

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ESQUEMA DE RECIERRE EN SUBESTACIONES DE
INTERRUPTOR Y MEDIO BASADOS EN
COMUNICACIÓN GOOSE**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

JUAN CARLOS VELARDE TINOCO

PROMOCIÓN

2010 - I

LIMA – PERÚ

2013

**ESQUEMA DE RECIERRE EN SUBESTACIONES DE
INTERRUPTOR Y MEDIO BASADOS EN
COMUNICACIÓN GOOSE**

DEDICADO:

A mis padres y a todos mis seres queridos, en especial a mi abuelo Lauro.

SUMARIO

En el presente informe de suficiencia trata de implementar un esquema de recierre para una subestación de interruptor y medio usando comunicación GOOSE; La disposición de interruptor y medio, llamada a veces de triple conexión, es una configuración con dos barras principales energizadas e independientes. Las barras están conectadas por un circuito de 3 interruptores y entre cada par de interruptor una salida que puede ser de línea, transformador o generador, a este circuito con 3 interruptores y 2 salidas se le conoce como diámetro.

El diámetro se divide en 3 cortes (A, B y C) dando lugar a un esquema especial de recierre, donde cierra primero el interruptor Maestro y luego el Seguidor, esta lógica Maestro – Seguidor se implementó instalando un relé Siemens (7VK61) para cada uno de los 3 interruptores que forman el diámetro.

El relé que realiza el recierre del interruptor del corte A (Maestro) debe enviar una señal de confirmación de recierre exitoso al relé del corte B (Seguidor), el envío de mensajes entre los IED's (dispositivos electrónicos inteligentes) puede ser usando cables de cobre pero en este trabajo mostraremos la posibilidad de llevar esta señal vía mensaje GOOSE usando fibra óptica y respetando el protocolo IEC 61850.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| PROLOGO | 1 |
| CAPÍTULO I | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1 Objetivo | 3 |
| 1.2 Alcances | 3 |
| 1.3 Importancia o Justificación del Informe | 3 |
| CAPÍTULO II | 5 |
| MARCO TEORICO CONCEPTUAL | 5 |
| 2.1 Antecedentes | 5 |
| 2.2 El Sistema Eléctrico de Potencia | 5 |
| 2.3 Filosofía del Sistema de Protección Para el Proyecto Zapallal – Trujillo | 7 |
| 2.3.1 Protección de Líneas de Transmisión | 7 |
| 2.4 Esquema de Recierre y Ajustes Recomendados | 9 |
| 2.5 Selector de Recierre de Cuatro Posiciones (OFF, 1, 3, 1+3) | 11 |
| 2.5.1 Recierre Apagado (OFF) | 11 |
| 2.5.2 Recierre Solo Monopolar (1) | 11 |
| 2.5.3 Recierre Solo Tripolar (3) | 11 |
| 2.5.4 Recierre Monopolar y/o Tripolar (1+3) | 11 |
| 2.6 Norma IEC 61850 | 12 |
| CAPÍTULO III | 19 |
| METODOLOGÍA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA | 19 |
| 3.1 Lógica de Recierre Relé de Protección Siemens 7VK611 | 19 |
| 3.2 Descripción Secuencia de Recierre Automático | 19 |
| 3.3 Funcionamiento Esquema de Recierre Con Lógica Maestro - Seguidor | 23 |
| 3.4 Recierre Para Diámetro Con Configuración Línea-Generador | 25 |
| 3.4.1 Condiciones Para Que Corte B se Convierta en Maestro | 26 |
| 3.4.2 Recierre Apagado (OFF) | 27 |
| 3.4.3 Recierre Solo Monopolar (1) | 27 |
| 3.4.4 Recierre Solo Tripolar (3) | 28 |
| 3.4.5 Recierre Monopolar y/o Tripolar (1+3) | 29 |
| 3.4.6 Ajuste Esquema de Recierre Subestación Chimbote 500kV Diámetro con | |

| | |
|--|----|
| Configuración Línea-Generador. | 29 |
| 3.5 Recierre Para Diámetro Con Configuración Línea - Línea | 30 |
| 3.5.1 Condiciones Para Que Corte B se Convierta en Maestro | 30 |
| 3.5.2 Recierre Apagado (OFF) | 31 |
| 3.5.3 Recierre Solo Monopolar (1) | 31 |
| 3.5.4 Recierre Solo Tripolar (3) | 33 |
| 3.5.5 Recierre Monopolar y/o Tripolar (1+3) | 35 |
| 3.5.6 Ajustes Esquema de Recierre Subestación Chimbote 500kV Diámetro Con Configuración Línea - Línea | 36 |
| CAPÍTULO IV | 37 |
| ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS | 37 |
| 4.1 Resultados de Pruebas | 37 |
| 4.1.1 Pruebas END TO END | 37 |
| 4.1.2 Descripción de las Pruebas END TO END | 38 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 41 |
| BIBLIOGRAFÍA | 43 |
| ANEXO N°1: Diagrama unifilar proyecto Zapallal-Trujillo y área de influencia | 44 |
| ANEXO N°2: Diagrama unifilar de las subestaciones asociadas al proyecto Zapallal - Trujillo | 46 |
| ANEXO N°3: Ajuste esquema de recierre subestación Chimbote 500kv diámetro con configuración línea-generador | 50 |
| ANEXO N°4: Ajuste esquema de recierre subestación Chimbote 500kv diámetro con configuración línea-línea | 69 |
| ANEXO N°5: Reporte de pruebas L5006 Carabayllo-Chimbote 500kV | 88 |

PROLOGO

El propósito de este informe es presentar una metodología para la función de auto-recierre en subestaciones de interruptor y medio. Se analiza el problema de controlar el par de interruptores que tiene como salida la línea de transmisión L-5006 y L-5008 de la subestación Chimbote 500kV, de manera tal que el interruptor del medio llamado seguidor realice un auto-recierre con un retardo de 200ms después del auto-recierre exitoso del interruptor del extremo llamado Maestro.

En este documento daremos una típica solución de auto-recierre utilizando relés 7VK611, los relés debe recerrar coordinadamente ambos interruptores para no perder la energía demandada de la línea. El informe consta de cuatro Capítulos, el Capítulo I corresponde a la introducción, indicándose los objetivos y alcances del informe, el Capítulo II describe los antecedentes y las bases teóricas para la implementación de la lógica, el Capítulo III describe la metodología para la solución del problema, el Capítulo IV presenta los resultados de las pruebas END to END que se realizaron con el propósito de verificar que se cumpla la lógica implementada en cada relé 7VK611 para el esquema Maestro – Seguidor.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El Proyecto de Reforzamiento del Sistema Eléctrico del Norte Zapallal – Trujillo 500kV está constituido por subestaciones de interruptor y medio. Desde el punto de vista de protección de la red y considerando la criticidad de las subestaciones, éstas pueden ser clasificadas en tres grupos diferentes: No-críticas, semi-críticas o críticas. La designación del grado de criticidad de una subestación depende del impacto que se produce en el SEIN cuando un elemento de dicha subestación se pierde. Dicha designación tiene un efecto importante en el diseño del esquema de protección en dicha subestación. Subestaciones con un alto nivel de criticidad requieren un alto nivel de confiabilidad en su operación, por lo tanto, los esquemas de protección en dichas subestaciones incluyen redundancia y diferentes funciones de respaldo.

