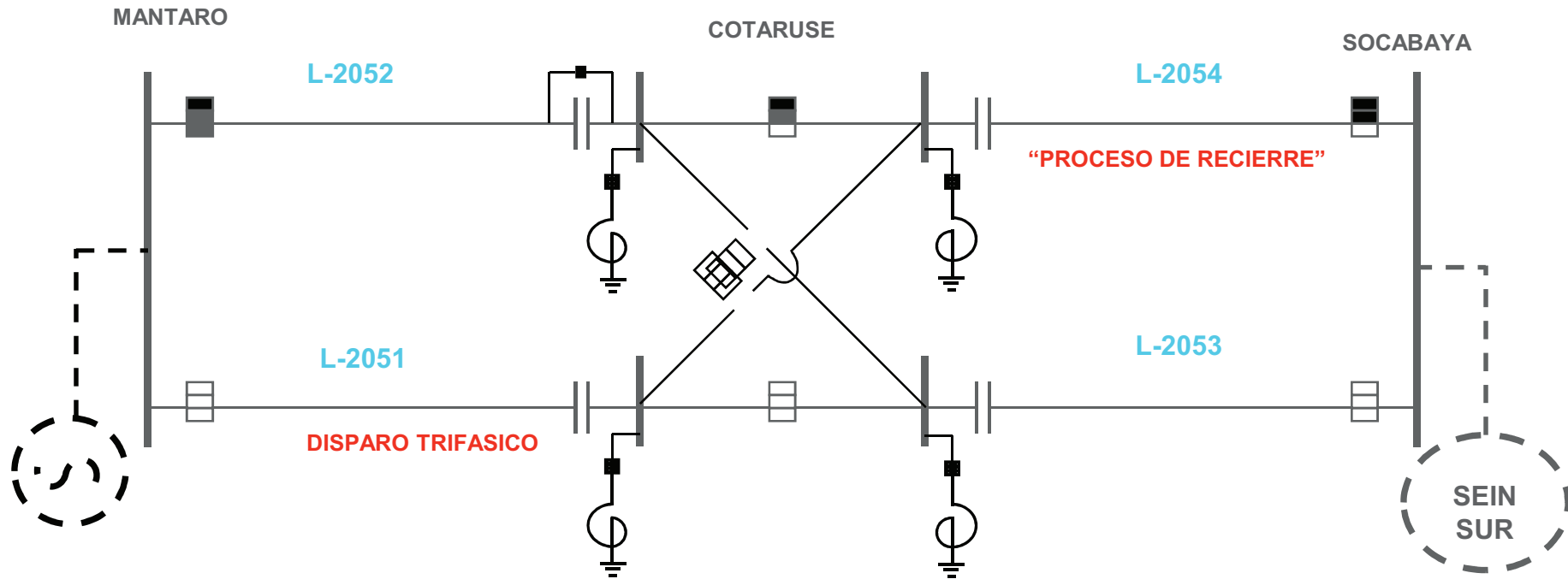
Configuración en Proceso de Falla

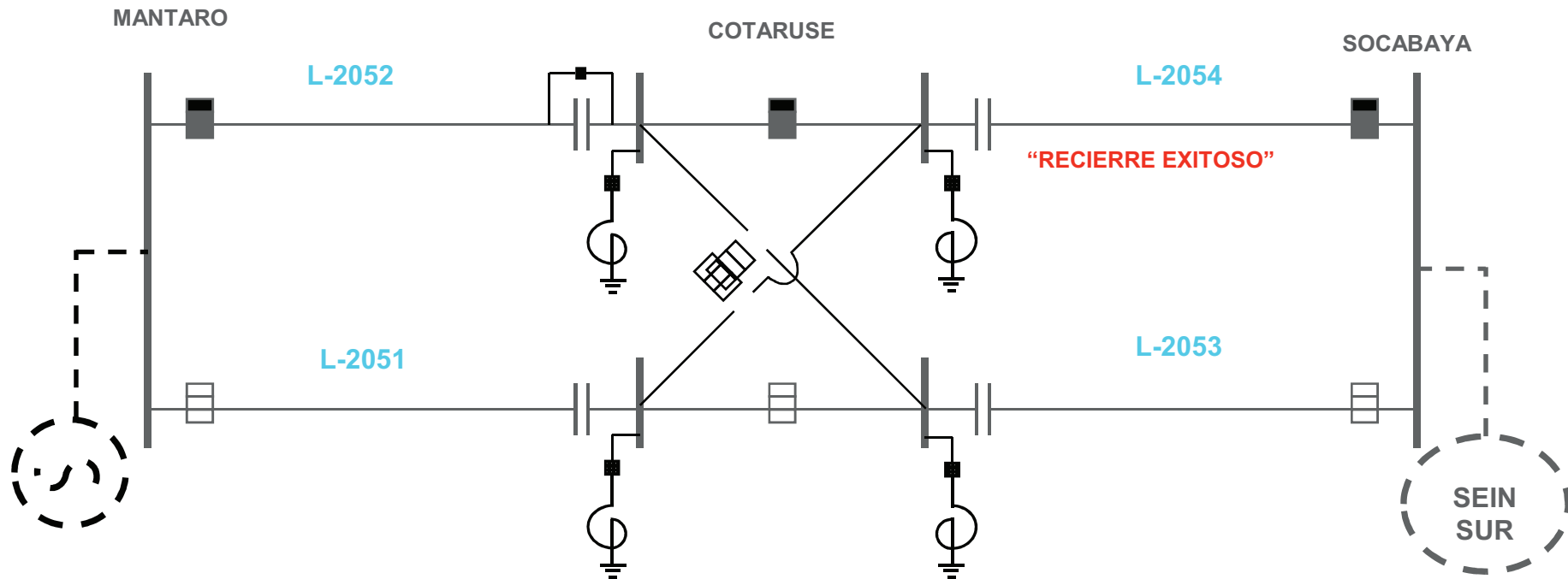


Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Pérdida de la Interconexión Mantaro - Socabaya

Configuración en Proceso de Falla

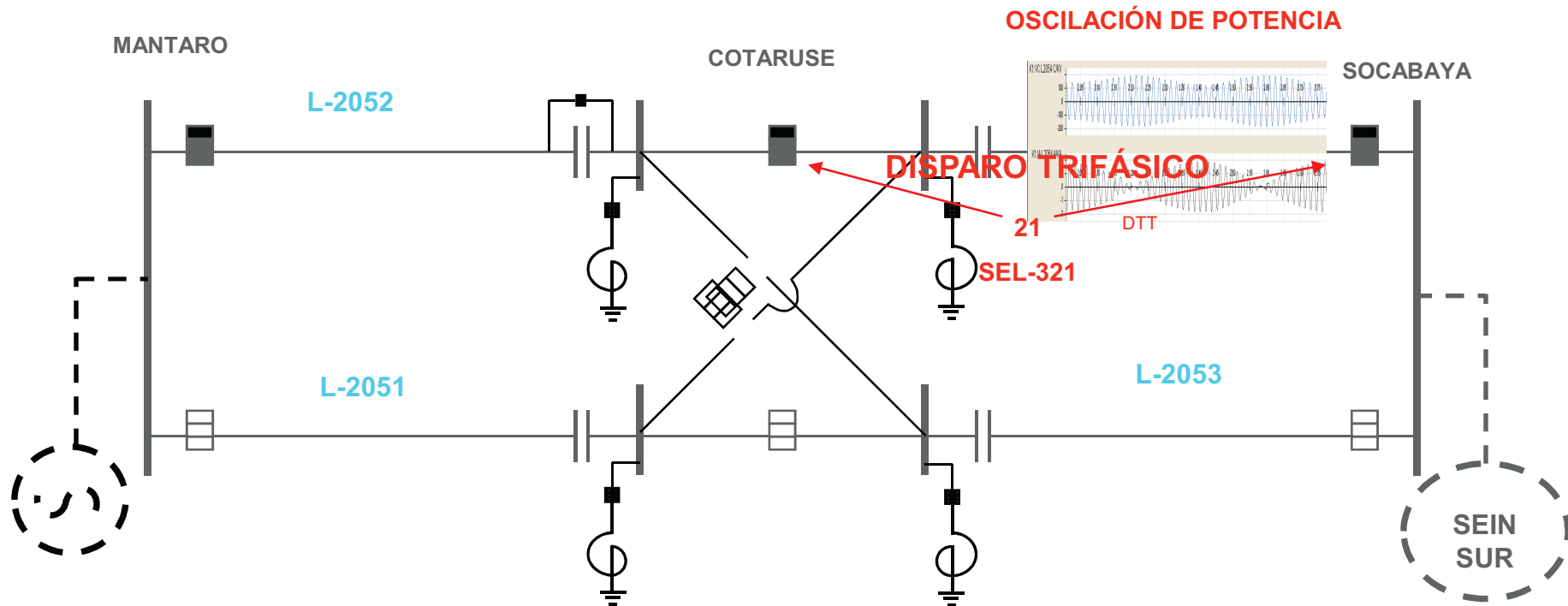




Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Pérdida de la Interconexión Mantaro - Socabaya

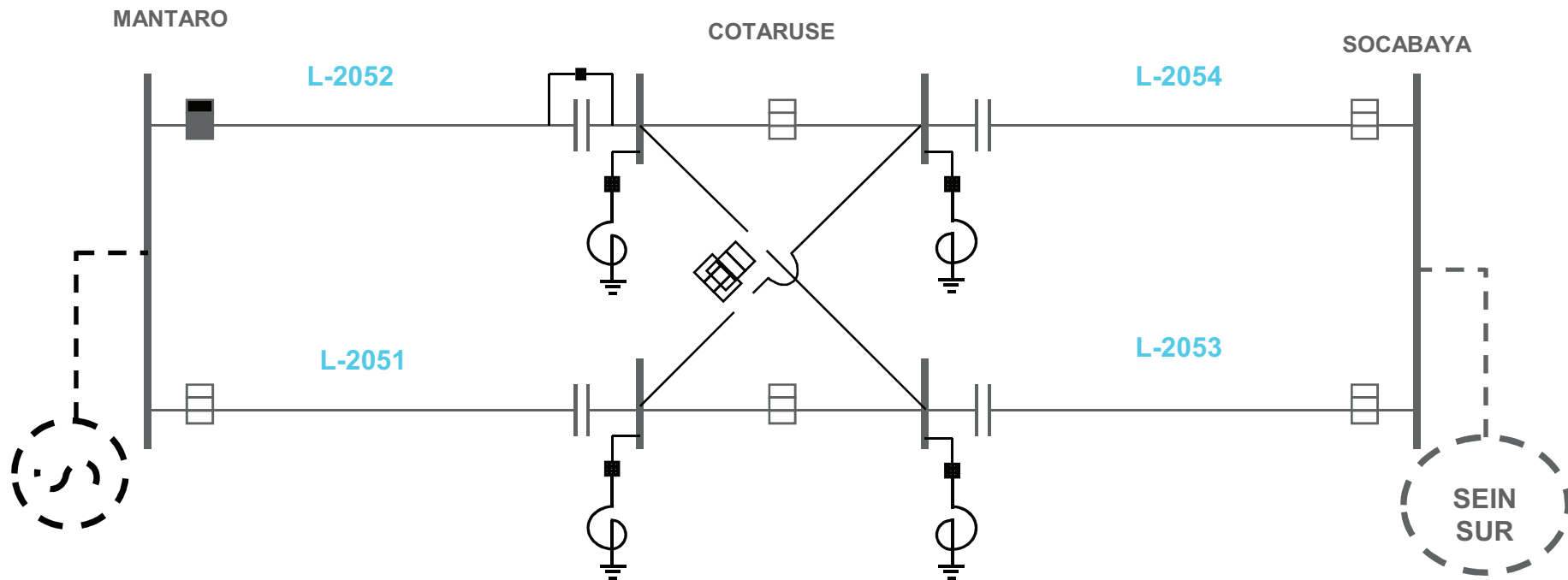
Configuración en Proceso de Falla



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Pérdida de la Interconexión Mantaro - Socabaya

Configuración en Proceso de Falla



Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Pérdida de la Interconexión Mantaro - Socabaya

Análisis de la Falla

- ❑ Como consecuencia de una falla de estas características se presentó el año 2005 y fue analizado con simulaciones y presentado al COES por el Consorcio Transmantaro.
- ❑ En ese informe se propusieron medidas para atenuar el efecto de las sobretensiones, minimizando el riesgo de la desconexión de la interconexión, las cuales fueron implementadas en el campo.
- ❑ Las sobretensiones armónicas en la fase “C” de la L-2051 en la S.E. Cotaruse son provocadas por un fenómeno de resonancia (Informe Transmantaro).
- ❑ La resonancia se presenta cuando una fase está conectada en antena, conectado desde la S.E. Mantaro o conectado desde la S.E. Cotaruse.

Casos Aplicativos: Fallas en Líneas de Transmisión

Pérdida de la Interconexión Mantaro - Socabaya

Conclusiones

- ❑ Las fallas simultáneas en las líneas L-2053 y L-2054 fueron provocadas por fuertes descargas atmosféricas.
- ❑ La falla trifásica en la línea L-2053 fue despejada correctamente por su protección diferencial de línea con disparo trifásico definitivo.
- ❑ La falla monofásica en la línea L-2054 fue despejada correctamente con disparo monofásico seguida de un recierre exitoso.
- ❑ La línea L-2051 fue desconectada correctamente por su protección de sobretensión en la S.E. Cotaruse debido a la presencia de sobretensiones armónicas en la fase "C", conectada en antena.
- ❑ La línea L-2054 desconectó en la S.E. Cotaruse por actuación de su protección de distancia debido a una pérdida de sincronismo entre los generadores del Sistema Centro-Norte y Sur del SEIN.

Análisis de fallas en Líneas de Transmisión Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010 Descripción del Evento

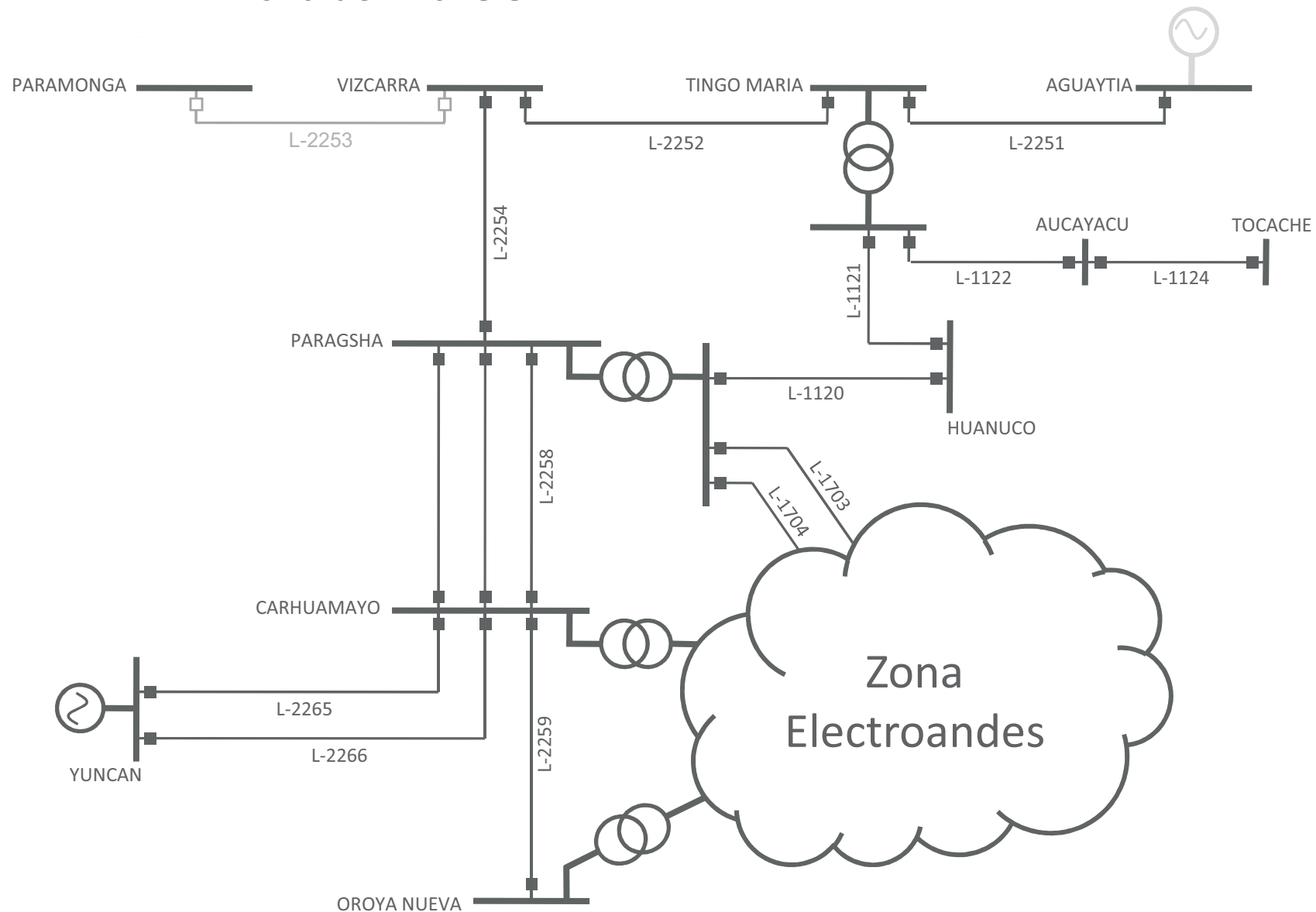
- ❑ Se produjo una falla monofásica en la fase T cuya causa y ubicación se desconocía.
- ❑ Esa falla provoco el colapso del SEIN – Zona Este.