Los esquemas comunes de barras, por ejemplo: Barra sencilla, barra partida, barra simple con reserva, han demostrado ser esquemas de barras muy robustos que han funcionado muy bien en el SEIN. Sin embargo con el objetivo de aumentar los índices de confiabilidad del SEIN, se construyen subestaciones con esquemas de barras denominados interruptor y medio. Una característica importante de los esquemas de barras de interruptor y medio es la continuidad en la operación de las líneas de transmisión, incluso, cuando hay un elemento de la subestación, interruptor o cuchilla seccionadora, fuera de servicio.

Otra importante característica es que en caso de una perturbación sobre una de las bahías (de línea o de transformador), únicamente la bahía afectada es aislada y las restantes bahías mantienen su operación normal así como ambas barras. Cuando se habla de bahías de línea, se refiere a la presencia de una línea de transmisión que interconecta dicha subestación con aledaños. Por otro lado, cuando se habla de bahía de transformador, se refiere a la presencia de un transformador.

Debido a la proliferación de subestaciones con esquemas de barras de interruptor y medio, y teniendo en cuenta que futuras subestaciones en el SEIN podrían ser construidas con este esquema de barras, es importante preparar soluciones a los problemas que serán introducidos por dichos esquemas de barras. Uno de los principales desafíos, introducido con dichos esquemas de barras, es el esquema de protecciones.

Con la implementación de esquemas de interruptor y medio, esquemas de protecciones, como la protección por falla de interruptor, diferencial de barra, protección de distancia y la función de auto-recierre, han tenido que ser ligeramente modificadas. Esta última función, auto-recierre, es la encargada de restablecer la línea de transmisión tiempo después de que ésta fue desconectada por la operación inmediata de una protección de línea (por ejemplo, la protección de distancia). Esta función se ejecuta en el SEIN después de la operación monopolar debido a una falla monofásica. El ciclo de auto-recierre tarda generalmente 500 ms, cuando no es bloqueada por alguna otra función de protección, para enviar la señal binaria de auto-recierre al interruptor que fue desconectado.

Respecto a la función de auto-recierre en esquemas de interruptor y medio se ha notado que cuando existe una falla en la línea de transmisión el par de interruptores asociadas a esta deben realizar un auto-recierre, controlados por los relés 7VK611 en los cuales se debe implementar un esquema lógico de Maestro-Seguidor para que el interruptor del medio (Seguidor) recierre con un retardo de tiempo de 200ms después que el interruptor del extremo (Maestro).

1.1 Objetivo

Desarrollar una lógica Maestro – Seguidor para esquemas de recierres en Subestaciones del Proyecto Zapallal – Trujillo 500kV los cuales tienen una configuración de interruptor y medio.

Como caso base de aplicación se tomó las subestaciones de Carabayllo y Chimbote que forman parte de la red de transmisión del Proyecto Zapallal - Trujillo 500kV.

1.2 Alcances

- Realizar la parametrización definitiva para las funciones de recierre y verificación de sincronismo.
- Implementar compuertas lógicas en los relés 7VK61 para el envío y recepción de mensajes GOOSE entre ellas.
- Analizar los dos casos topológicos de recierre cuando el diámetro tiene una configuración Línea – Generador y Línea - Línea.
- Realizar las pruebas END to END para verificar que se cumpla la lógica Maestro – Seguidor.

1.3 Importancia o Justificación del Informe

El presente informe, servirá como guía para implementar esquemas de recierre usando la lógica Maestro – Seguidor en subestaciones con configuración de interruptor y medio sin la necesidad de usar cableado de cobre para enviar señales entre los IED's, este uso convencional de cables de cobre hacia muy complicada y engorrosa la

implementación de la lógica debido a la gran cantidad de conexionado entre los ellas, todo ese conexionado es reemplazado por cables de fibra óptica al usar protocolo 61850 para enviar mensajes GOOSE entre dichos equipos, también podemos resaltar los grandes beneficios económicos al llevar todas las señales por un solo cable de FO (fibra optica).

CAPÍTULO II MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

El proyecto de reforzamiento del sistema eléctrico del norte línea de transmisión Zapallal-Trujillo de 500kV contempla en su recorrido la línea 5006 y 5008 entre las subestaciones de Carabayllo, Chimbote y Trujillo, estas subestaciones que se encuentran en el extremo de cada línea tienen una configuración de interruptor y medio, y según los requerimientos técnicos todas las líneas deberán contar con relés de recierre monofásico, controlados y coordinados por dispositivos electrónicos inteligentes (IED's), que actúen sobre el par de interruptores, asociados a las líneas de transmisión, ubicados en las subestaciones de llegada en ambos extremos de la línea.

Estos dispositivos electrónicos inteligentes deben realizar la lógica maestro-seguidor para que la línea de transmisión realice un auto-recierre exitoso sin cortar el suministro de energía eléctrica, estos esquemas lógicos de Maestro-Seguidor dependen mucho del envío y recepción de señales entre los IED's de cada corte del diámetro, la lógica a implementar son las siguientes:

- El interruptor Seguidor debe recerrar con un retardo de tiempo de 200ms después que cierra el interruptor Maestro.
El interruptor del medio debe comportarse como líder y realizar un auto-recierre cuando el interruptor Maestro se encuentre abierto o fuera de servicio.

2.2 El Sistema Eléctrico de Potencia

Un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) tiene por finalidad garantizar el suministro de energía eléctrica dentro de su área de aplicación, para lo cual debe operar garantizando el abastecimiento al mínimo costo y con el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos para mantener un servicio continuo confiable y económico cumpliendo con los niveles de calidad establecidos en la norma técnica correspondiente.

El SEP está constituido por diversas instalaciones que deben ser interconectadas, ya que los centros de generación se encuentran en distintos lugares de los centros de demanda de energía eléctrica. Por tal motivo se distingue los siguientes componentes:

- Generación, que son las centrales de generación eléctrica incluyendo las instalaciones de conexión al Sistema de Transmisión.

Transmisión, que son las Líneas de Transmisión y las Subestaciones (incluyendo los equipos de compensación reactiva) que interconectan las instalaciones de generación con las de distribución.

Distribución, que son las Líneas y Subestaciones de Subtransmisión, así como también las Redes de Distribución.