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

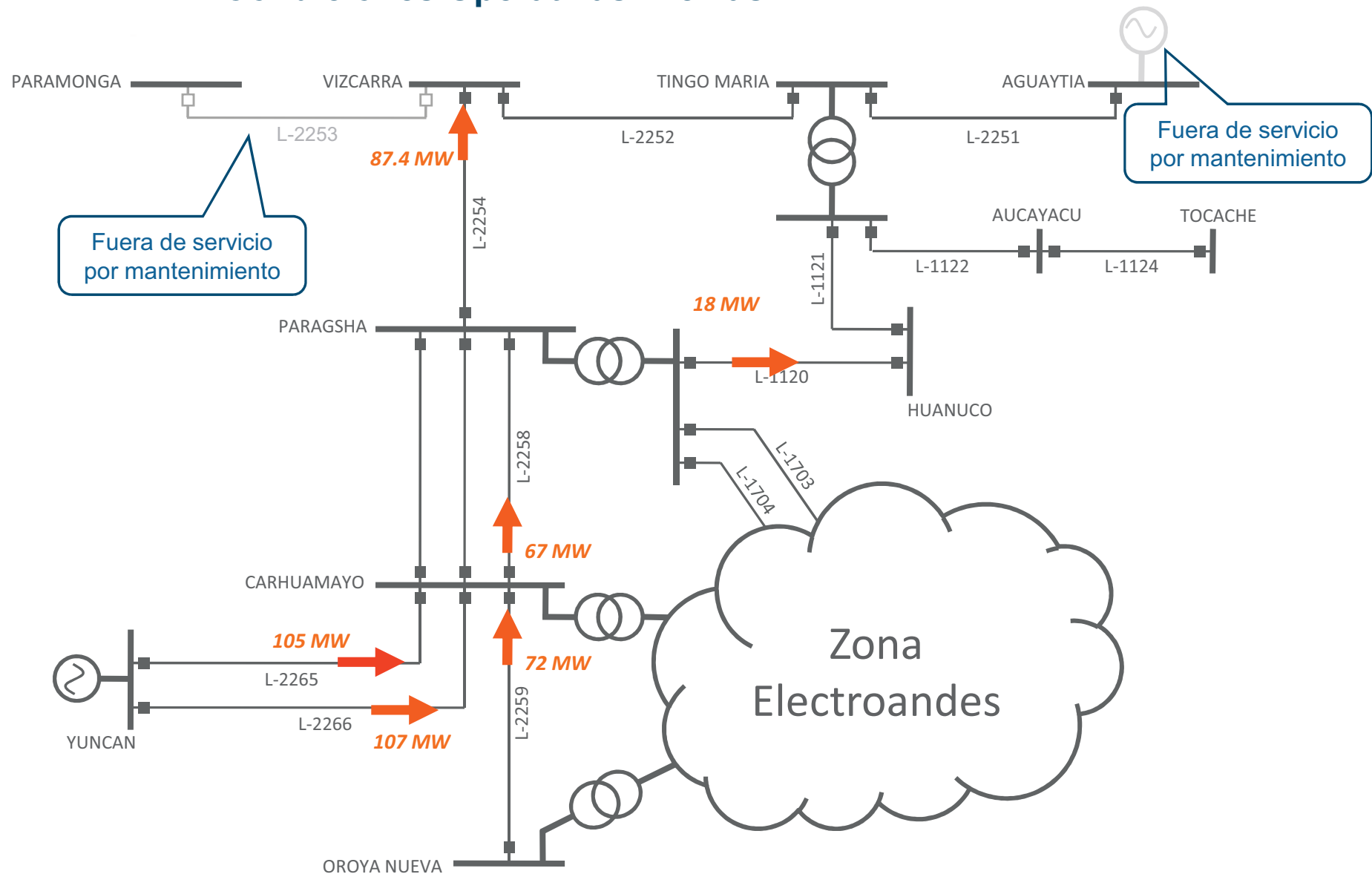
Zona de Análisis



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

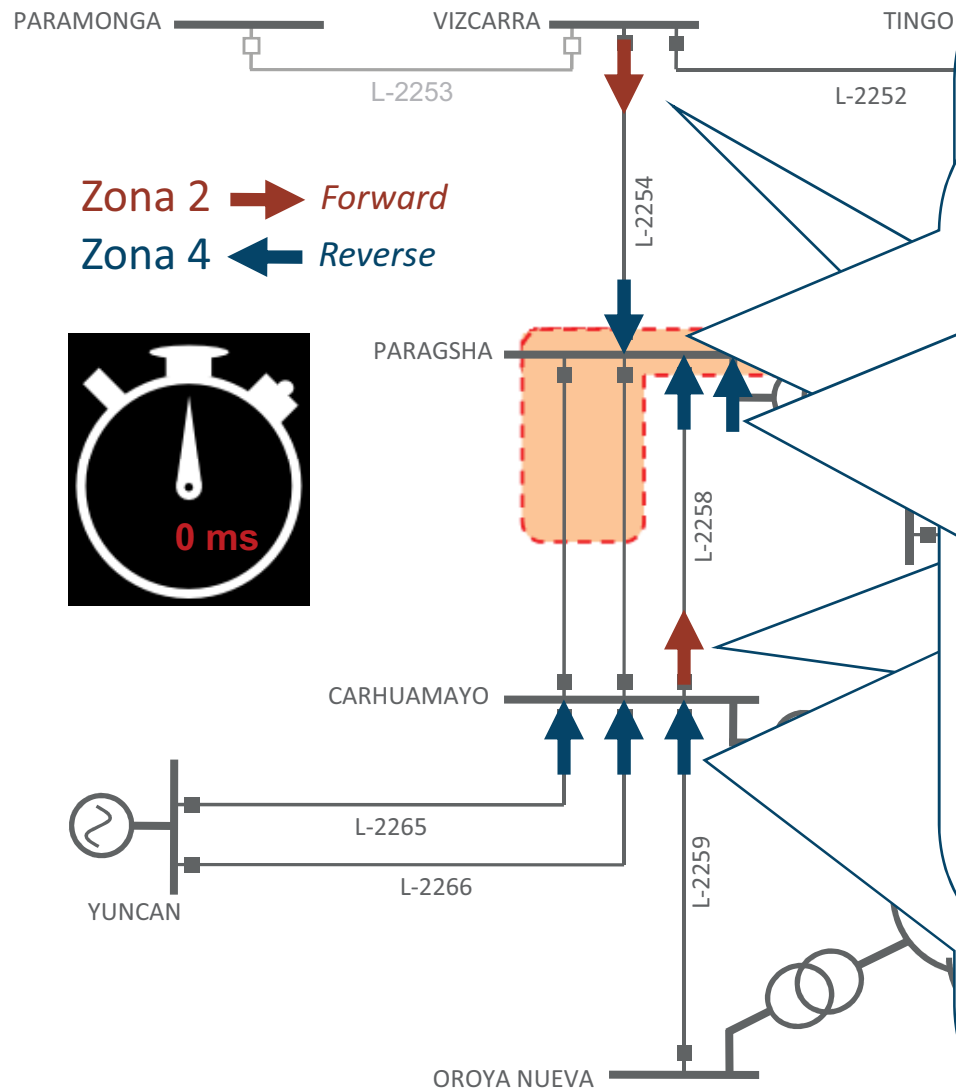
Condiciones Operativas Previas



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

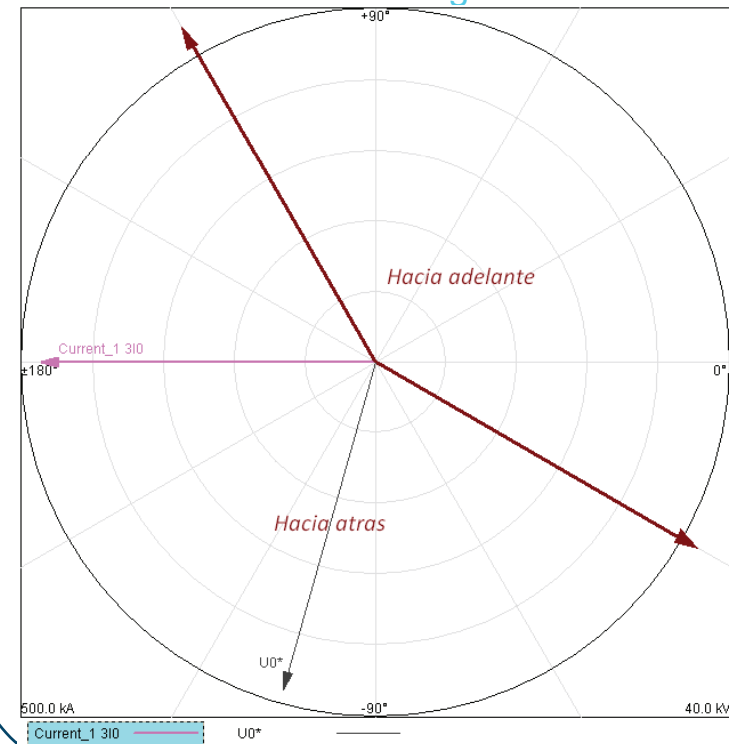
Localización de la falla de acuerdo a los relés



RELES DE DISTANCIA
Carhuamayo

RELES DE DISTANCIA

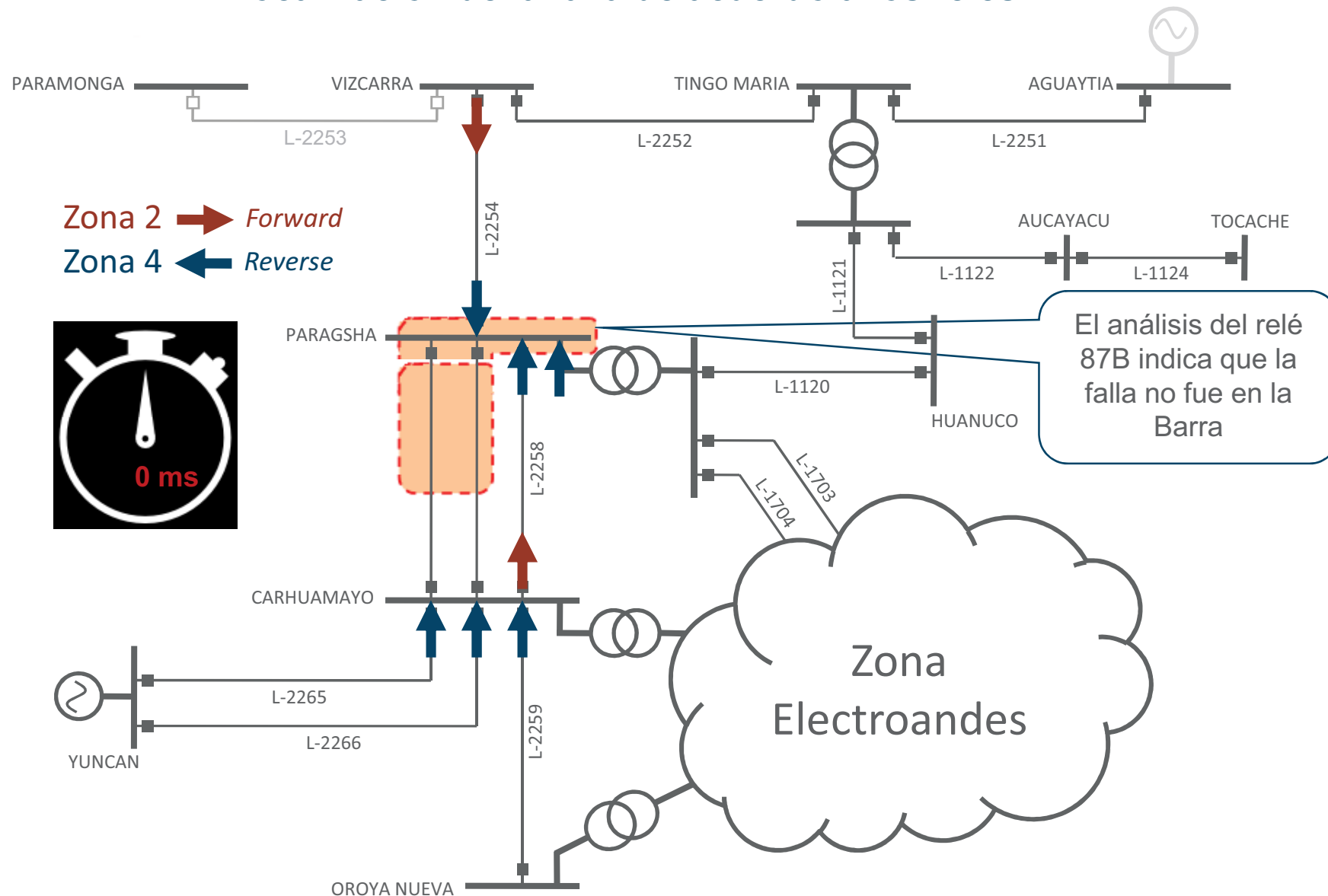
RELES DE SOBRECORRIENTE
T37-211 Paragsha



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

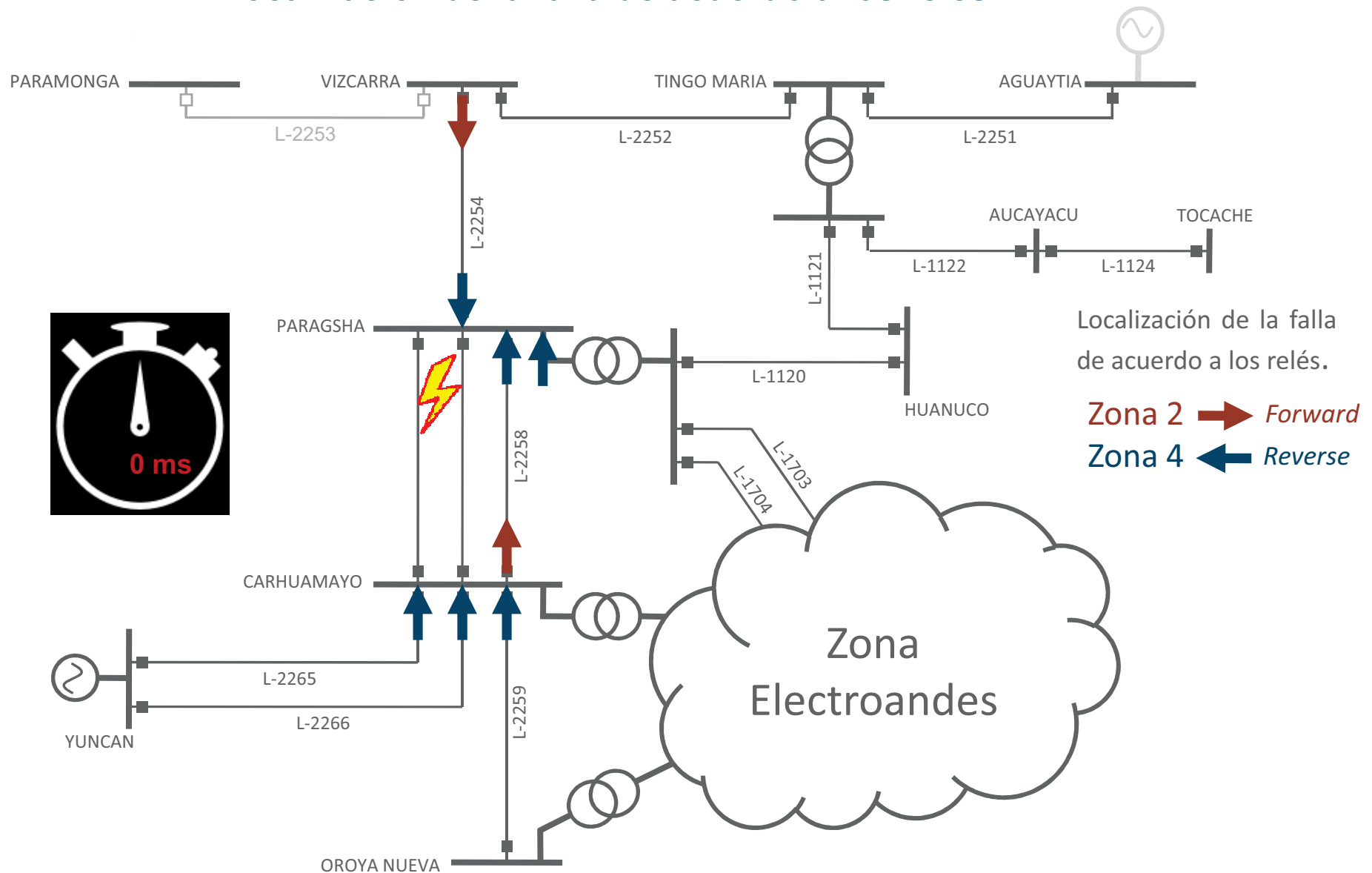
Localización de la falla de acuerdo a los relés



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

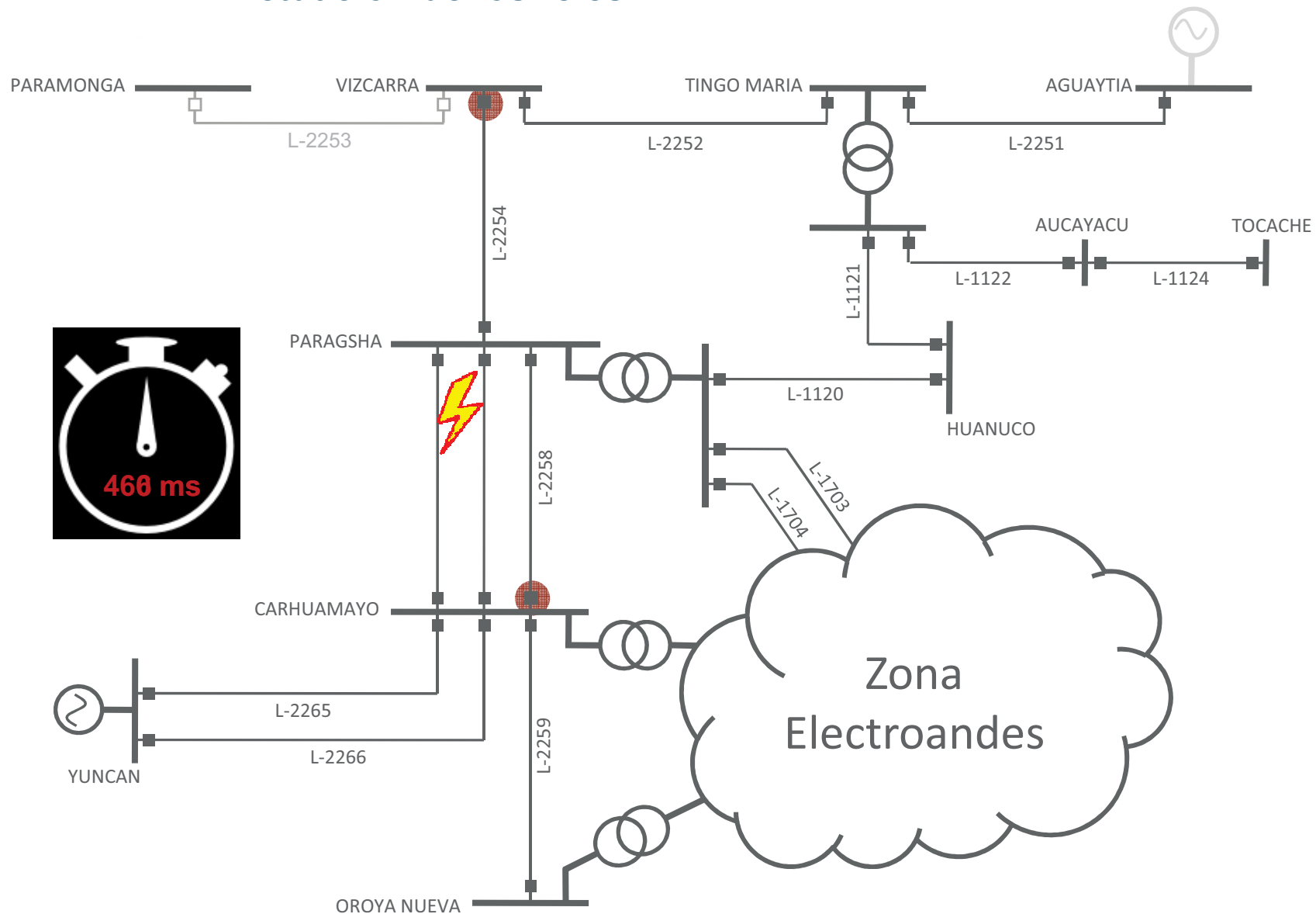
Localización de la falla de acuerdo a los relés



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

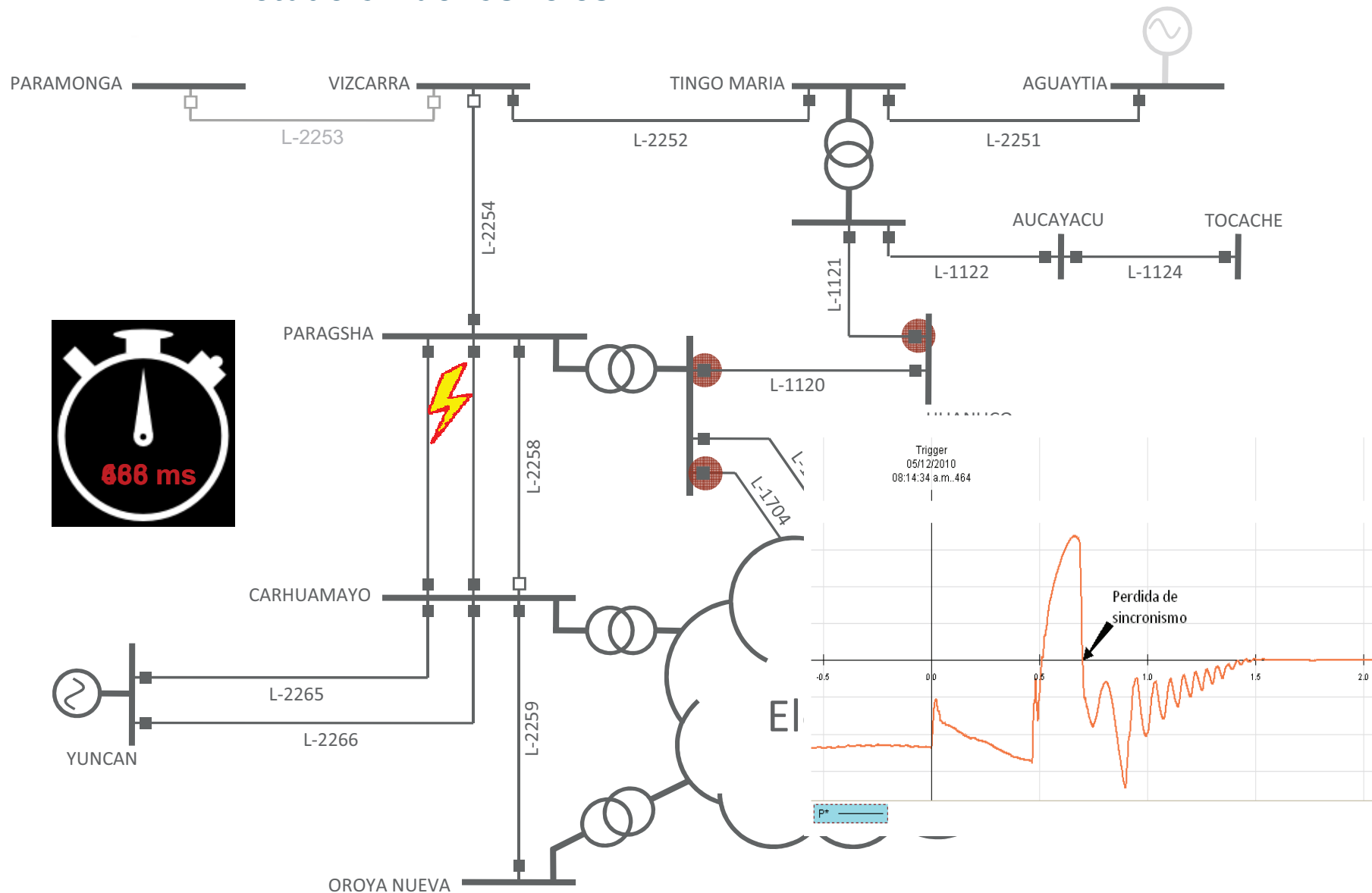
Actuación de los relés



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

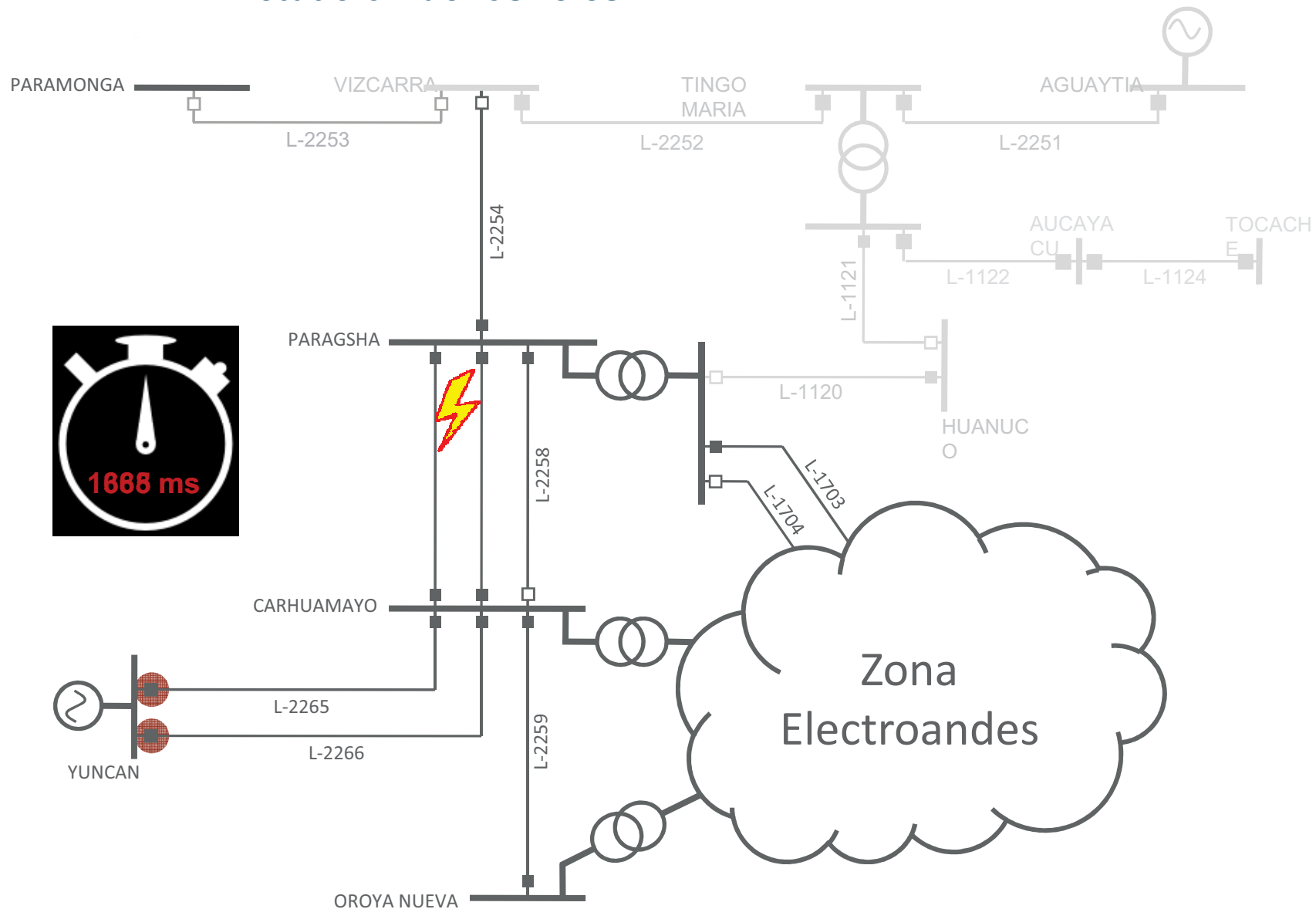
Actuación de los relés



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

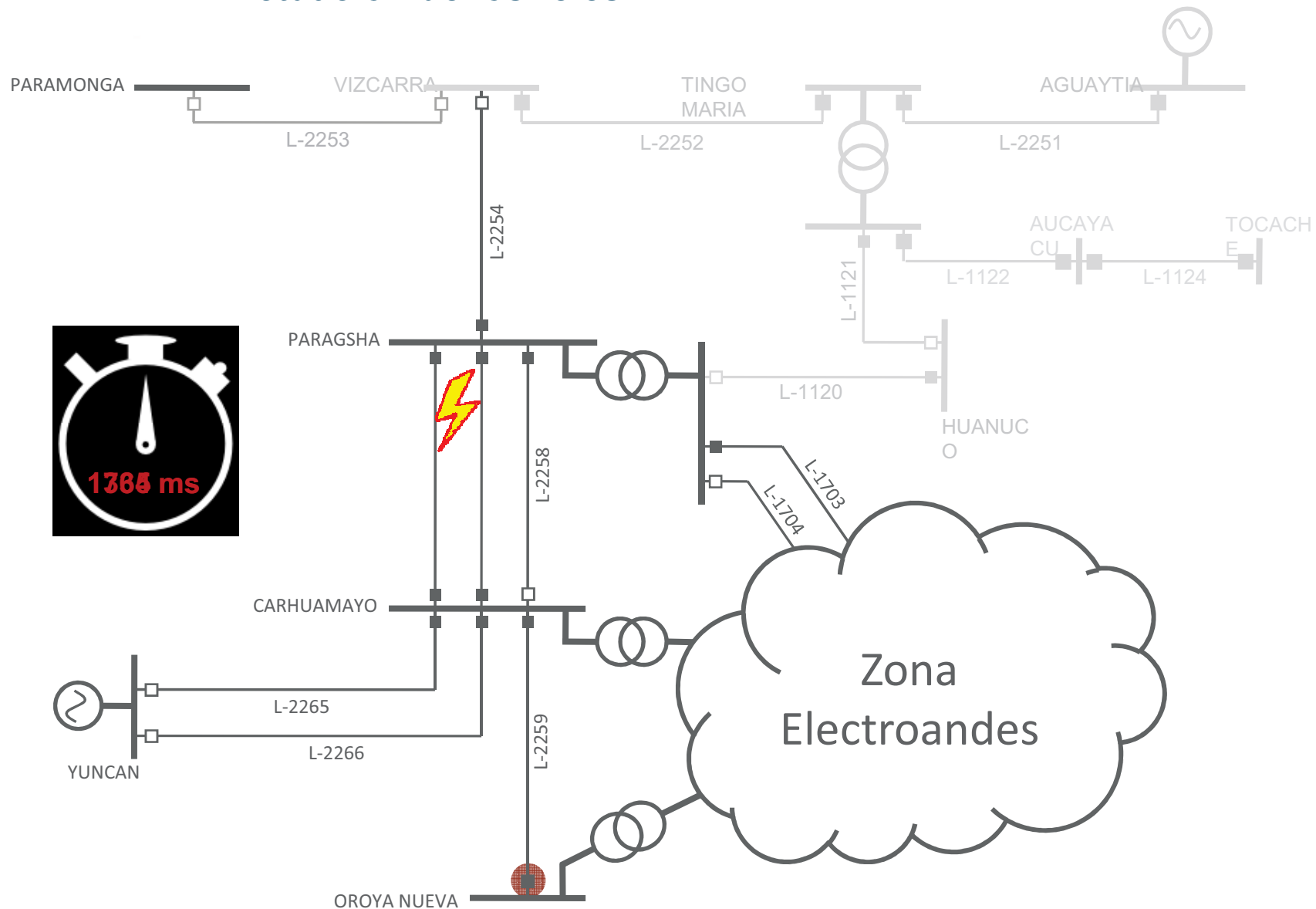
Actuación de los relés



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

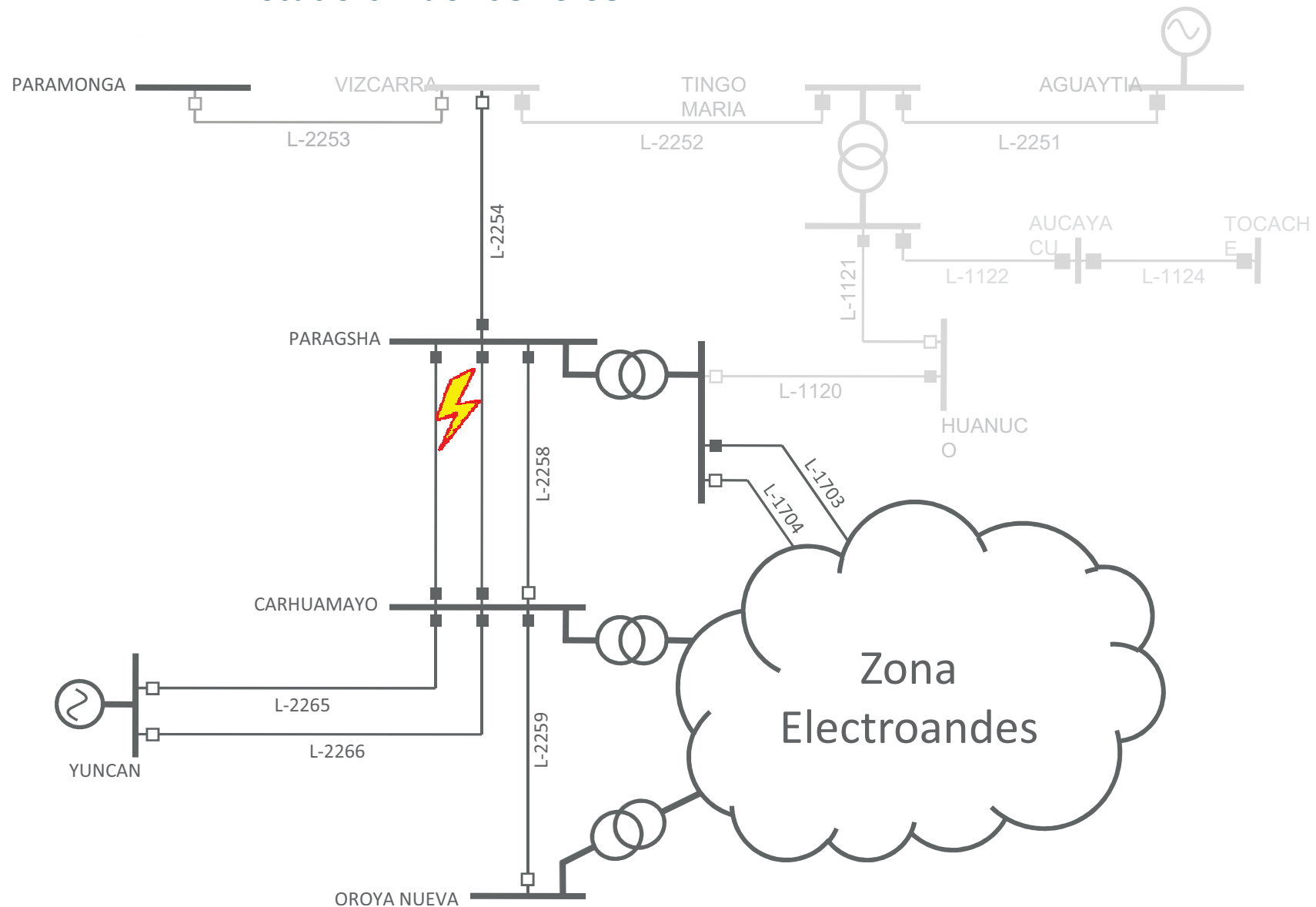
Actuación de los relés



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

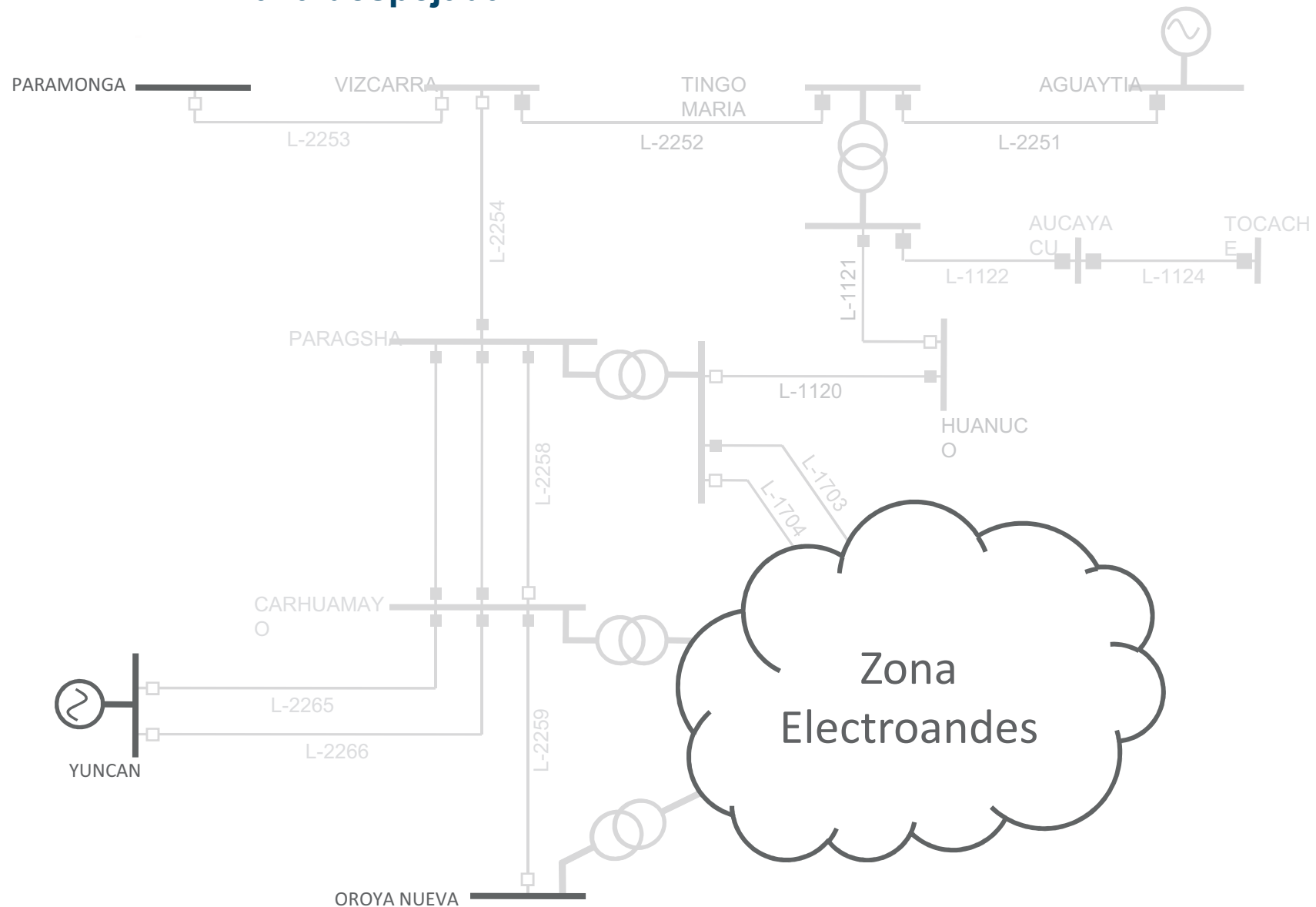
Actuación de los relés



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

Falla despejada



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

Conclusiones

- ❑ Con el análisis efectuado a las 60 horas de ocurrido el evento, ya se tenía la seguridad que la falla monofásica de la fase T no fue en ninguna de las instalaciones de REP.
- ❑ Las líneas L-2254, L-2258, L-2259, L-1121 y L-1120 desconectaron como respaldo ante una falla no despejada.
- ❑ La desconexión de las línea L-1121 y L-1120 fue por perdida de sincronismo. El proceso oscilatorio se produjo a través del enlace débil de 138 kV entre la CH. Gera y los motores de Antamina contra el SEIN.

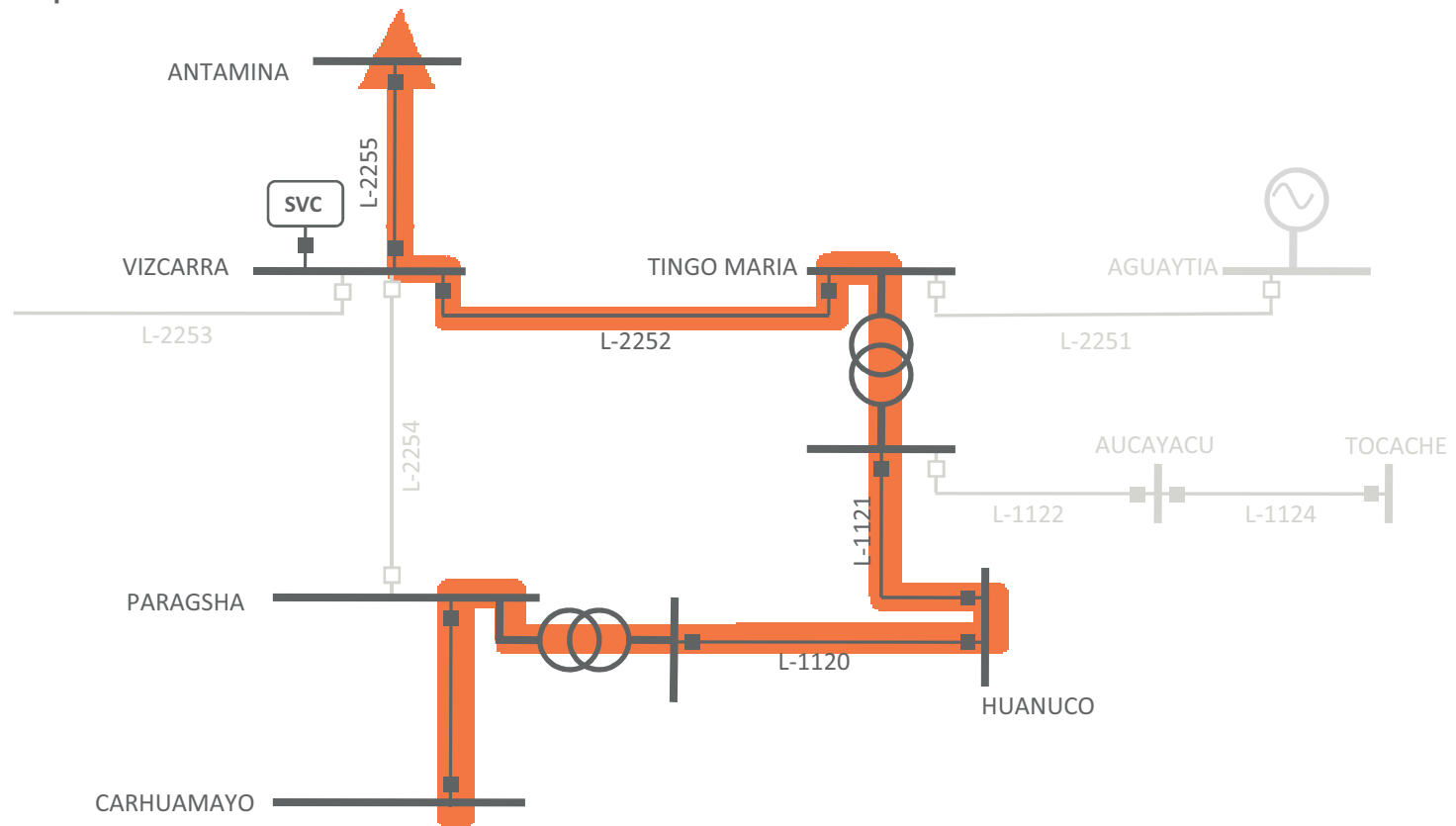
SOBRETENSIONES TEMPORALES

**Proceso de recuperación del sistema Este luego
del Colapso
05 de diciembre de 2010 – 10:10 a.m.**

Análisis de fallas en Líneas de Transmisión Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