Consumidores, que son todas y cada una de las cargas conectadas a un sistema de distribución

El SEP debe atender la demanda de potencia eléctrica, la cual debe ser permanentemente equilibrada por la generación. Esta situación de equilibrio corresponde a la operación de régimen permanente; sin embargo, se pueden producir perturbaciones cuando se altera el equilibrio de potencia activa o de potencia reactiva en el sistema, lo cual determinará cambios que lo llevan a una nueva situación de régimen permanente. Durante este proceso se producen oscilaciones de las máquinas que son parte de su operación normal en estado estacionario.

El SEP puede también ser sometido a solicitaciones que no corresponden al cubrimiento de la demanda, las cuales se presentan como eventos transitorios que ocasionan perturbaciones importantes ya sea sobrevoltajes y/o sobrecorrientes que pueden producir oscilaciones de las máquinas sincrónicas, las cuales deben amortiguarse, caso contrario, serán peligrosas para su funcionamiento, afectando su estabilidad y provocando la desconexión de las mismas.

Los eventos antes mencionados han sido clasificados en cuatro tipos, según la rapidez de los mismos y son los siguientes:

- a) Clase A: Transitorios ultrarrápidos
 - Transitorios por descargas atmosféricas 10⁻⁶ a 10⁻³ (s).
 - Transitorios por maniobras 10⁻⁵ a 10⁻² (s).
 - Fenómenos de resonancia 10⁻³ a 100 (s).
- b) Clase B: Transitorios rápidos o dinámicos
 - Transitorios por generadores 10⁻³ a 10¹ (s).
 - Estabilidad transitoria 10⁻¹ a 10² (s).
 - Estabilidad de largo plazo 10¹ a 10⁴ (s).
- c) Clase C: Transitorios moderados o de estado cuasi estacionario
 - Corrientes de falla 10⁻¹ a 10¹ (s).
- d) Clase D: Transitorios lentos o de estado estacionario
 - Distorsión por armónicos 10⁰ a 10³ (s).
 - Flujos de potencia 10⁰ a 10³ (s).

Dentro de la Clase A, la probabilidad de fallas en líneas de transmisión, causados por

relámpagos, es de 0 a 3 fallas por 100 kilómetros y por año [1].

A esto se tienen que agregar las fallas causadas por la contaminación, aerosol salino presente principalmente a nivel del mar, oscilación de conductores, dispositivos de elevación que tocan los conductores. En la mayoría de los casos las fallas con presencia de relámpagos son las más comunes.

Alrededor del 80% de las fallas son monofásicas, el 10% son fallas bifásicas a tierra, el 5% fallas bifásicas aisladas y el restante 5% son fallas trifásicas y trifásicas a tierra [1]. En voltajes más bajos las fallas multi-fase serán más comunes, debido a un más bajo nivel de aislamiento básico. El número de fallas también aumenta debido a distancias más bajas. En consecuencia, el SEP debe estar diseñado para atender la demanda de potencia, pero también debe estar dotado de los recursos necesarios para prevenir la aparición de estos fenómenos y si ocurren, poderlos controlar de manera de que el sistema pueda restablecerse prontamente y no colapse.

2.3 Filosofía del Sistema de Protección Para el Proyecto Zapallal - Trujillo

En este capítulo se describirá de manera general la filosofía de las protecciones a implementar en las nuevas instalaciones del proyecto Zapallal - Trujillo. Asimismo cabe resaltar que todos los relés de protección del proyecto son de la marca Siemens.

El diagrama unifilar del proyecto Zapallal - Trujillo así como el área de influencia del proyecto se ilustran en el Anexo N°1.

2.3.1 Protección de líneas de transmisión

Todas las líneas de transmisión nuevas del proyecto contarán con tres relés de protección los cuales son denominados: PL1, PL2 y PL3.

Para la línea L-5006 (Carabayllo – Chimbote) se tendrá dos relés principales de distancia y una protección de sobrecorriente de respaldo.

Para la línea L-5008 (Chimbote - Trujillo Nueva) se tendrá dos relés principales (uno de distancia y uno diferencial de línea) y una protección de sobrecorriente de respaldo.

Las líneas L-2290 y L-2291 (Trujillo Norte – Trujillo Nueva) contarán con dos relés principales (ambos diferencial de línea) y una protección de sobrecorriente de respaldo.

Para el caso de las líneas en 220kV las funciones de recierre y sincronismo se encuentran dentro de las protecciones diferenciales de línea mientras que para las líneas en 500kV el mismo se hace de manera externa.

Los diagramas unifilares de cada subestación involucrada dentro del proyecto Zapallal-Trujillo se encuentran en el Anexo N°2, dichas subestaciones tienen una configuración de interruptor y medio.

En la tabla N° 2.1 se muestran los relés de protección y las funciones habilitadas en cada una de ellas de acuerdo al estudio de coordinación de protección del proyecto

Zapallal - Trujillo.

Tabla N° 2.1 Relés Líneas de Transmisión Proyecto Zapallal - Trujillo

| Línea | Tensión (kV) | Relés | Funciones Habilitadas | RTC | RTT |
|------------------|--------------|--------------|---|--------|----------|
| L-2290 L-2291 | 220 | 7SD522 (PL1) | 87L, 21, POTT, 67NCD, 67N, 25, 79, 27, 59, cierre en falla (SOTF) | 1250/1 | 220/0.11 |
| | | 7SD522 (PL2) | 87L, 21, POTT, 67NCD, 67N, 25, 79, 27, 59, cierre en falla (SOTF) | | |
| | | 7SJ641 (PR) | 51,50,51N,50N,67 | | |
| L-5006 | 500 | 7SA612 (PL1) | 21, POTT, 67NCD, 67N, STUB, 68, 27, 59, SOTF | 1000/1 | 500/0.11 |
| | | 7SA612 (PL2) | 21, POTT, 67NCD, 67N, STUB, 68, 27, 59, SOTF | | |
| | | 7SJ641 (PR) | 51,50,51N,50N,67 | | |
| L-5008 | 500 | 7SA612 (PL1) | 21, POTT, 67NCD, 67N, STUB, 68, 27, 59, SOTF | 1000/1 | 500/0.11 |
| | | 7SD522 (PL2) | 87L, 67NCD, 67N, 25, 79, 27, 59, cierre en falla (SOTF) | | |
| | | 7SJ641 (PR) | 51,50,51N,50N,67 | | |

El esquema de recierre puede ser activado por cualquiera de las funciones 87L, 21, POTT y 67NCD (sobrecorriente de tierra en comparación direccional). Asimismo, el esquema permite que el recierre pueda ser monofásico, trifásico o monofásico más trifásico, según se requiera (el detalle del esquema de recierre para el proyecto Zapallal - Trujillo se explicará en el punto 0).

La función de sobretensión debe generar disparo local sobre los interruptores de línea y también el envío de disparo directo transferido (DTT) al extremo remoto.