Reposición del sistema Este - 05 de diciembre de 2010 9:38 a.m

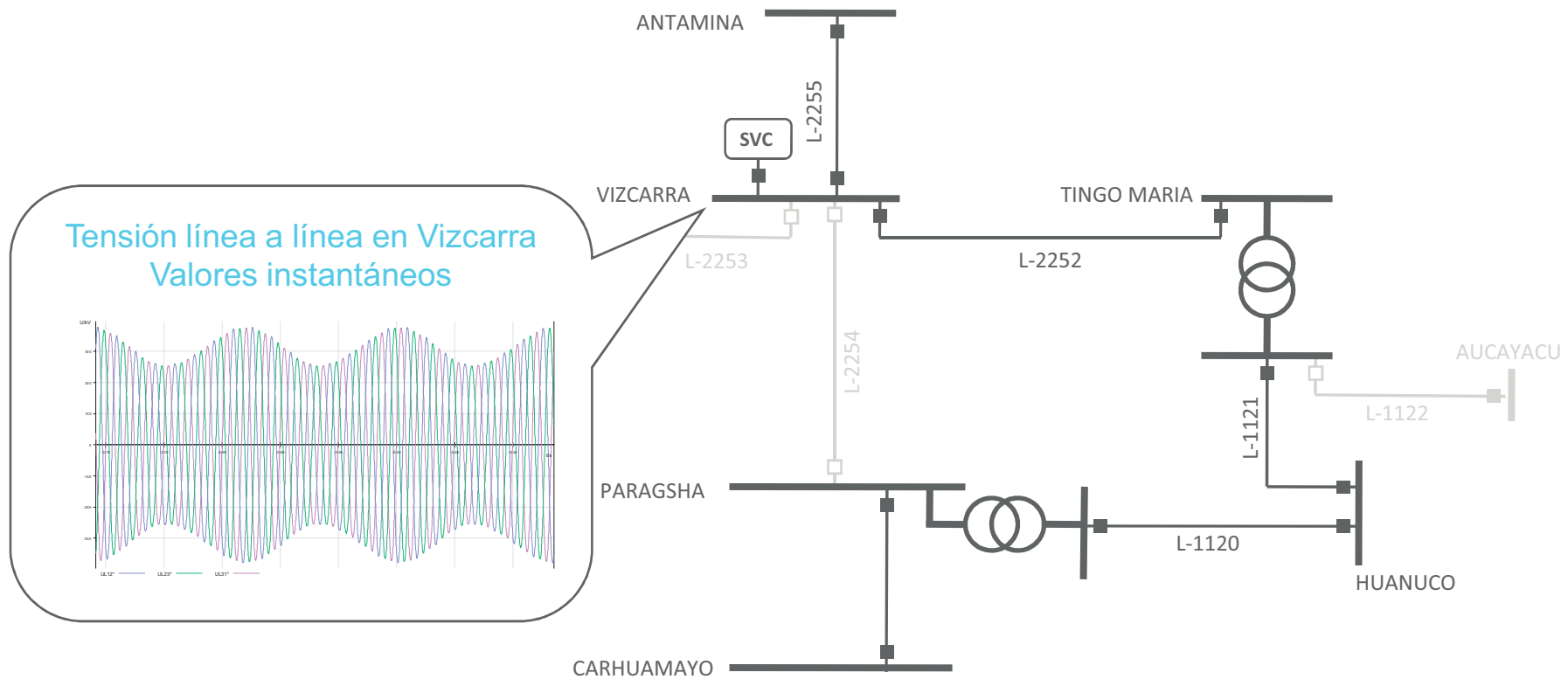
- Durante la reposición del sistema Este, luego de un colapso. Los operadores intentaban recuperar la carga de Antamina, a través de las líneas en 138 kV debido a que las líneas L-2253 y L-2254 estaban indisponibles.



Análisis de fallas en Líneas de Transmisión Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

Reposición del sistema Este - 05 de diciembre de 2010 9:38 a.m

- Estas maniobras provocaron oscilación de tensión en Vizcarra, de acuerdo a los registros se tiene que la tensión oscilaba entre 183 kV y 266 kV.

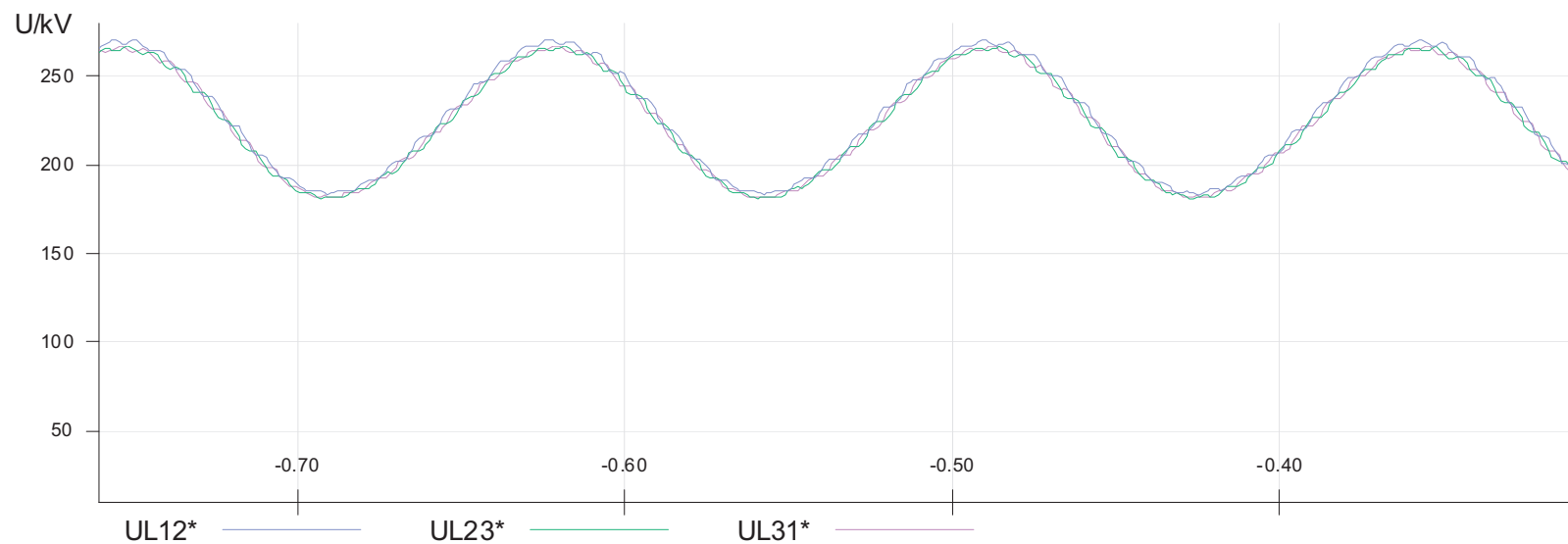


Análisis de fallas en Líneas de Transmisión

Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

Reposición del sistema Este - 05 de diciembre de 2010 9:38 a.m

- La frecuencia de oscilación de tensión fue de 7.4 Hz.
- Oscilación de tensión entre 183 kV y 266 kV.
- El operador procede a desconectar el SVC de Vizcarra.

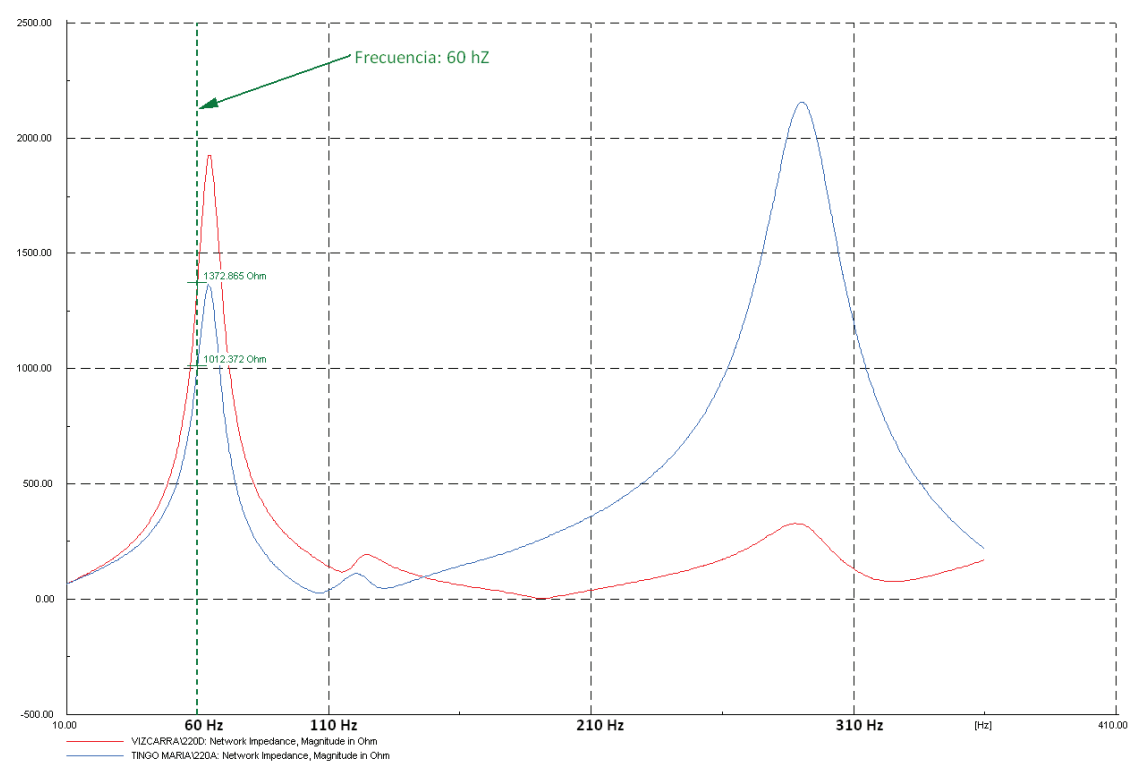


Registro de tensiones de línea a línea valores RMS en Vizcarra

Análisis de fallas en Líneas de Transmisión Colapso Zona Este 05 de Diciembre de 2010

Reposición del sistema Este - 05 de diciembre de 2010 9:38 a.m

- Impedancia armónica en Vizcarra y Tingo María bajo las condiciones presentadas en el evento.
- Se observa que la impedancia armónica esta cerca de la frecuencia industrial.



ENERGIZACIÓN DE UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA

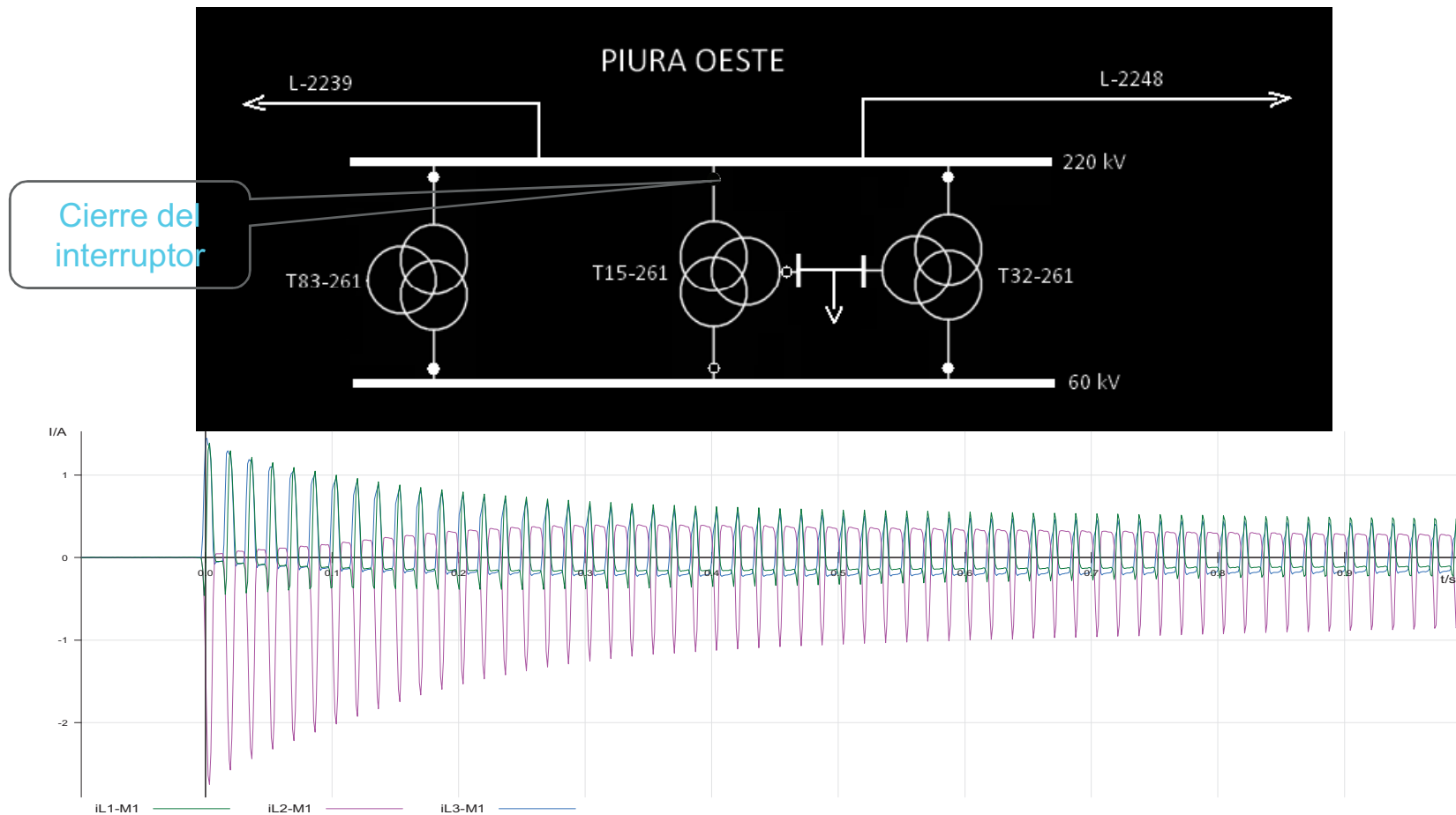
Energización del transformador de Potencia T15-261 Piura
21 de diciembre de 2010 10:29 a.m.

Análisis de fallas en Transformadores

Energización del transformador T15-261 Piura

21 de diciembre de 2010 10:29 a.m.

- Luego de un mantenimiento programado en el transformador T15-261, este debe entrar a operar en paralelo con el transformador T32-261.

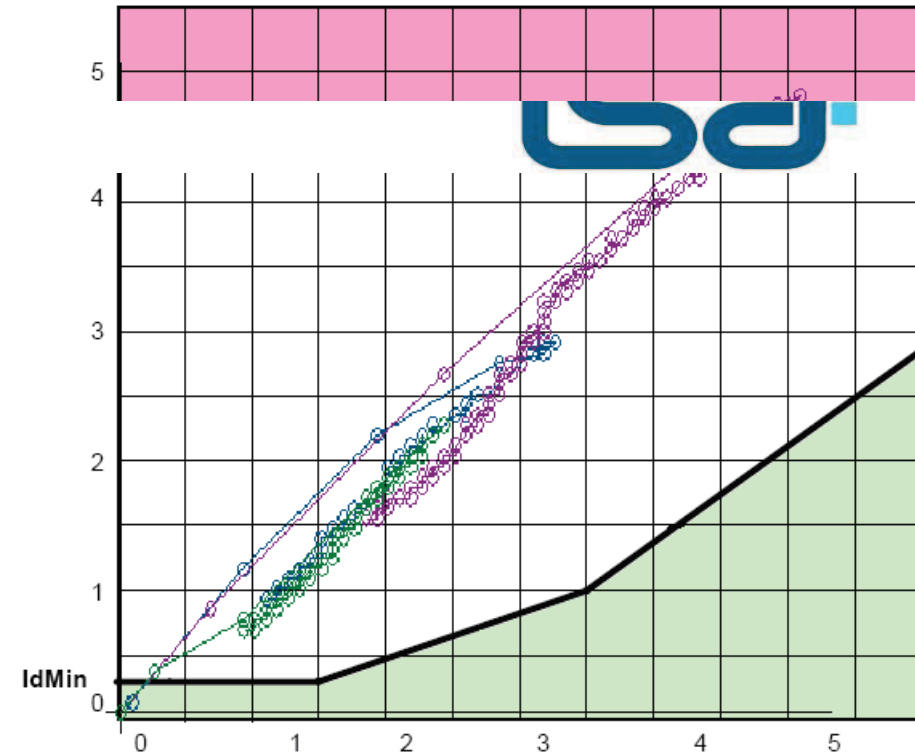
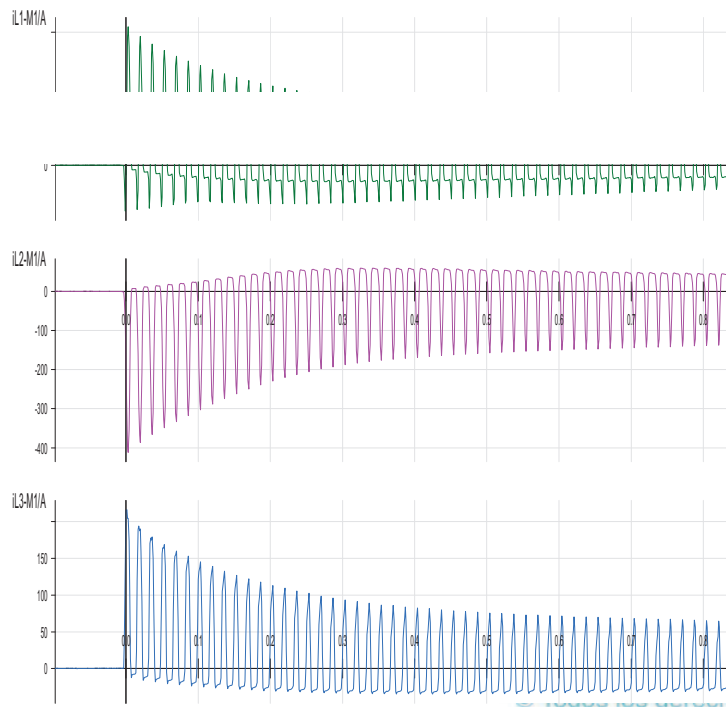


Análisis de fallas en Transformadores

Energización del transformador T15-261 Piura

21 de diciembre de 2010 10:29 a.m.

- Estas corrientes pueden activar la protección diferencial del transformador.
- En el plano I_{diff}/I_{rest} se puede ver como registra el relé diferencial la corriente diferencial y la corriente de restricción.

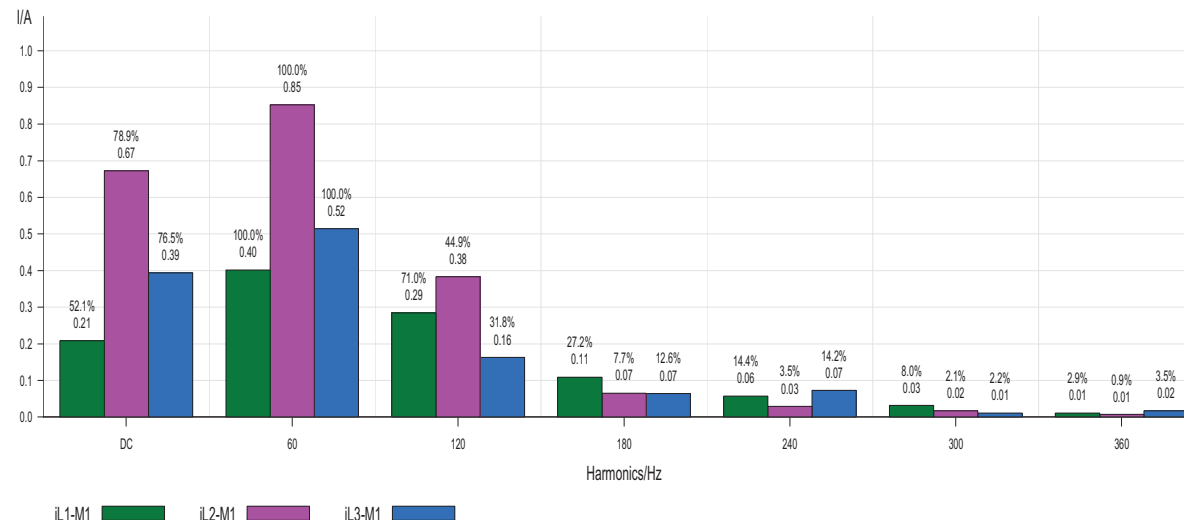


Análisis de fallas en Transformadores

Energización del transformador T15-261 Piura

21 de diciembre de 2010 10:29 a.m.

- ❑ Las alta corriente generada por energización (corrientes de inrush) puede producir disparos indeseados de la protección diferencial.
- ❑ Por la naturaleza de la forma de onda de una corriente Inrush estas corrientes tienen un alto contenido de componente 2da armónica, ppor lo cual se ajusta la función de bloqueo o restricción por 2do armónico el cual bloquea el disparo de la protección diferencial durante la energización.



Registro de corriente Inrush T15-261 – Contenido armónico.

Análisis de fallas en Transformadores

Energización del transformador T15-261 Piura

21 de diciembre de 2010 10:29 a.m.

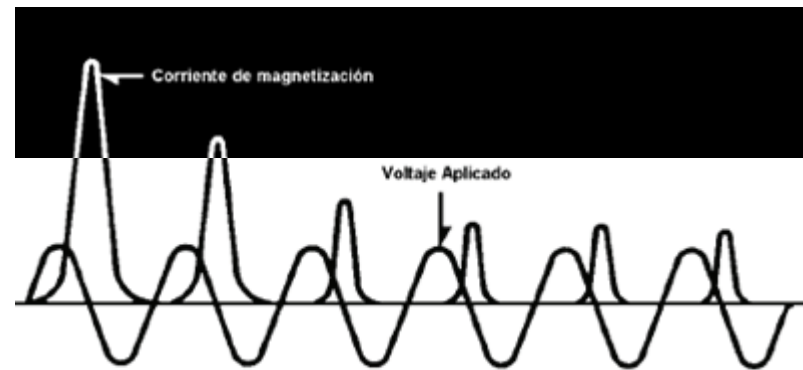
□ ¿A que se debe esta corriente?

Cuando un transformador es energizado, se presenta una corriente de energización transitoria (Inrush).

Esta corriente transitoria de magnetización puede ser de 8 a 30 veces la corriente nominal del transformador.

Los factores que determinan la duración y magnitud de la corriente de magnetización son:

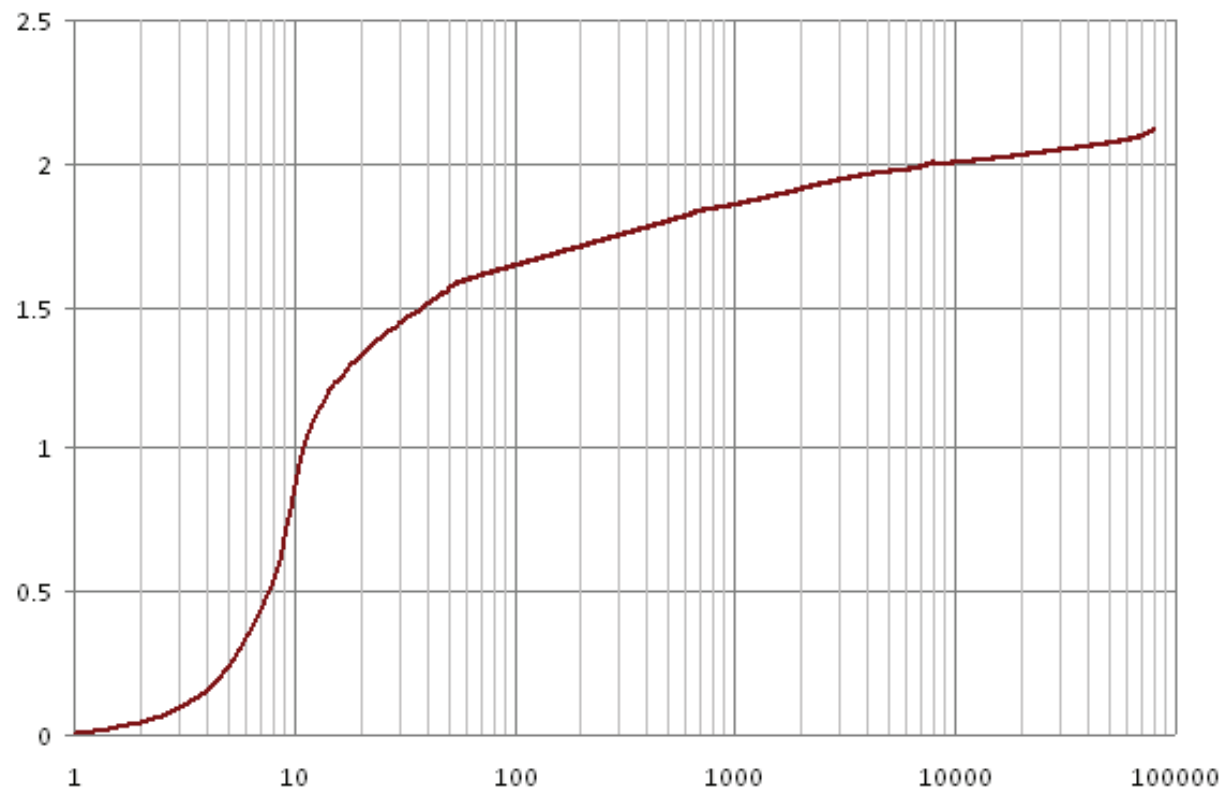
- Capacidad del transformador
- Localización del transformador
- La resistencia en el sistema de potencia.
- El tipo de hierro y su densidad de saturación.
- El nivel de flujo residual del transformador



Forma de onda de una corriente de magnetización.

Análisis de fallas en Transformadores
Energización del transformador T15-261 Piura
21 de diciembre de 2010 10:29 a.m.

CARACTERISTICAS DE LOS NUCLEOS EN TRANSFORMADORES



Característica de magnetización B-H de núcleo

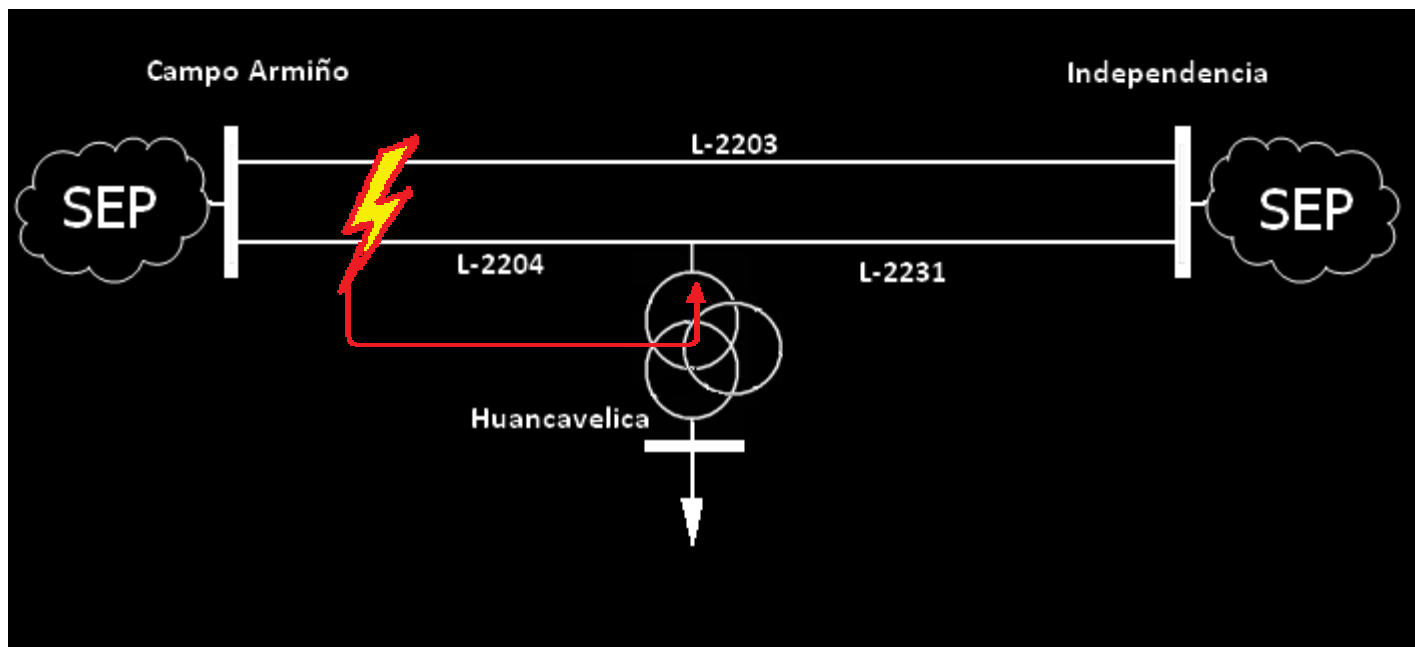
**DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA
T9-261 HUANCVELICA**

17 de diciembre 2010 10:43 a.m. .

Análisis de fallas en Transformadores

Desconexión T9-261 SE Huancavelica 17 de diciembre 2010 10:43 a.m.

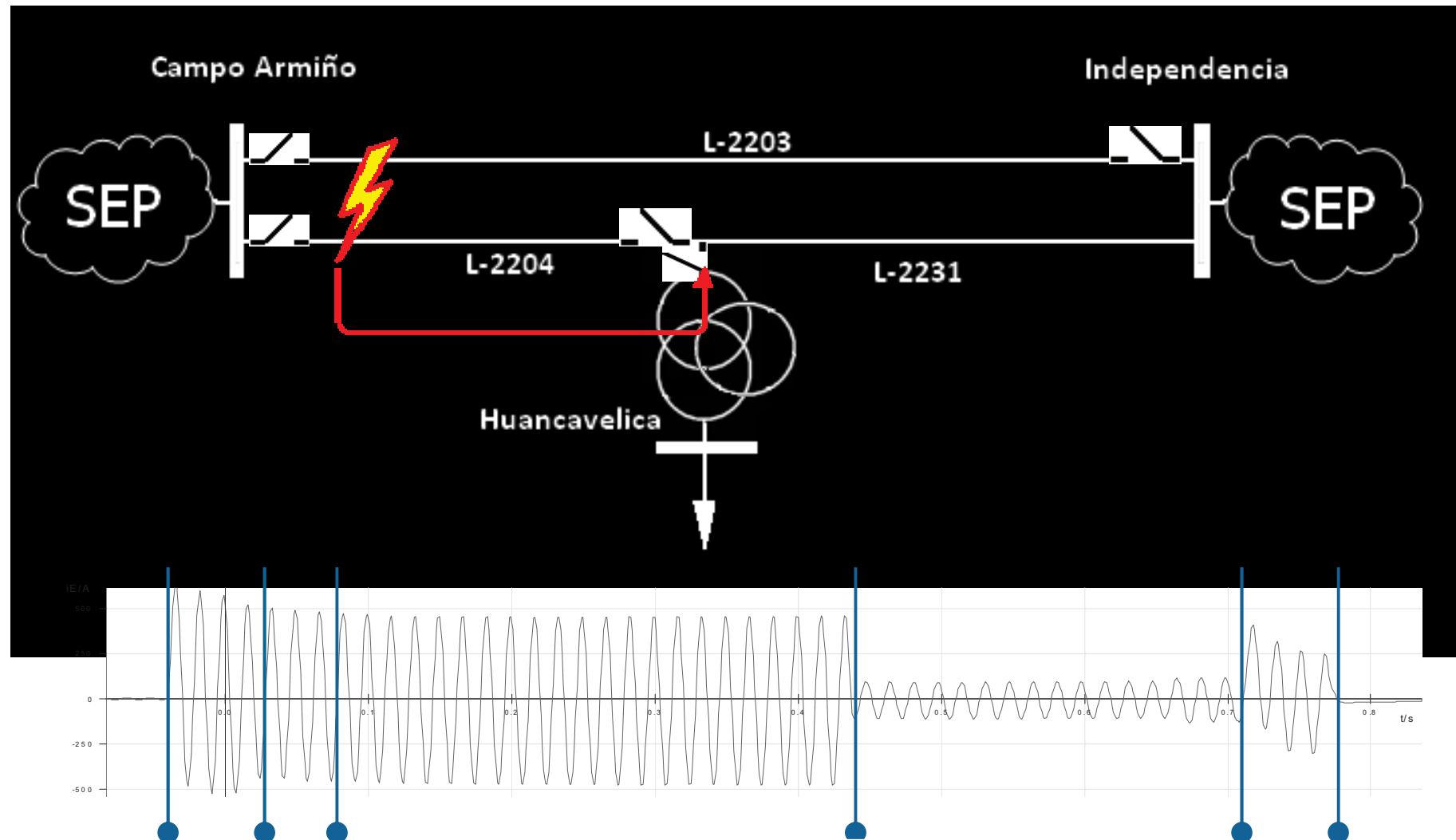
- ❑ Las líneas que van desde Mantaro a Independencia van juntas en la misma torre, la longitud de estas líneas es de 248 km.
- ❑ En el intermedio de la línea L-2204 se encuentra la subestación Huancavelica.
- ❑ Se produjo una falla monofásica simultanea en la fase S.



Análisis de fallas en Transformadores

Desconexión T9-261 SE Huancavelica 17 de diciembre 2010 10:43 a.m.

- Operación de las protecciones.

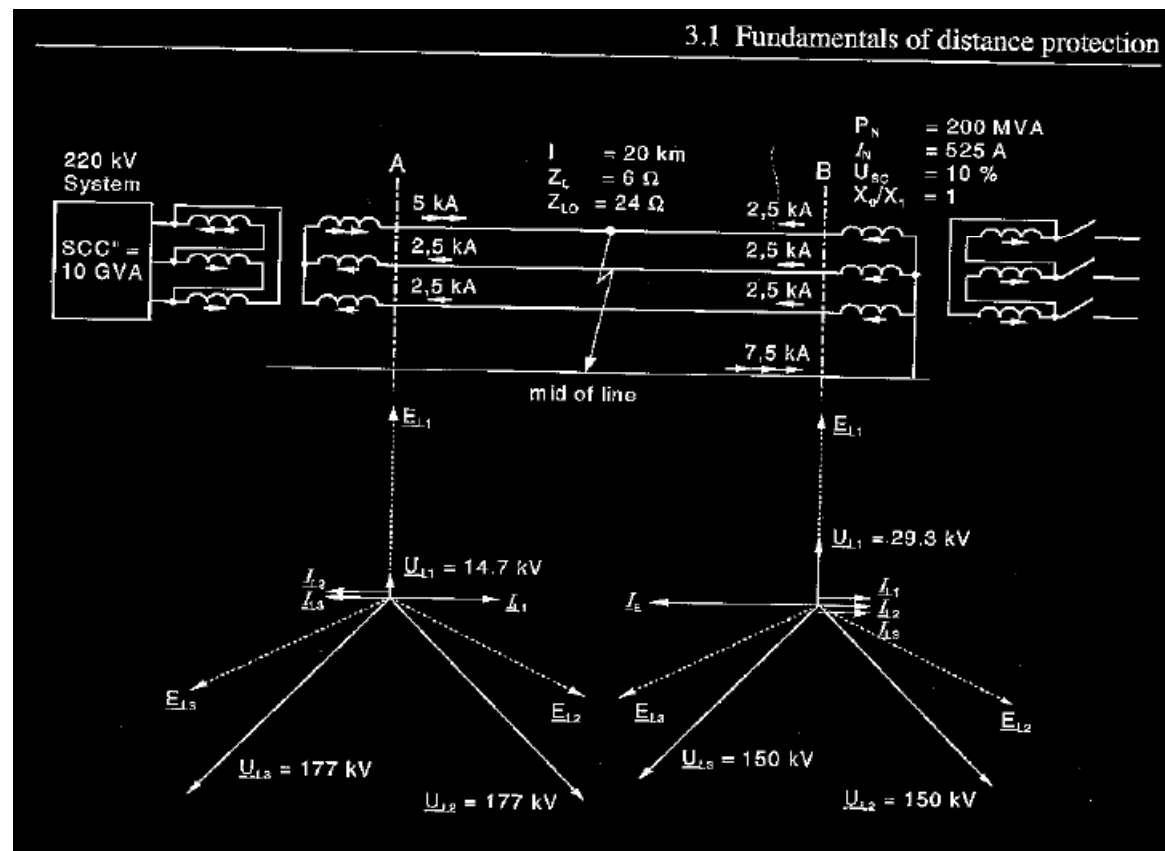


Análisis de fallas en Transformadores

Desconexión T9-261 SE Huancavelica 17 de diciembre 2010 10:43 a.m.

Un fenómeno curioso es que durante una falla monofásica las corrientes en el devanado de alta del transformador se ponen se alinean decir están en fase.

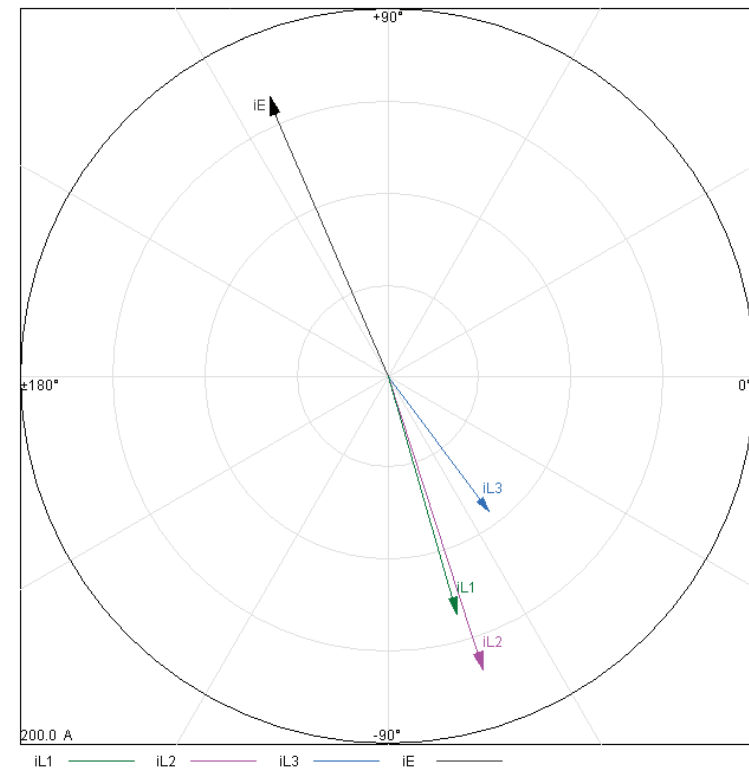
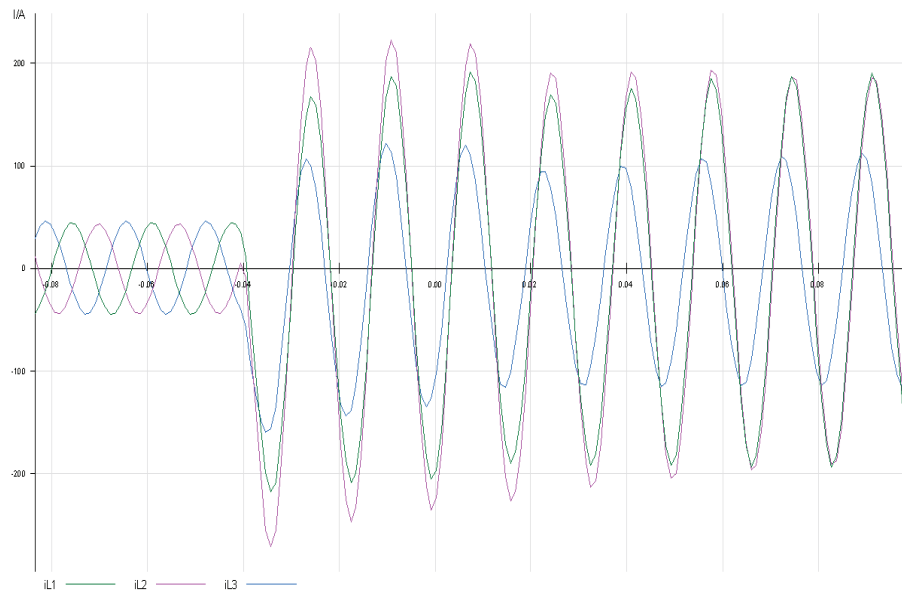
Este fenómeno es conocido como la paradoja de Bauchs.