Las protecciones diferenciales de línea en ambos extremos se encuentran comunicadas permanentemente por medio de un sistema de comunicación de fibra óptica.

Asimismo, los interruptores de las líneas de transmisión cuentan todos con un relé 86 de disparo y bloqueo cuya actuación se hace efectiva para disparos tripolares por las siguientes funciones:

- Disparo protección de distancia en zonas 2, 3 y 4.
- Disparo por cierre en falla (SOTF).
- Sobrecorriente temporizado.
- Disparos por funciones 27 y 59.

Así mismo, cada interruptor de los cortes cuenta con una protección propia (ver Tabla N° 2.2) en la cual se encuentra implementado el esquema de recierre y sincronismo para todos los campos de la subestación. Adicionalmente para el caso de los

interruptores de los cortes B, esta protección es la encargada de realizar la función por 50BF cuyo disparo se da a través del respectivo relé 86 del interruptor.

Tabla N° 2.2 Relés de Recierre, Sincronismo y 50BF para los Cortes A, B y C en Subestaciones 500kV Proyecto Zapallal – Trujillo.

| Equipo | Tensión (kV) | Relés | Funciones Habilitadas | RTC | RTT |
|--------------------|--------------|-------------|------------------------|--------|--------------|
| Corte A Corte C | 500 | 7VK611 (PP) | 25, 79 | 1000/1 | 500kV/0.11kV |
| Corte B | 500 | 7VK611 (PP) | 25, 79, 50BF(E1-E2-E0) | 1000/1 | 500kV/0.11kV |

2.4 Esquema de Recierre y Ajustes Recomendados

A La experiencia operativa muestra que un gran porcentaje de fallas en líneas aéreas de transmisión desaparecen después de una corta interrupción, dando el tiempo necesario para la extinción del arco y la recuperación del aislamiento (aire). Si se dispone de sistemas de protección con algoritmos de selección de fases (fase segregada), ante una falla monofásica es posible que se abra solo el polo asociado a la fase comprometida. En este caso es necesario disponer de un interruptor con mecanismo de operación monopolar. Ante esta condición se iniciaría un ciclo de recierre monopolar. En caso de presentarse una falla multifásica la apertura sería tripolar y se iniciaría entonces un ciclo de recierre tripolar. Si después de hacer un primer intento la condición de falla no ha desaparecido, se podría inicializar un nuevo ciclo e intentar un nuevo recierre. Para el caso particular del STN solo se ajusta un ciclo de recierre monopolar y/o tripolar.

El recierre monopolar se hace sin verificación de sincronismo (con la conexión de dos fases se puede mantener la condición de sincronismo) y el recierre tripolar podría hacerse con o sin verificación de sincronismo (dependiendo de las características del sistema, aunque lo recomendado es hacerlo con verificación de sincronismo).

No obstante para las ventajas que puede tener el recierre es necesario realizar los estudios de estabilidad que avalen su conveniencia y aplicación, principalmente para líneas de transmisión que se conecten cerca de generadores. Normalmente un recierre exitoso tiene enormes beneficios para el sistema, pero un recierre en falla implica esfuerzos para los circuitos y puede comprometer la estabilidad del sistema.

La elección del tipo de recierre a usar depende del nivel de voltaje, los requerimientos del sistema, consideraciones de estabilidad y la proximidad a generadores.

Cuando se va a recerrar una línea de transmisión, esta se encuentra inicialmente desenergizada. Ante esta condición se debe determinar cuál de las dos subestaciones debe recerrar de forma inmediata con esquema de recierre Barra Viva – Línea Muerta y cual debe implementar la verificación de sincronismo en esquema Barra Viva – Línea

Viva. El análisis consiste en determinar, de acuerdo con los resultados de estudios eléctricos, cuál es el lugar más favorable para energizar el circuito y en cual realizar la sincronización. Los criterios para seleccionar el extremo más adecuado para hacer el recierre con verificación de sincronismo se fundamenta en el análisis de las diferencias de tensión, frecuencia y ángulo que se presenta en cada uno de los extremos al simular un cortocircuito en la línea, seleccionándose el extremo en el cual las diferencias sean menores. Desde el punto de vista de la sobretensión, la sincronización se debe realizar en la barra en donde esta no exista o donde sea menor.

El ajuste del relé de recierre se hace teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- De acuerdo con los estudios de sincronización realizados, el recierre debe hacer un ciclo trifásico en condiciones de Barra Viva - Línea Muerta, Barra Viva – Línea Viva con verificación de sincronismo.

El relé verificará la presencia de tensión en la barra y la ausencia o presencia de tensión en la línea como condición para iniciar el ciclo de recierre trifásico.

Es importante verificar también en cual extremo es menos comprometedor para el sistema, desde el punto de vista de la estabilidad, un recierre no exitoso. Se debe seleccionar como extremo para el cierre Barra Viva – Línea Muerta el extremo menos comprometedor, si el estudio confirma que un recierre no exitoso en algún extremo puede conducir a problemas de estabilidad.

Como recomendación general (aunque esto se debe validar con los estudios eléctricos arriba mencionados), tanto para recierre como para el cierre manual se debe energizar primero el extremo más fuerte (mayor nivel de cortocircuito) y posteriormente el extremo débil (menor nivel de cortocircuito). Los ajustes recomendados para cada extremo son:

Ajustes extremo fuerte

T_{muerto} (recierre monofásico) = 600ms

T_{muerto} (recierre trifásico) = 500ms

Verificación de sincronismo para recierre trifásico con condición:

Barra Viva – Línea Muerta

Ajustes extremo débil

T_{muerto} (recierre monofásico) = 700ms

T_{muerto} (recierre trifásico) = 700ms

Verificación de sincronismo para recierre trifásico con condición:

Barra Viva – Línea Viva

Barra Muerta – Línea Viva

Para ambos extremos se tiene que T_{reclamo} debe ser 20 s. Bloqueo después de un cierre manual en 20 s.

Los valores de ajuste para la verificación de sincronismo tanto para recierre tripolar como para cierre manual son los siguientes:

$$\Delta f = 10 \text{ mHz}$$

$$\Delta \Phi = 30^\circ$$

$$\Delta V = 10 \%$$

Adicional a esto hay que tener en cuenta los siguientes ajustes para la discrepancia de polos:

$$T_{\text{discrepancia (patio)}}: 2.0 \text{ s}$$

$$T_{\text{discrepancia (sala)}}: 1.2 \text{ s}$$

En la medida de lo posible la discrepancia de polos se debe implementar en la sala de control mediante relés temporizados o programados en los relés de protección numéricos. Se debe pensar en la implementación propia de los interruptores como un respaldo temporizado.

2.5 Selector de Recierre de Cuatro Posiciones (OFF, 1, 3, 1+3)

Para cada una de las derivaciones de línea en la Subestación Chimbote 500kV se instaló un selector de recierre de cuatro posiciones fijas:

2.5.1 Recierre Apagado (OFF)

Ante una falla en la derivación todos los disparos serán tripolares y definitivos.