Análisis de fallas en Transformadores

Desconexión T9-261 SE Huancavelica 17 de diciembre 2010 10:43 a.m.

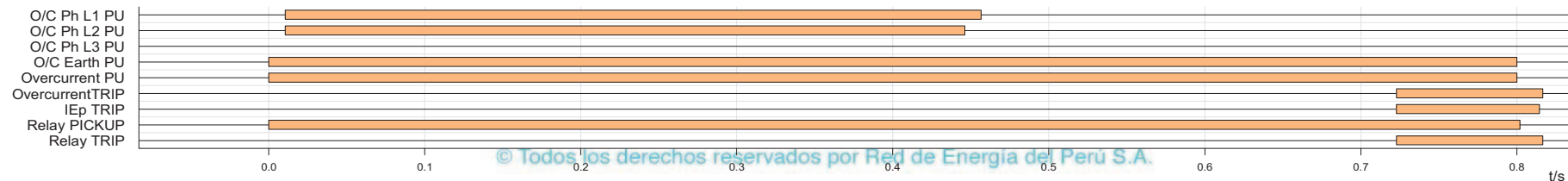
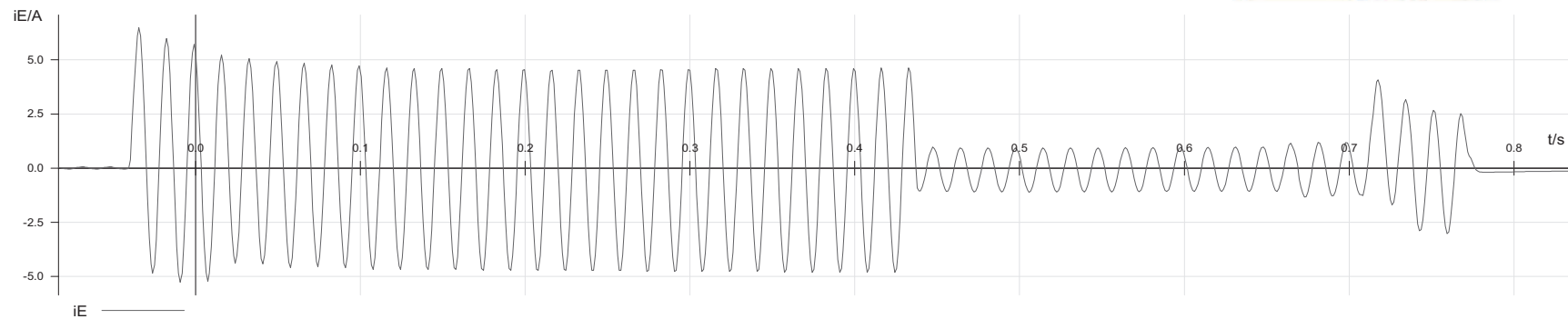
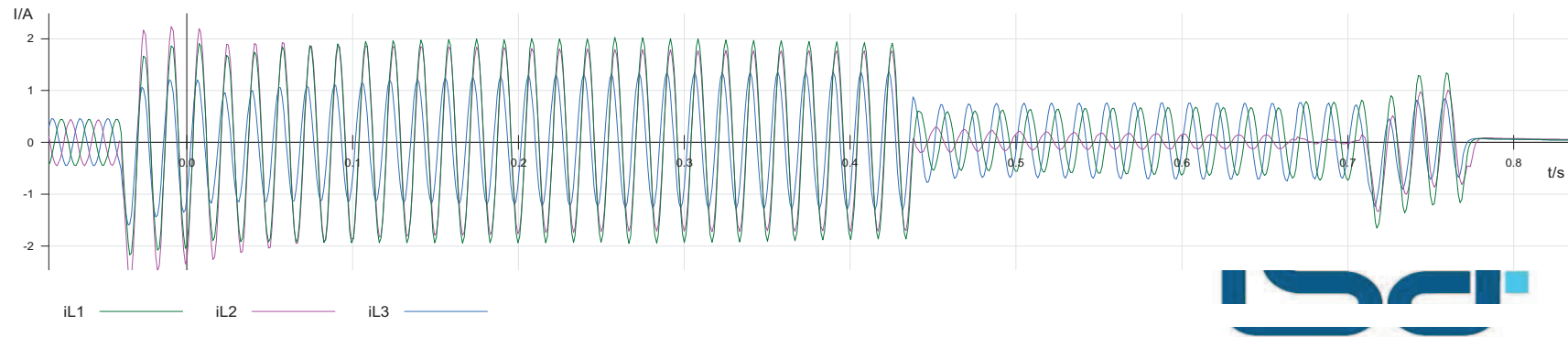
Los registros oscilograficos muestran las tres corrientes R, S y T prácticamente en fase.
Es por este fenómeno que la corriente de neutro llega a tres veces el valor de la corriente de fase.



Análisis de fallas en Transformadores

Desconexión T9-261 SE Huancavelica 17 de diciembre 2010 10:43 a.m.

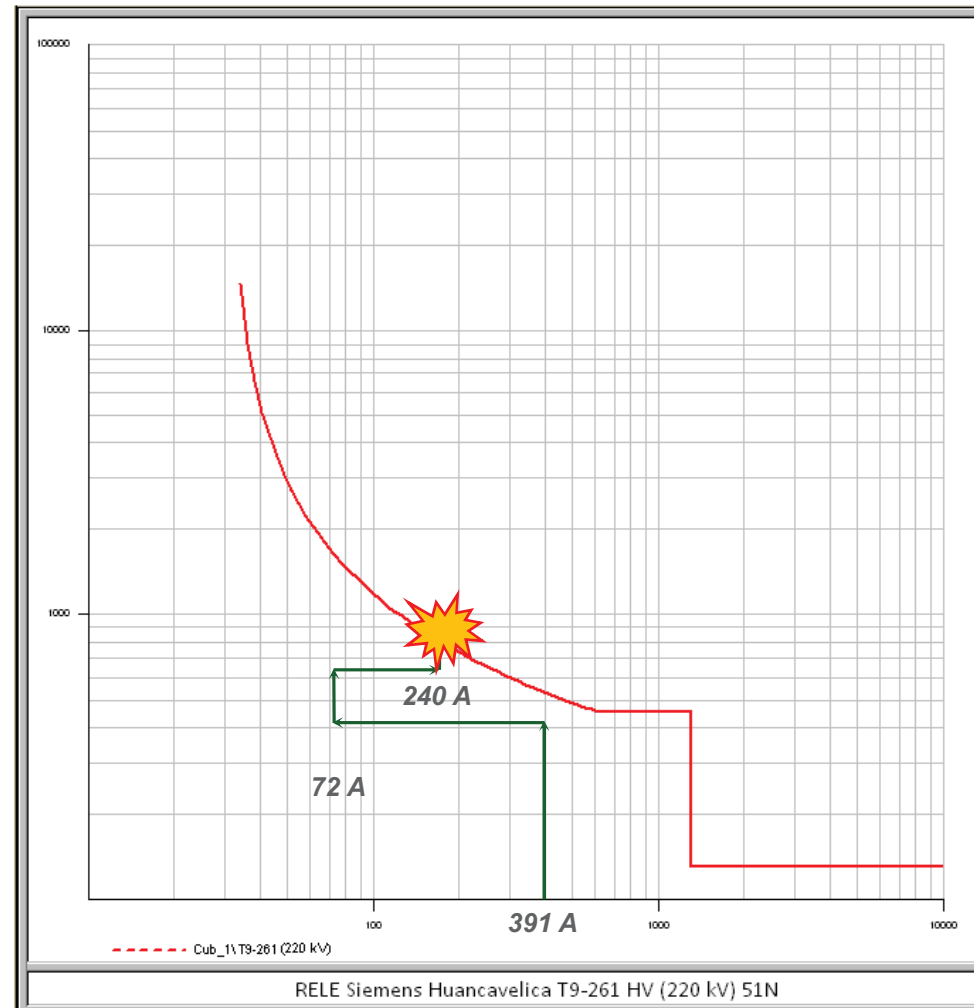
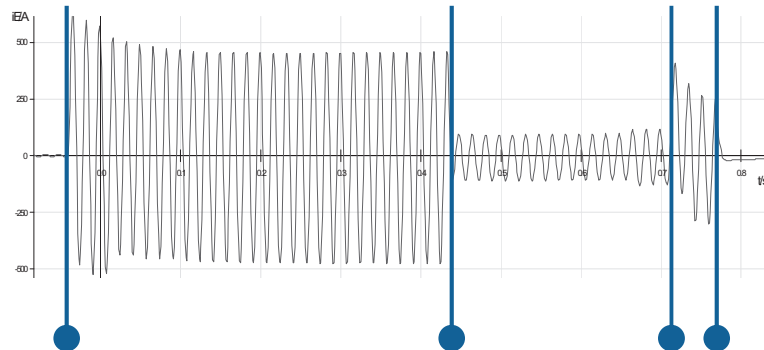
Oscilografía del transformador T9-261 Huancavelica, lado de 220 kV.



Análisis de fallas en Transformadores

Desconexión T9-261 SE Huancavelica 17 de diciembre 2010 10:43 a.m.

Como actúo el relé de sobrecorriente ante esta falla.



SATURACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA TINGO MARIA

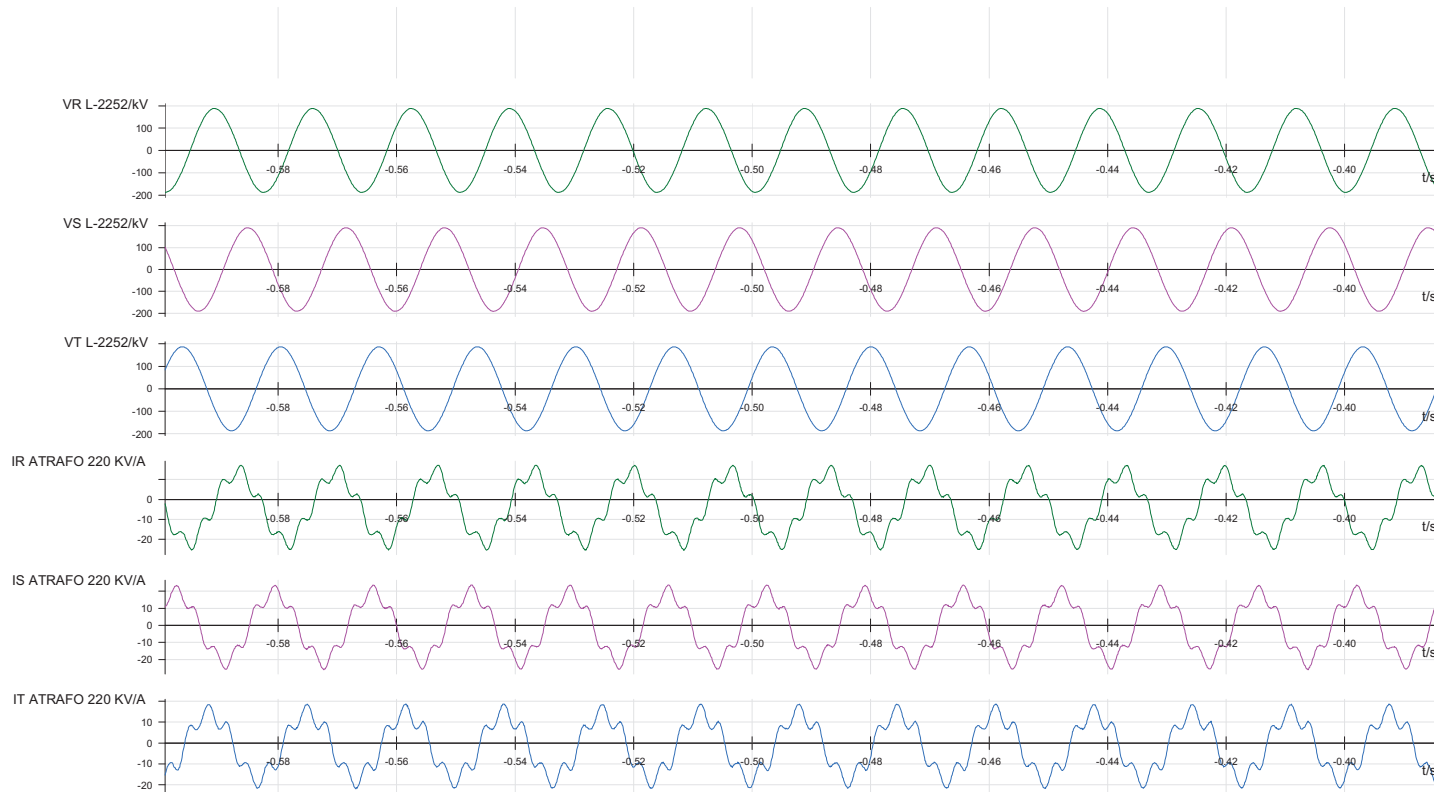
AT-01 Tingo María
05 de diciembre de 2010 9:38 a.m.

Análisis de fallas en Transformadores

Saturación del transformador AT-01 Tingo María

05 de diciembre de 2010 9:38 a.m.

El siguiente registro oscilografico muestra la presencia de corriente de magnetización en el transformador de Tingo María.

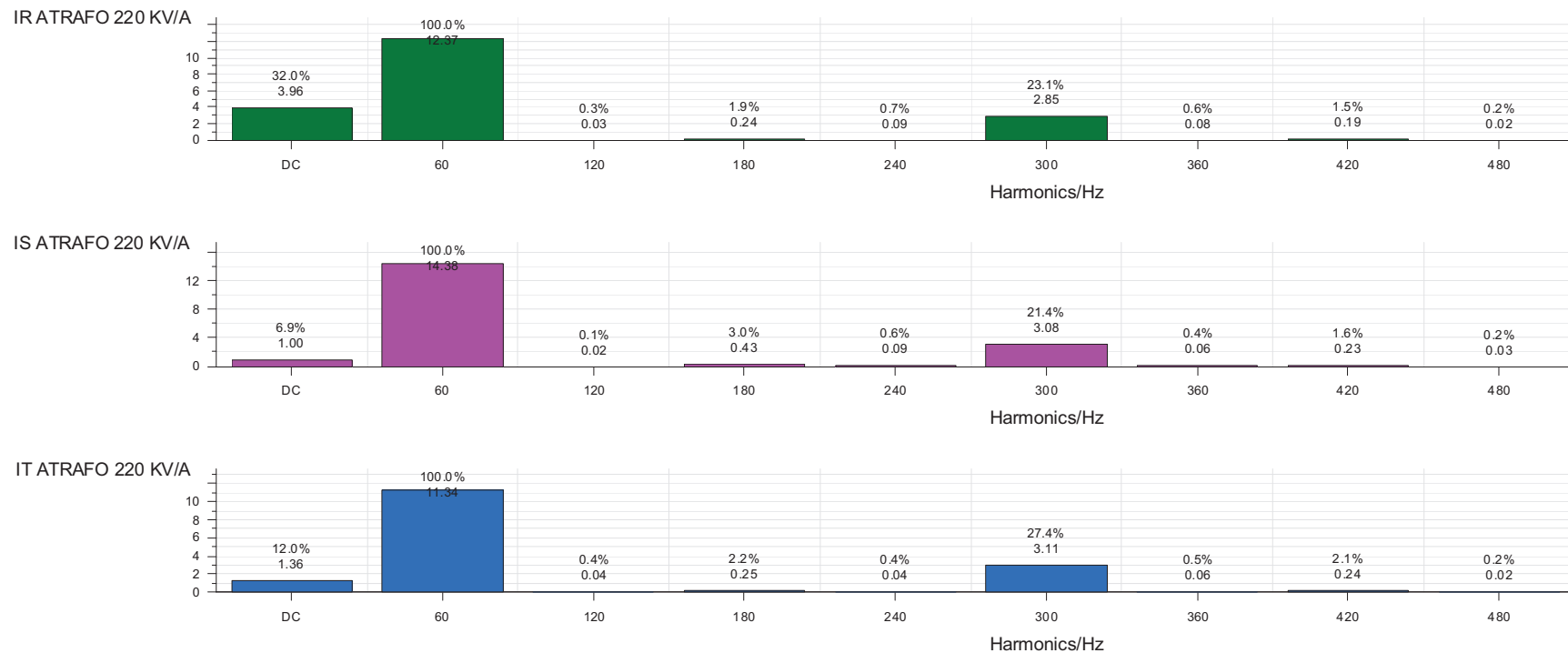


Análisis de fallas en Transformadores

Saturación del transformador AT-01 Tingo María

05 de diciembre de 2010 9:38 a.m.

Se puede apreciar el contenido armónico de la corriente, principalmente el quinto armónico.

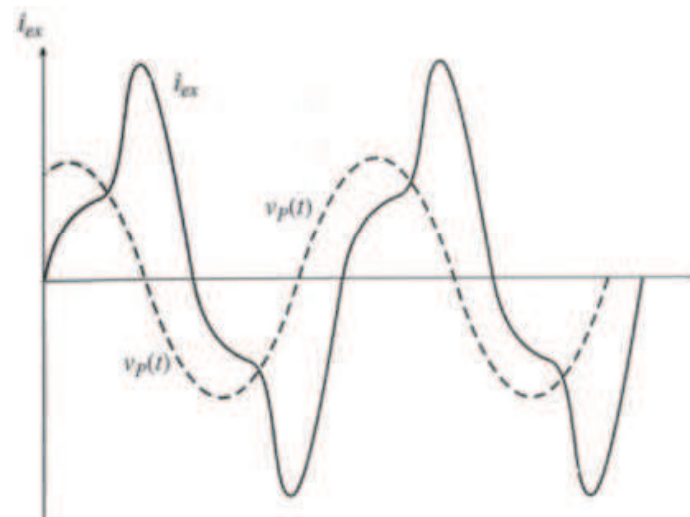


Análisis de fallas en Transformadores

Saturación del transformador AT-01 Tingo María

05 de diciembre de 2010 9:38 a.m.

Las propiedades magnéticas del núcleo determinan la corriente de excitación, debido a las propiedades no lineales del hierro, la forma de onda de la corriente de excitación difiere de la forma de onda del flujo.