2.5.2 Recierre Solo Monopolar (1)

Se recierra solo monopolarmente ante fallas monofásicas. Ante falla multifásicas todos los disparos serán tripolares y definitivos.

2.5.3 Recierre Solo Tripolar (3)

Ante cualquier tipo de falla (monofásica o multifásica) los disparos serán tripolares y el recierre será tripolar con verificación de sincronismo.

2.5.4 Recierre Monopolar y/o Tripolar (1+3)

Se pueden hacer los dos ciclos antes mencionados. Ante fallas monofásicas los disparos serán monopolares y el recierre será monopolar. Ante fallas multifásicas los disparos serán tripolares y el recierre será tripolar. Es posible ante una condición de falla caracterizada como evolutiva que un ciclo de recierre tripolar siga a un ciclo de recierre monopolar.

La posición del selector de recierre en la posición OFF es usada operativamente como una condición de seguridad durante mantenimiento en líneas.

El tipo de recierre (monopolar, tripolar o los dos) que se puede realizar en una línea depende básicamente de las características de los dos sistemas a recerrar.

Cuando se presentan diferencias considerables de tensión, ángulo de fase y frecuencia entre los dos extremos de la línea a recorrer, es posible que no se den las condiciones tolerables de sincronismo y cualquier intento de recierre trifásico tendría que ser sin sincronismo. Dependiendo del instante en que cierran los polos del interruptor se podrían originar grandes perturbaciones en el sistema (sobretensiones, oscilaciones de potencia) y se podrían ocasionar serios daños en los equipos debido a los altos esfuerzos eléctricos y mecánicos. En estos sistemas se debe optar por recierres inhabilitados o solo monopolares.

La decisión de habilitar solo recierre tripolar se debe a que no se desean desbalances de tensiones y corriente en los equipos.

Para sistemas enmallados, con redundancia de líneas en paralelo o con condiciones tolerables de sincronismo, se puede pensar además de los recierres monopolares en recierres tripolares (1+3). Esta es la posición normal de este selector.

2.6 Norma IEC 61850

A la norma IEC 61850 ofrece soluciones a los requerimientos de los modernos sistemas de automatización y protección de sistemas de potencia eléctrica, en la medida que permite integrar en una sola red y protocolo, los distintos niveles del sistema (proceso, campo y estación), orientado a la integración de forma estándar de equipos de diferentes fabricantes, reduciendo la necesidad de utilizar convertidores de protocolo y minimizando los tiempos de ingeniería en dicha integración. Adicionalmente comparte de las necesidades del sector eléctrico, también contempla la utilización de sistemas de almacenamiento para diagnóstico, captación y procesamiento distribuido de la información, así como la optimización de costos tanto en el diseño como en su mantenimiento.

Al establecer la norma una comunicación a nivel de proceso y campo, permite un mayor control del sistema y una disminución considerable en el cableado eléctrico, enviando la información requerida en los IEDs por comunicaciones. La implementación debe ser cuidadosa, debido a que se tienen que seguir conservando las prestaciones operativas convencionales de los sistemas eléctricos clásicos como lo es tiempos de operación, seguridad, redundancia y confiabilidad. Una de las características del protocolo IEC 61850 que sirve de apoyo para cumplir con estas condiciones, es que ha sido diseñado para permitir actualizaciones tecnológicas en el área de las comunicaciones, debido a que está basado en TCP/IP e Ethernet.

La integración de los diferentes equipos electrónicos (IED's), Gateway y otros dispositivos del sistema, se realiza en una arquitectura común mediante la utilización de la plataforma de comunicaciones denominada tecnología de red Ethernet (capas 1 y 2 del

modelo OSI). Esta tecnología permite la conexión de dispositivos con distintas funciones y de diferentes fabricantes en una red común, sin embargo la IEC 61850 no define ninguna topología de red en particular, lo cual, implica un diseño robusto ante fallas y ataques informáticos para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y aprovechar todos los beneficios de la norma e Ethernet, convirtiéndose el diseño de las comunicaciones en una parte fundamental en la implementación del protocolo.

El término topología se refiere a la forma en que está diseñada la red, bien sea física o lógicamente. Existen cinco tipos básicos: malla, estrella, árbol, bus y anillo [2]. Aunque las topologías básicas son ampliamente conocidas, es importante tener en cuenta algunas consideraciones al seleccionar alguna de ellas, debido a que cada sistema eléctrico de potencia posee su propia configuración y requerimientos particulares.

Dentro del alcance del artículo se pretende analizar y estudiar los elementos que se involucran en las redes Ethernet para sistemas de potencia eléctrica implementadas con la norma IEC 61850, planteando como objetivo presentar algunos criterios y consideraciones metodológicas y tecnológicas que se deben tener en cuenta en su diseño. Dado que un mal diseño de red puede generar pérdida de información, ocasionando una mala operación y en el peor de los casos hasta incendios y daño en los dispositivos conectados al sistema, sin contar con los millonarios costos que genera la pérdida del suministro de energía.

Para abordar el tema el documento está estructurado de tal manera que el lector tenga inicialmente una idea global de lo que es el protocolo IEC 61850 y los antecedentes a nivel mundial que se tienen. Continuando con un análisis más detallado del protocolo y definiendo los criterios de comunicación que se deben tener en cuenta en su diseño e implementación, con estas consideraciones definidas se realiza una prueba real con dispositivos analizando el comportamiento de la red y presentando las variables relevantes en ella.

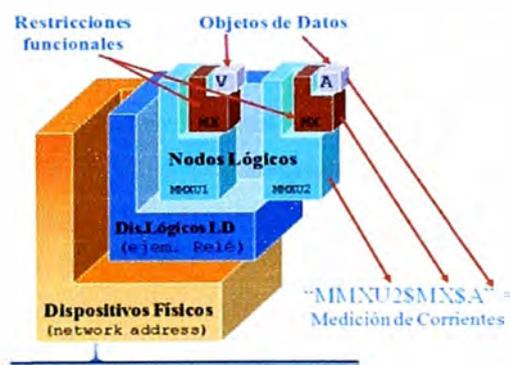


Fig. 2.1 Ejemplo de organización de información con IEC 61850 (elaboración propia basada en [3], [4]).

Partiendo de esta premisa y de manera general, la norma a partir de las funciones de control y protección de la subestación crea unos objetos o modelos de información, los cuales se interconectan entre sí mediante servicios de comunicación que luego son relacionados (mapeados) en la plataforma de protocolo de comunicación utilizada. Los datos son agrupados por restricciones funcionales (RF) organizados dentro de nodos lógicos (LN) en dispositivos lógicos (LD) ubicados en equipos físicos. En la Fig. 2.1 se presenta la organización de datos que plantea la norma.

La estructura general de un dato en el protocolo IEC 61850 se presenta en la Fig. 2.2.



Fig. 2.2 Estructura general de un dato en el protocolo IEC 61850 (elaboración propia basado en [5], [6]).

La arquitectura para el intercambio de información en la IEC61850, se plantea en una estructura cliente/servidor. A nivel de la red de comunicaciones en sistemas eléctricos se pueden encontrar inicialmente tres grupos de información que fluyen en la estructura, los cuales dependiendo de avances tecnológicos podrían incrementar prestando mejores servicios en este tipo de aplicaciones [4]. El primero de ellos son los datos de operación, que hacen referencia a señales de alarmas, estados de equipos y señales de control del sistema eléctrico. Como segundo grupo se tienen los datos de procesos que involucran a nivel general, señales de medida y de disparo que tienen una mayor importancia a nivel eléctrico a causa de que con estos valores o señales se toman las decisiones en el sistema; como característica se tiene que requieren de una prioridad alta de flujo en la red. El tercer tipo que se puede encontrar en estas aplicaciones, son los datos de gestión y configuración del sistema, que básicamente es la gestión de dispositivos de la red y de equipos eléctricos, como la transferencia de archivos.

La transmisión de información implementando el protocolo IEC 61850 se puede realizar a través de servicios de comunicación que la misma norma establece (Fig. 2.3), entre los que se tienen la transferencia rápida de eventos (GOOSE), la sincronización de

tiempo (NTP, IEE-1588), transferencia de archivos, mensajes MMS y gestión de Red (SNMP).

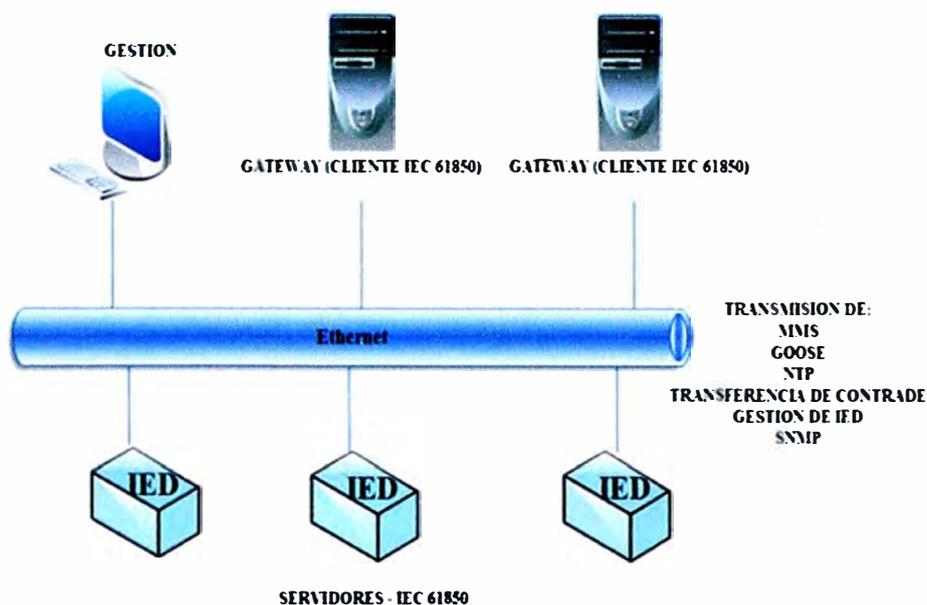


Fig. 2.3 Servicios de comunicación SNMP.

A nivel del modelo OSI la norma plantea el esquema presentado en la Fig. 2.4. La transmisión de información de operación se realiza a través de mensajes MMS, el cual es una especificación internacional y se puede definir como un sistema de transmisión de telegramas normalizado para la intercambio de datos en tiempo real, diseñado para alcanzar un gran nivel de interoperabilidad.

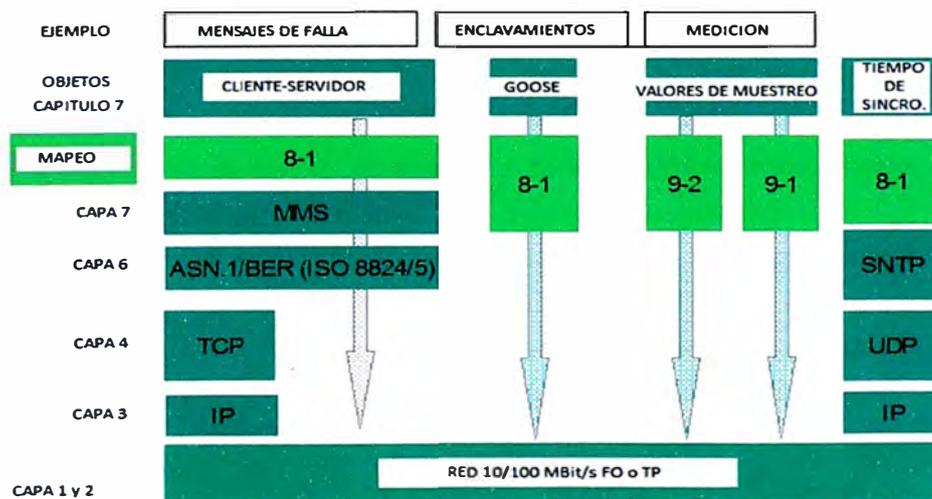


Fig. 2.4 Esquema propuesto por la norma IEC 61850a nivel del modelo OSI [7].

Los datos de procesos se transmiten a través de mensajes GOOSE o también nombrada como la transmisión rápida de eventos, la cual se basa en la norma IEEE 802.1q de Ethernet, con la posibilidad de enviar a través de la red mensajes con un bit de prioridad, para transmitir información que requiera de mucha velocidad, como es el caso de los disparos y eventos requeridos para enclavamientos en los sistemas eléctricos que oscilan desde los 150ms.

En la Fig. 2.5 se presenta el esquema de funcionamiento de la prioridad en los mensajes GOOSE; cuando es generado, al tener una prioridad mayor a las tramas comunes, este sobrepasa la cola de transmisión y el mensaje es enviado a la red, garantizando tiempos cortos en la transmisión en casos de tener avalancha de información.