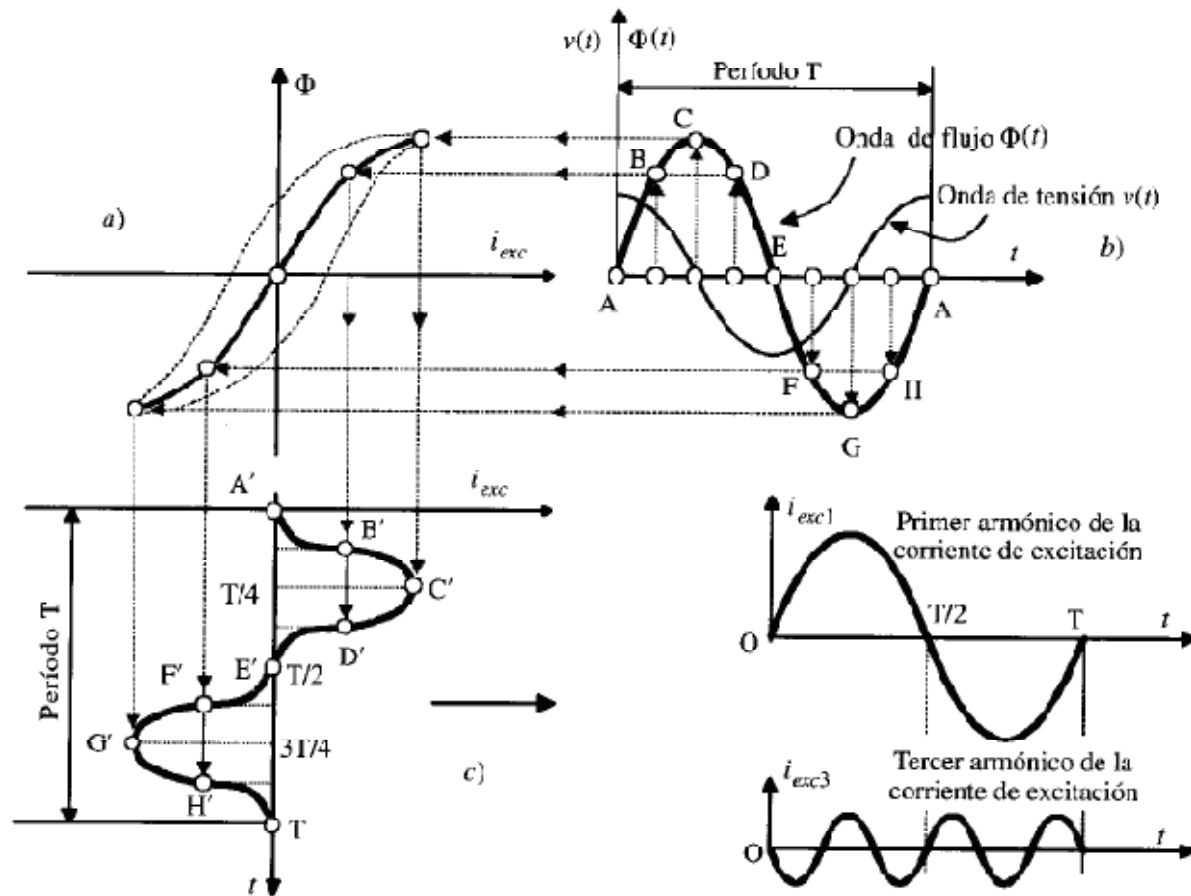


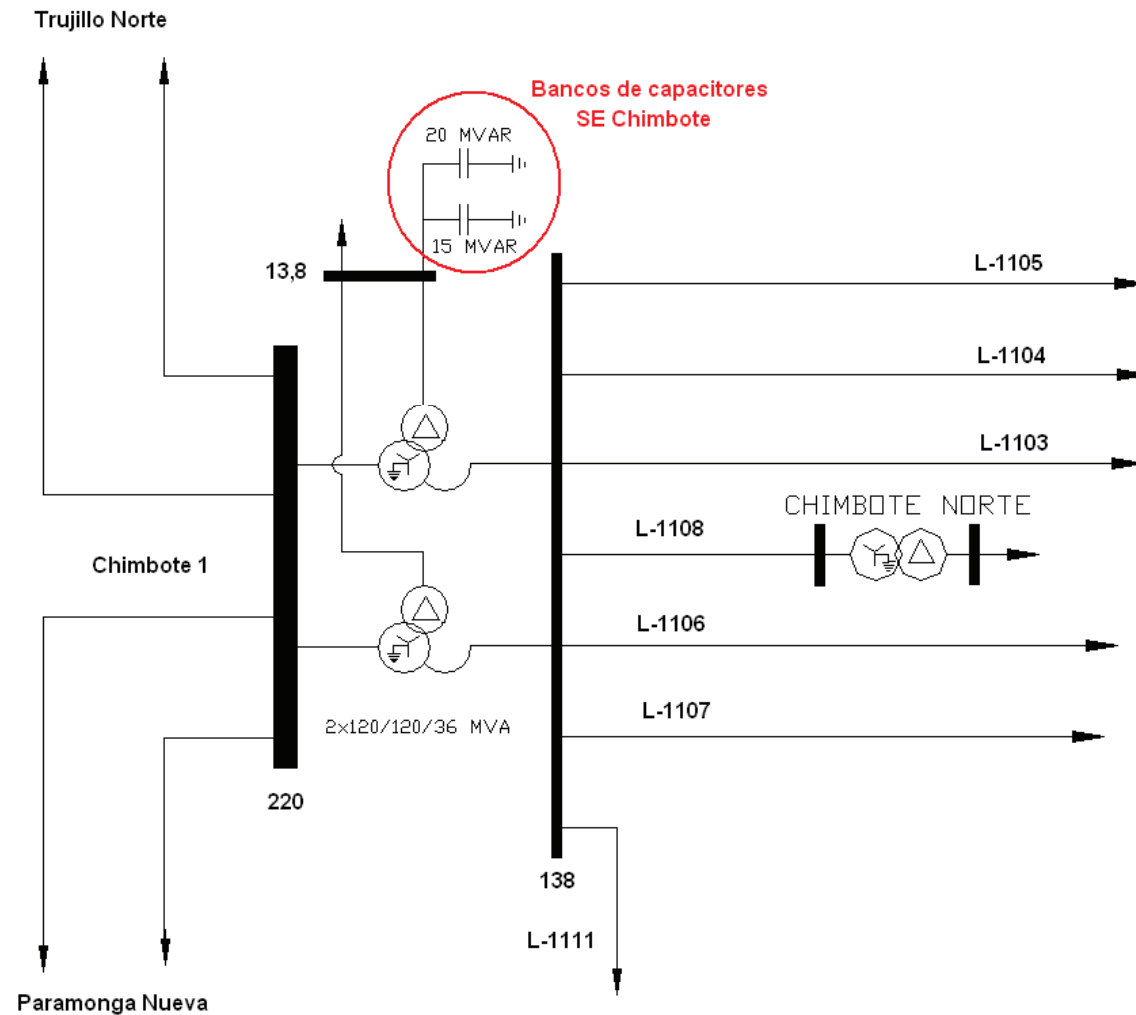
Corriente de excitación y la tensión aplicada al primario

Análisis de fallas en Transformadores

Saturación del transformador AT-01 Tingo María

05 de diciembre de 2010 9:38 a.m.



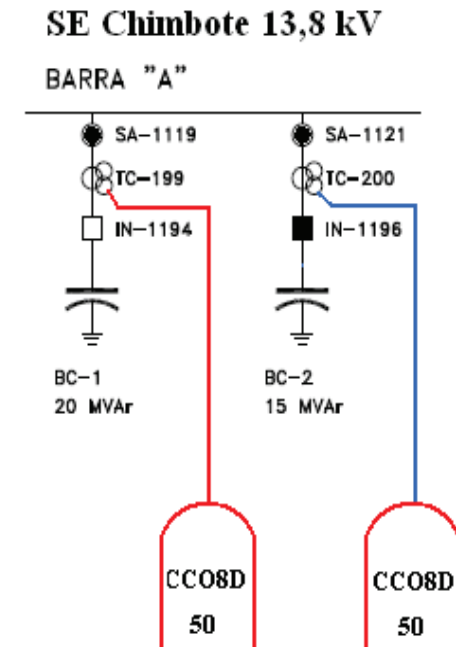
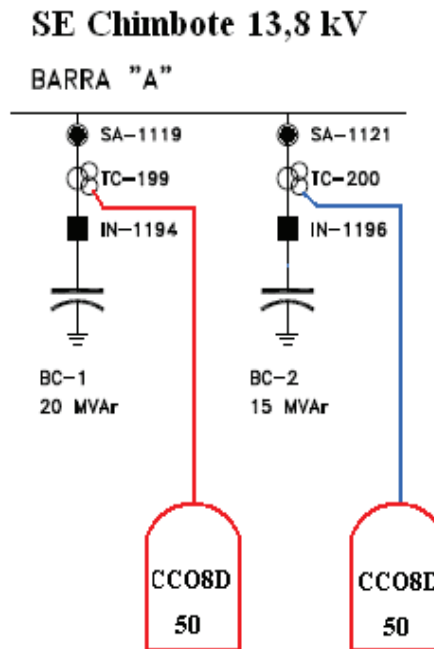
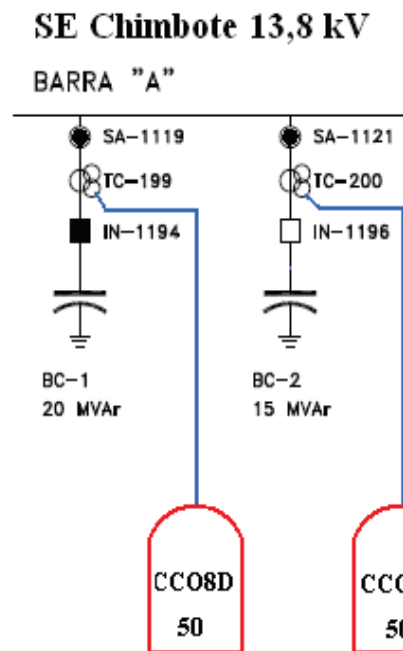


Análisis de fallas en bancos de capacitores

Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote

Descripción del caso

- ❑ Aleatoriamente, al energizar un segundo banco BC-2 (15MVAR) en la SE Chimbote, salía de servicio el que ya se encontraba operando BC-1 (20MVAR), actuaba el relé de sobrecorriente.

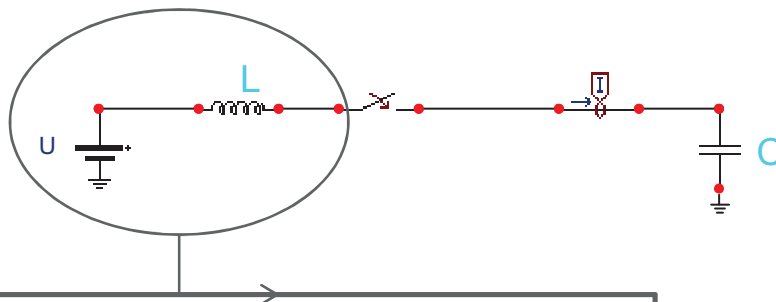


Análisis de fallas en bancos de capacitores

Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote

¿Que fenómenos suceden al energizar un banco de condensadores?: corriente de energización

- ❑ La tensión en los terminales de un condensador no puede variar instantáneamente.
- ❑ Al energizar un banco con tensión inicial cero, se puede producir un cambio muy grande en la tensión dependiendo del punto de tensión en donde se energice.
- ❑ Este cambio abrupto de tensión produce una gran corriente transitoria en el banco, a una frecuencia natural determinada por la capacitancia del banco y la inductancia del sistema asociado.
- ❑ Para entender conceptualmente el fenómeno se puede estudiar el circuito mostrado, el sistema es representado con una fuente DC debido a que la frecuencia del transitorio es muy grande comparada con la frecuencia del sistema (60 Hz).



Datos del sistema eléctrico
Scc : 349,55 MVA
Impedancia de Thevenin: 0.0444 ohm

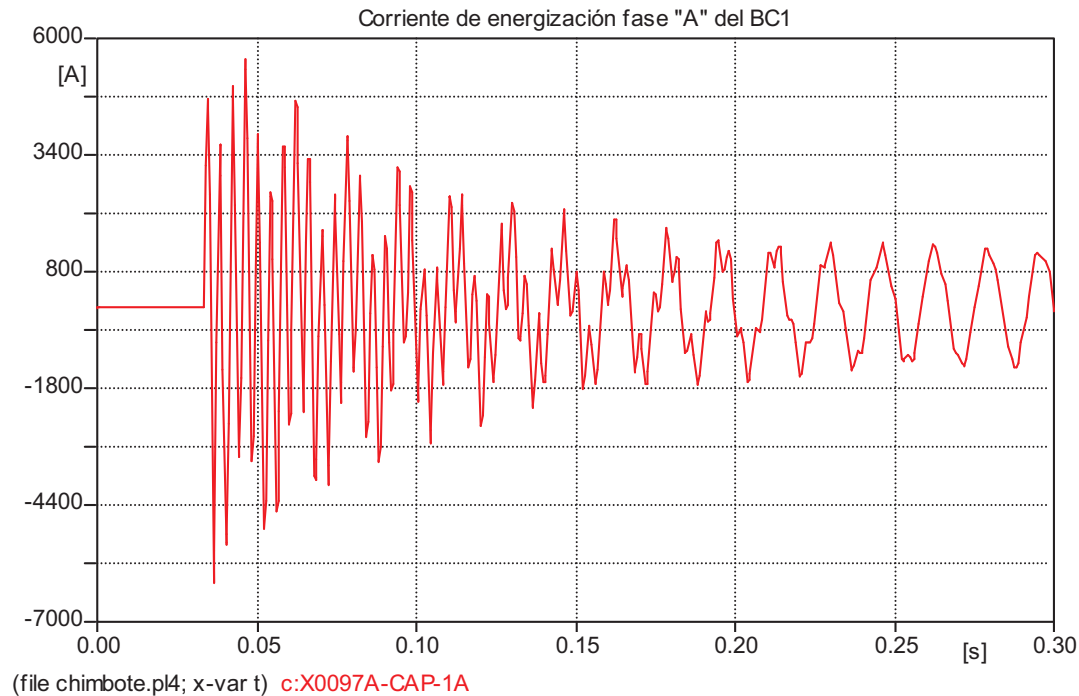
$$I_{inrush} = \frac{V_{peak}}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \sin(\omega_0 t)$$

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote

Simulación de energización de un banco con ATP

- Se simuló la energización de los bancos considerando el efecto resistivo del sistema para encontrar el tiempo que dura el transitorio.



- La corriente inrush o de energización de los BC está entre 7 y 8 veces la corriente nominal de los bancos de condensadores.

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote

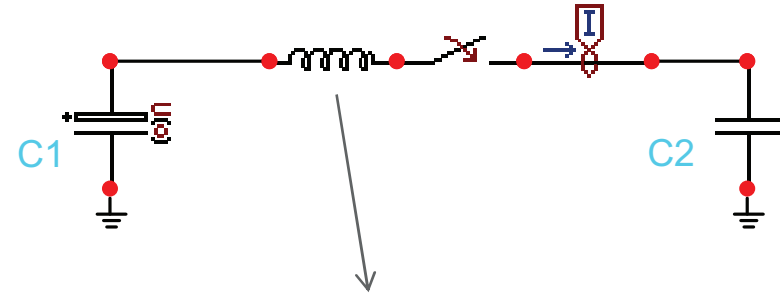
Energización de un banco estando el otro en servicio

- Se desprecia la fuente de tensión del sistema y se considera una pequeña inductancia que representa a la conexión entre ambos condensadores y las capacitancias están en serie,

$$C_{eq} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{278,57 \mu F \times 208,93 \mu F}{278,57 \mu F + 208,93 \mu F} = 119,38 \mu F$$

$$I_{inrush} = \frac{13,8kV \times \sqrt{\frac{2}{3}}}{\sqrt{\frac{L_{cable}}{119,38 \mu F}}}$$

La corriente de energización está entre 100 y 130 veces la corriente nominal



Valores aproximados de inductancia

	Inductancia	
Cable monofásico	1,08	microH/m
Cable trifásico	0.24	microH/m
Seccionador	0.8	microH
Interruptor	Especificada por el fabricante	

Casos	L (microH)	Corriente Inrush kA pico	Frecuencia de la corriente Inrush kHz
1	1,08	118,46	14
2	1,5	100,5	11.89
3	2,0	87,05	10.29
4	2,5	77,86	9.21
5	3,0	71,0	8.4
6	3,5	65,8	7.78
7	4,0	61,55	7.28

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote

Que se puede decir...

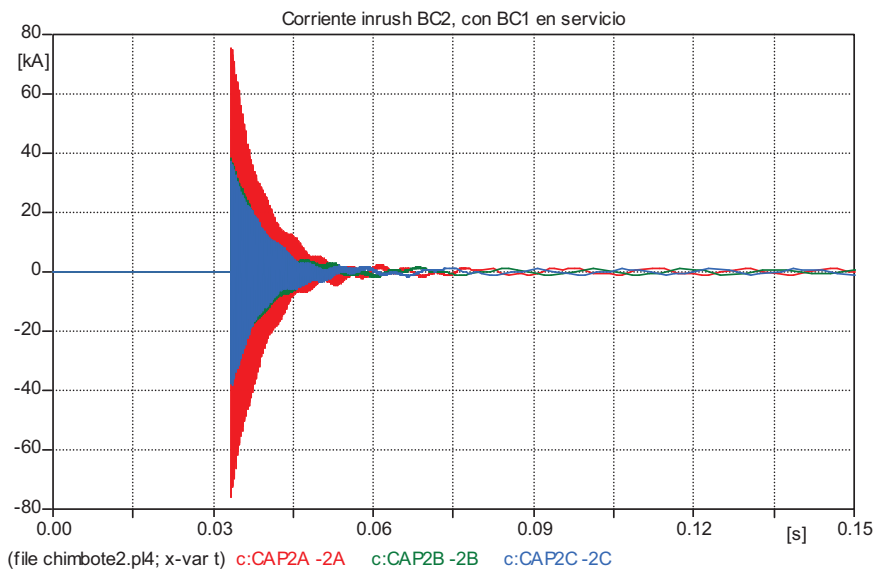
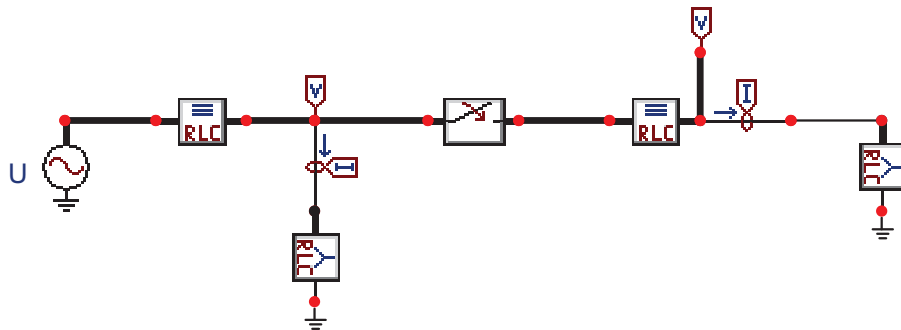
- ❑ Una conclusión importante:

La corriente que circula por los bancos es la misma... si un banco no sale fuera de servicio porque salía el otro.

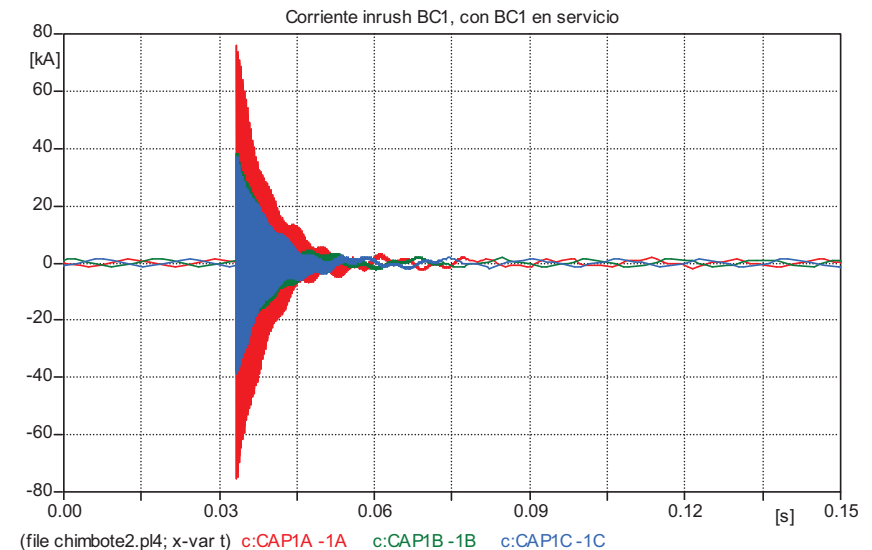
- ❑ Resulta que la temporización no era la misma...

Análisis de fallas en bancos de capacitores **Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote** **Simulación con ATP Conexión de un condensador,** **estando el otro en servicio**

- Se simuló el peor caso ($L=1,5 \mu\text{H}$) considerando amortiguamiento



Corriente inrush en el condensador BC1 considerando amortiguamiento ($L=1,5 \mu\text{H}$, $R=0.001$)



Corriente inrush en el condensador BC2 considerando amortiguamiento ($L=1,5 \mu\text{H}$, $R=0.001$)

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote

Pero, será adecuado aumentar la temporización del otro banco...

- ❑ La norma ABNT (Asociación Brasileira de Normas Técnicas) toma en cuenta las corrientes transitorias de la tabla en la energización de bancos de condensadores

Número Provável de Transitórios por Ano	Valor de Crista Permissível da Corrente Transitória ($\times I_N$)
4	1500
40	1150
400	800
4000	400

- ❑ De acuerdo a la norma los bancos soportan las corrientes transitorias de acuerdo a la cantidad de veces de energización por año.
- ❑ Para el caso de los bancos BC-1 y BC-2 de Chimbote en el que la corriente inrush esta alrededor de 130 veces la corriente nominal, se recomienda que el número de energizaciones no sobrepase de 400 veces por año según la norma ABNT.
- ❑ Para tener un dato exacto del límite del número de energizaciones, debe considerarse los datos del fabricante de los bancos de condensadores (Nissin Electric).