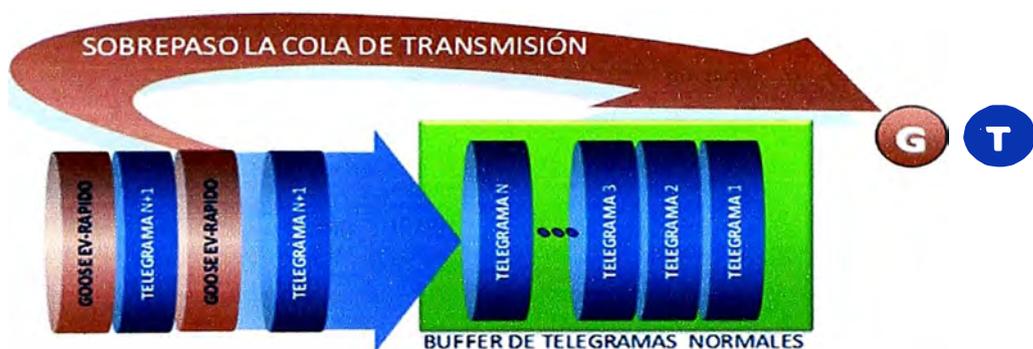


Fig. 2.5 Mensajes GOOSE con prioridad. (Elaboración propia basado en [7]).

Los mensajes del servicio GOOSE son de tipo multicast, es decir, que son transmitidos a varios dispositivos de la red, los cuales están suscritos para recibir el mensaje y posteriormente procesarlos. Estos datos son organizados en un DataSet.

Como la transmisión es de tipo multidifusión no existe un proceso de acuso de recibo del dato, por lo tanto, se requiere de un mecanismo de repetición del mensaje para asegurar la transmisión óptima del mismo. Esta retransmisión consiste en estar enviando repetidamente el mensaje GOOSE [8].

En estado estable, el envío se realiza cada cierto tiempo como se muestra en la Fig. 2.6, sin embargo cuando ocurre un evento nuevo (cambio de estado de la señal enviada), el intervalo de transmisión se acorta, y es progresivamente aumentado hasta llegar nuevamente al tiempo normal del ciclo en una relación según el ejemplo presentado en la Ec. 2.1.

$$t_s = 2^N \cdot S \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Con N= 1,2...3... para ts< Z y S=5ms.

Donde Z representa el intervalo de ciclo de monitoreo GOOSE. El tiempo de transmisión es definido por [7] como se presenta en la Fig. 2.7. Donde el tiempo de transferencia de aplicación a aplicación (de F1 hasta F2), incluye el tiempo de procesamiento de envío realizada por el procesador de comunicación emisor DF1 (t_a), el tiempo de retardo de la red Ethernet (t_b) y el tiempo de procesamiento del receptor DF2 (t_c). Dependiendo del fabricante el procesamiento del dispositivo varía aproximadamente entre 6 y 12ms, el tiempo de retardo de la red Ethernet varía de acuerdo al tráfico y topología [9]. En [3] se realiza el cálculo de este retardo a partir de una red LAN de 100MBits/s y varios esquemas típicos de subestaciones con un estimado del tráfico posible en cada caso, dando como resultado promedio un retardo máximo de 3,36ms.

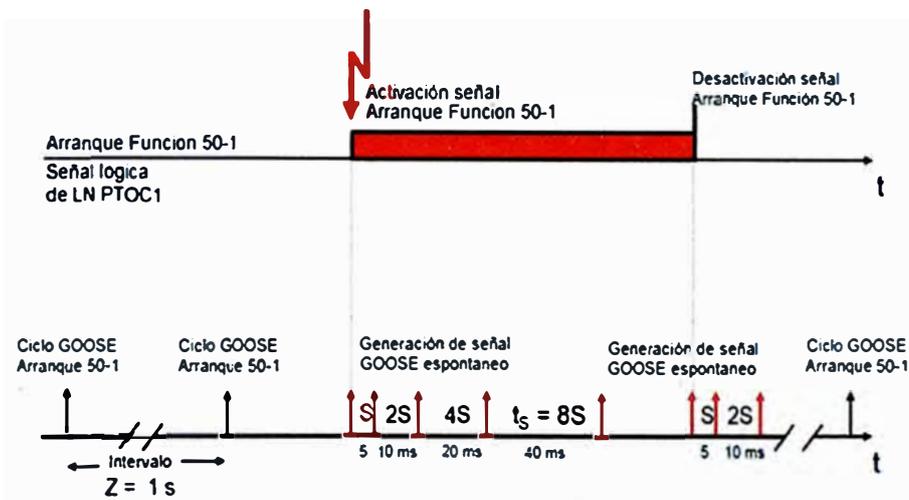


Fig. 2.6 Transmisión de mensajes GOOSE (Elaboración propia basado en [7]).

Obteniendo de lo anterior, que el tiempo de transmisión de un sistema en condiciones normales varía aproximadamente de 16 a 28ms, tiempo suficiente para el requerimiento de protección eléctrica, los cuales oscilan a partir de los 150ms para operación de las funciones de protección.

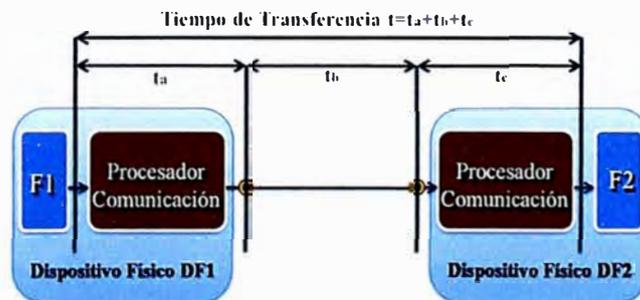


Fig. 2.7 Tiempo de Transmisión de datos (Elaboración propia basado en [7], [9]).

La norma IEC 61850 más que ser un protocolo de comunicación, es un estándar de diseño para redes eléctricas. Aunque la finalidad de la norma es el poder centralizar, supervisar y controlar sistemas de potencia eléctrica, la principal diferencia con otras tecnologías es que su estructura es orientada y diseñada para estandarizar ingeniería, optimizar procesos de diseño y garantizar interoperabilidad entre los equipos integrados al sistema [10].

Los protocolos utilizados en aplicaciones similares han sido desarrollados por los propios fabricantes de los IED's, lo que hace de este desarrollo un uso exclusivo. Entre estas tecnologías se encuentran el courier (MICOM), SPA (ABB), profibus (SIEMENS), SEL ASCII (SEL) entre otros. Existen otras técnicas que se han desarrollado en pro de generar sistemas de comunicaciones abiertos y garantizar una homogeneidad entre los diferentes marcas de IED's, este trabajo fue consecuencia de las dificultades que trajo el tener diversos dispositivos de diferentes fabricantes en un mismo sistema y la particularidad técnica que esta generaba. Cada modificación, mejora o integración necesitaba el uso exclusivo de personal especializado en cada tecnología, lo que acarrea costos elevados tanto en el desarrollo del proyecto como en su mantenimiento. Dentro de los estándares de sistemas abiertos de comunicación se encuentran MODBUS (serial), DNP 3.0 (serial, TCP/IP), IEC 60870 (serial, TCP/IP) ente otros; y aunque lograron un buen avance en interoperabilidad, no cumplen totalmente con el hecho de ser abiertos debido a que cada fabricante interpretaba el protocolo de cierta manera.