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote

Comportamiento del Sistema de Protección en la Energización de los Bancos

- ❑ Los relés de los bancos por ser de tecnología electromecánica antigua no cuentan con filtros, por lo tanto son afectados por las corrientes elevadas de inserción de los bancos.
- ❑ Es posible reajustar el tiempo de operación de los relés de protección.

BANCO DE CONDENSADORES N° 1 de 20Mvar	
Relés de sobrecorriente:	(TC: 1000/5)
Relés de sobretensión:	10 V
Relé de Voltage	Overvoltage 125 V, Undervoltage 80 V.
Relés auxiliares 152TX	159T: 10 Seg., 164VT: 10 Seg., 130T: 0.10 Seg

BANCO DE CONDENSADORES N° 2 de 15 Mvar	
Relés de sobrecorriente:	(TC 100/5)
Relés de sobretensión:	10 V
Relés auxiliares 252TX	259T :7 Seg., 264VT: 5 Seg., 230T: 0.095 Seg

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Corrientes de Energización en capacitores SE Chimbote

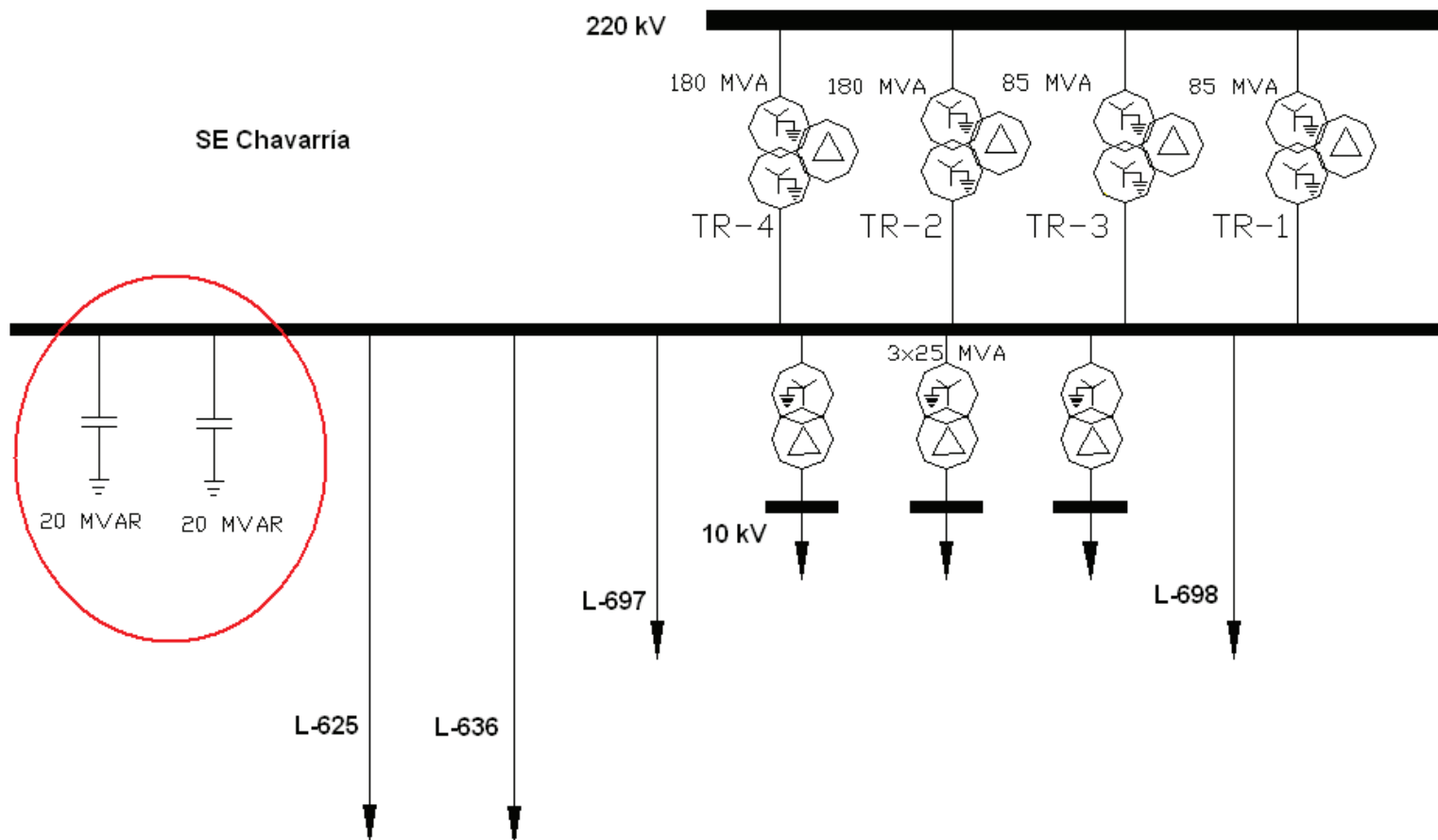
Conclusiones y recomendaciones.

- ❑ La energización de dos bancos conectados a una misma barra produce una corriente de inserción de igual magnitud en ambos bancos de condensadores.
- ❑ La frecuencia de la corriente inrush para la conexión de un banco estando el otro en servicio es mucho mayor a la corriente producida la energizar un banco y se debe básicamente a la reducción de la capacitancia total y a la baja inductancia de la conexión entre bancos.
- ❑ Se recomienda no energizar el banco de los bancos de condensadores más de 400 veces por año, así como tener un registro del número de energizaciones por año.
- ❑ Se recomienda aumentar el tiempo de operación de los relés de sobrecorriente de los bancos BC1 y BC2 a 150ms y efectuar pruebas para garantizar su desempeño.
- ❑ Se recomienda reemplazar los relés de los bancos BC1 y BC2 por relés numéricos que tengan oscilografía.

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Desconexión de los bancos de la SE Chavarría 02/08/2010

Descripción de la instalación



Análisis de fallas en bancos de capacitores

Desconexión de los bancos de la SE Chavarría 02/08/2010

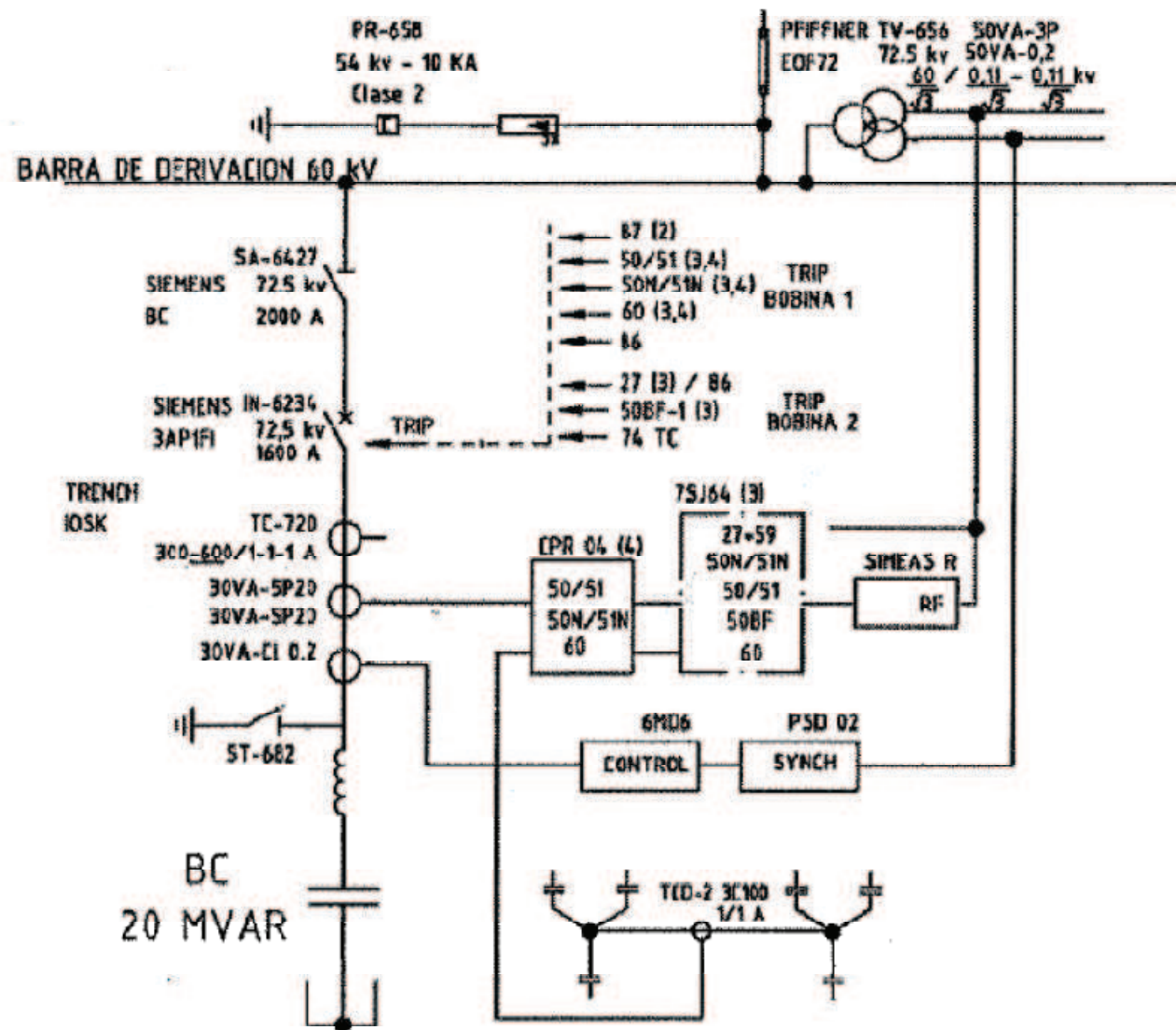
Descripción del caso

- ❑ De manera intempestiva desconectaron ambos bancos de condensadores de la SE Chavarría, al revisar los bancos no se registraba falla interna.

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Desconexión de los bancos de la SE Chavarría 02/08/2010

El esquema de protección de los bancos



Análisis de fallas en bancos de capacitores Desconexión de los bancos de la SE Chavarría 02/08/2010 El registro de actuación del relé que efectuaba el disparo

CPR04 communication program for Version 4 FIRMWARE

FileConfigureExcel Import

Normal Mode SettingsStatusHistory

Read Trip History Information from Relay

History Information

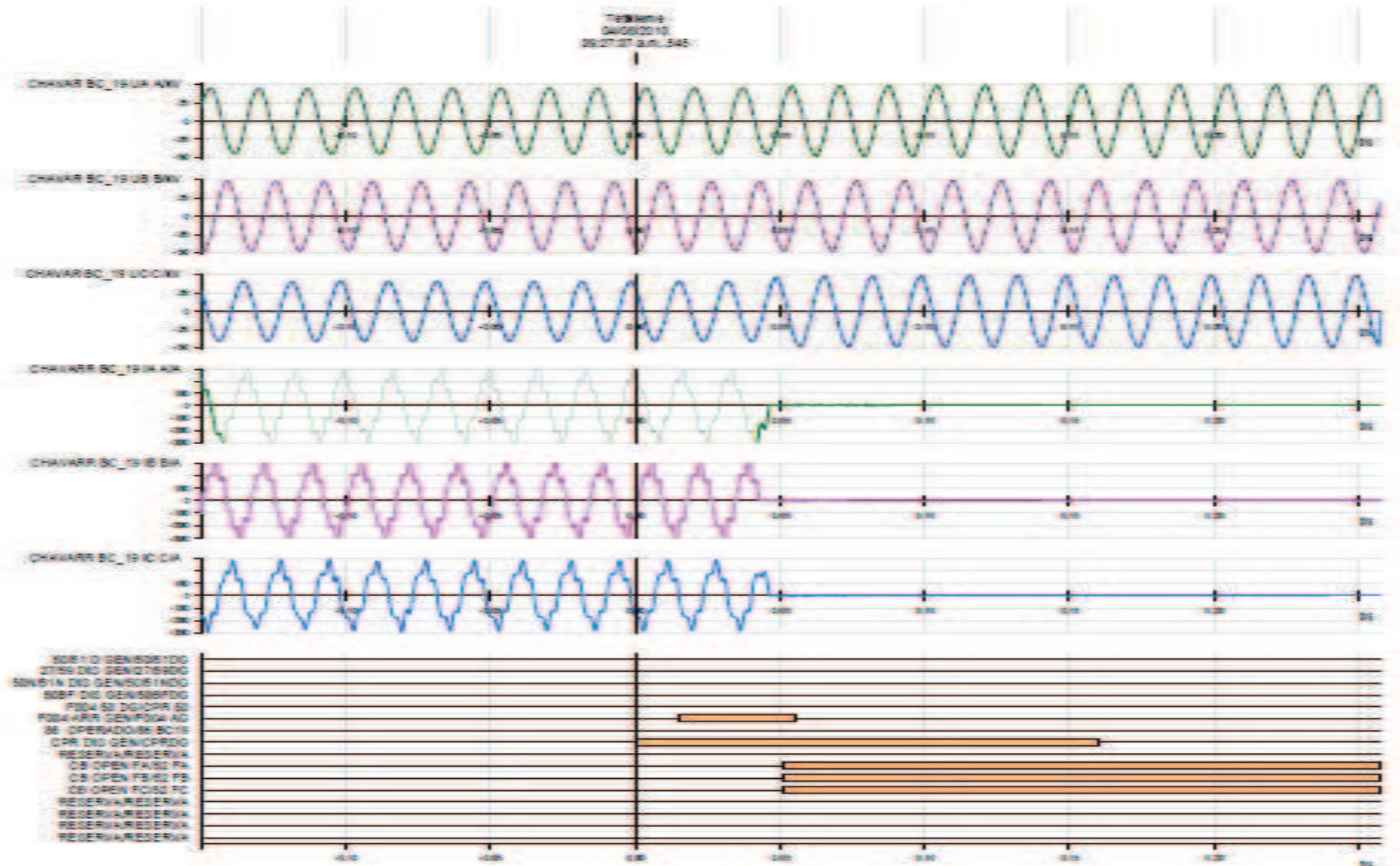
Last Update ->08/08/2010 11:48:46 a.m.

Number	Trip function	Trip time	Level	Trip angle	Trip session	Time Stamp	Relay Tripped	Additional information (* - busy with trip)			
0	lib>>/In trip	0.21s	4.6	0.0	1	2010/08/04 09:22:35 Wed	1 - 3 4 5	4.6(Ve1)	27.7(Ve2)	32.2(Ve3)	
1	lib>>/In trip	0.21s	5.9	0.0	2	2010/08/02 15:05:36 Mon	1 - 3 4 5	5.9(Ve1)	26.3(Ve2)	32.2(Ve3)	
2	lib>>/In trip	0.46s	2.1	0.0	3	2010/07/22 16:59:23 Thu	1 - 3 4 5	2.1(Ve1)	30.7(Ve2)	32.7(Ve3)	
3	lib>/In trip	0.11s	103.9	318.7	4	2010/04/04 17:16:33 Sun	1 - 3 4 5	40.3(I1)	0.0(I2)	103.9(I3)	
4	lib>>/In trip	0.21s	3.3	0.0	5	2010/02/19 11:57:42 Fri	1 - 3 4 5	3.3(Ve1)	27.0(Ve2)	30.4(Ve3)	
5	lib>>/In trip	0.21s	4.7	0.0	6	2010/02/15 21:13:29 Mon	1 - 3 4 5	4.7(Ve1)	29.4(Ve2)	34.1(Ve3)	
6	lib>>/In trip	0.21s	2.5	0.0	7	2010/02/11 19:36:11 Thu	1 - 3 4 5	2.5(Ve1)	29.3(Ve2)	31.8(Ve3)	
7	lib>/In trip	0.11s	188.0	181.2	8	2009/02/09 18:47:36 Mon	1 - 3 4 5	51.5(I1)	0.0(I2)	188.0(I3)	
8	lib>/In trip	0.11s	70.3	800.0	9	2008/12/28 02:05:00 Sun	1 - 3 4 5	0.1(I1)	0.1(I2)	70.3(I3)	
9	lms>/In trip	15.01s	60.3	0.0	10	2008/12/28 02:00:46 Sun	1 - 3 4 -	60.3(I1*)	60.3(I2*)	60.3(I3*)	
10	l1>/In trip	0.41s	50.7	0.0	11	2008/12/28 01:48:02 Sun	1 - 3 4 5	50.7(Ve1*)	50.7(Ve2*)	50.7(Ve3*)	
11		19d30h 5m26.40s		0.0	0.0	12	2000/00/00 122:168.43 Sun	- - 3 4 -	0.0(I1)	0.0(I2)	0.0(I3*)
12		6d 2h43m24.80s		0.0	0.0	13	2000/00/00 192:118.149 Sa	- 2 - - 5	0.0(I1)	0.0(I2)	800.0(I3*)
13		5d59h 4m57.60s		800.0	0.0	14	2025/3587 209:14:16P	1 - - 4 -	0.0(I1)	0.0(I2)	800.0(I3*)
14		223d20h44m48.00s		0.0	0.0	14	20159/103/67 200:78.137	- - - 4 -	0.0(I1)	0.0(I2)	0.0(I3*)
15		2d 0h 2m25.80s		0.0	0.0	14	20142/120/7 22:198.168	- - - 4 -	0.0(I1)	0.0(I2)	0.0(I3*)
16	l1>>/In trip	0.06s	330.7	0.0	14	2008/12/23 20:39:52 Tue	1 - 3 - 5	310.4(I1*)	316.9(I2*)	330.7(I3*)	
17	lms>/In trip	15.01s	255.5	0.0	15	2008/12/23 20:36:29 Tue	1 - 3 - -	255.0(I1*)	255.5(I2*)	255.0(I3*)	
18	l1>/In trip	0.41s	255.1	0.0	15	2008/12/23 20:36:14 Tue	1 - 3 - 5	254.0(I1*)	255.1(I2*)	254.5(I3*)	
19	lms>/In trip	15.01s	207.5	0.0	16	2008/12/23 20:31:58 Tue	1 - 3 - -	207.1(I1*)	207.5(I2*)	207.1(I3*)	
20	l1>/In trip	0.41s	207.2	0.0	16	2008/12/23 20:31:44 Tue	1 - 3 - 5	206.4(I1*)	207.2(I2*)	206.5(I3*)	
21	lib>/In trip	10.02s	1.0	0.0	17	2008/12/23 20:29:33 Tue	1 - 3 - 5	1.0(Ve1)	337.0(Ve2)	338.0(Ve3)	
22	lms>/In trip	15.01s	338.5	0.0	17	2008/12/23 20:29:26 Tue	1 - 3 - -	338.0(I1*)	338.5(I2*)	338.2(I3*)	
23	l1>/In trip	0.41s	337.8	0.0	17	2008/12/23 20:29:11 Tue	1 - 3 - 5	336.9(I1*)	337.8(I2*)	337.8(I3*)	
24	l1>>/In trip	0.06s	334.2	0.0	17	2008/12/23 20:29:11 Tue	1 - 3 - 5	334.2(Ve1*)	331.5(Ve2*)	332.0(Ve3*)	

Análisis de fallas en bancos de capacitores

Desconexión de los bancos de la SE Chavarría 02/08/2010

El registro de la oscilografía



Análisis de fallas en bancos de capacitores

Desconexión de los bancos de la SE Chavarría 02/08/2010

Comentarios después de ver la información

- ☐ ¿Se presentaba alguna falla intermitente en el banco?
- ☐ ¿La causa de la falla era interna o externa?
- ☐ ¿Qué tipo de disturbios generaban las desconexiones del banco?
- ☐ ¿Será posible que la función de desbalance de neutro actúa ante tensiones/corrientes desbalanceadas en las fases?

Análisis de fallas en bancos de capacitores
Desconexión de los bancos de la SE Chavarría 02/08/2010
Comentarios después de ver 1000 veces la información se
llegó a las siguientes conclusiones

- ❑ Se registro que la salida del banco coincidía con fallas en líneas de distribución cercanas a la subestación Chavarría.
- ❑ Una falla monofásica causaba un desbalance en las tensiones de las fases del banco.
- ❑ El relé que protegía el banco contenía un función back up que se basa en la medición del desbalance de corrientes de fases las cuales se origina por suministro de tensiones desbalanceados.
- ❑ Se analizó la posibilidad de reajustar esta función o deshabilitarla.
- ❑ La función back up no era necesaria ya que al contar el banco con dos piernas es mejor la función de desbalance de neutro en la conexión de las dos piernas (para un esquema de protección ...mientras mas simple ... mejor) entonces se deshabilito.