En parte, este fenómeno se dio por el diseño propio de cada uno de ellos, es decir que estaban orientados a la transmisión de información casi de cualquier tipo, más no a un tipo de flujo de datos con características particulares, como lo es el que se usa en sistemas de potencia eléctrica. Una de las mayores diferencias y beneficios del protocolo IEC 61850 es precisamente que se modelo para sistemas de potencia eléctrica, teniendo en cuenta cada uno de los elementos que se involucran en el sistema y logrando su modelamiento en UML lo que garantiza documentación y escalabilidad.

Al tener una estandarización en la ingeniería se minimizan los tiempos en el desarrollo de los proyectos tanto en el diseño como en el comisionamiento, de la misma manera se reducirán tiempos en mantenimiento y en consignaciones. Todo lo anterior impactando directamente en los costos del proyecto y costos operativos, lo que es finalmente el objetivo principal de las empresas del sector eléctrico [10].

CAPÍTULO III METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1 Lógica de Recierre Relé de Protección Siemens 7VK611

En la Subestación Chimbote 500kV se instalaron relés Siemens 7VK6111-5AB02-4YQ0 – LOS, actualizados con tarjeta de comunicaciones Ethernet IEC 61850 por cada corte.

El equipo de protección Siemens 7VK61 es un relé numérico que incluye como funciones principales Recierre Automático (79), Verificación de Sincronismo (25) y Protección de Falla Interruptor (50BF) además de las funciones de Sobre y Subtensión (27/59), Disparo y Bloqueo (86) y Supervisión de Circuito de Disparo (74TC).

Para el caso particular del Recierre Automático, este relé puede hacer secuencias monopolares o tripolares (se pueden realizar hasta 8 ciclos de recierre) con o sin verificación de sincronismo. La verificación de sincronismo puede ser Síncrona o Asíncrona. La selección del tipo de sincronismo depende claramente de la instalación. Para sistemas asíncronos las posibles diferencias de magnitud (ΔV) y desfase ($\Delta \Phi$) entre las dos tensiones a sincronizar se mantienen constantes durante un amplio intervalo de tiempo. En este caso, los dos sistemas “cabalgan” más o menos a la misma frecuencia y la verificación consiste en supervisar que ΔV , $\Delta \Phi$ y Δf no superen ciertos rangos preestablecidos. Para el caso de una verificación asíncrona, los dos sistemas pueden estar moviéndose con ΔV , $\Delta \Phi$ y Δf variables en el tiempo. Esta verificación determina entonces el instante en que las dos señales de tensión se cruzan y garantiza que los polos del interruptor cierren en ese instante. Para esto, el relé debe conocer el tiempo de operación del interruptor. La verificación de sincronismo para el recierre y el cierre manual puede ser Barra Muerta – Línea Muerta, Barra Muerta – Línea Viva, Barra Viva – Línea Muerta y Barra Viva – Línea Viva.

3.2 Descripción Secuencia de Recierre Automático

En la Fig. 3.1 se ilustra una secuencia de recierre doble con tiempo activo, 2do intento de recierre automáticos (RE) con éxito.

En esta figura se ilustran dos intentos de recierre, un primer intento no exitoso y un segundo intento exitoso. Se pueden establecer las siguientes definiciones:

a) Arranque

Arranque de las funciones de protección. Detección de la condición de falla e inicio la temporización para la operación

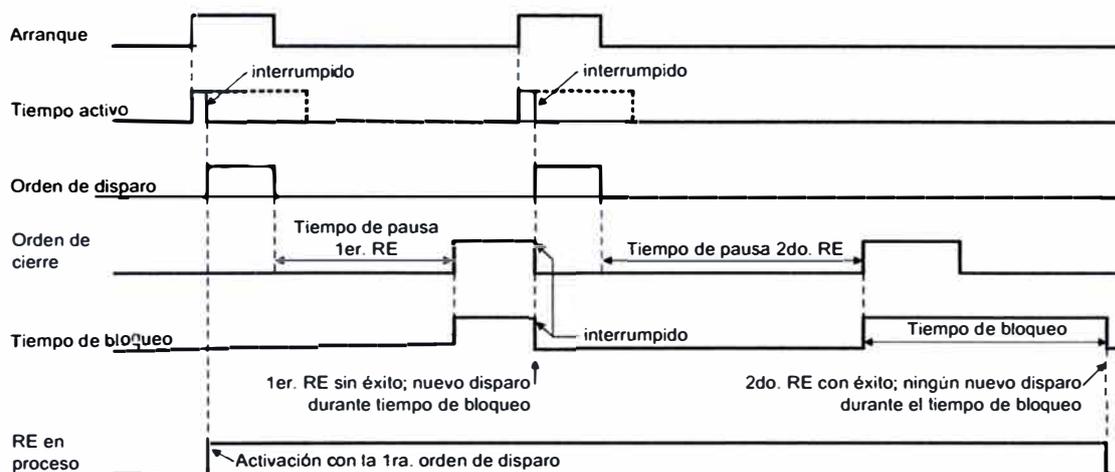


Fig. 3.1 Secuencia de Recierre Automático.

b) Disparo

Disparo de la protección. Comando de apertura del interruptor.

c) Mando de Cierre

Mando de cierre al interruptor después de un ciclo de recierre.

d) Tiempo de Activo

Tiempo máximo esperado entre el arranque de la protección y su disparo. Una vez expirado este tiempo la secuencia de recierre será bloqueada. Tiempos mayores al Tiempo Activo pueden indicar fallas fuera de la zona principal de protección (por ejemplo fallas en zona 2) e incluso la auto extinción de la falla. La secuencia de recierre puede realizarse con o sin verificación de Tiempo Activo pero es recomendable usarlo cuando se usan protecciones de distancia.

e) Tiempo de Reclamo

Tiempo transcurrido después de haberse completado un ciclo de recierre y durante el cual se encuentra bloqueada la función. Si dentro de este tiempo se produce una falla, la protección no arrancará un nuevo ciclo de recierre y en este caso todos los disparos serán tripolares y definitivos. Al expirar este tiempo la lógica interna del relé retorna a sus condiciones iniciales y una falla posterior se interpretará como un nuevo evento.

f) Tiempo Muerto

Tiempo medido después de abrir la falla (una vez desaparezca el pulso de disparo – drop off y se verifique la posición abierta del interruptor) hasta un comando de recierre.

Este parámetro representa el tiempo que se da el sistema para la extinción del arco y la recuperación del aislamiento. Es posible definir un tiempo muerto para recierre monopolar y otro diferente para recierre tripolar. El ajuste de estos tiempos depende principalmente del tiempo promedio de extinción de la falla, pero para el caso de recierres tripolares hay que estudiar la estabilidad del sistema. Cuando se manejan varios ciclos de recierre, estos relés permite definir tiempos diferentes para por lo menos los primeros cuatro intentos.

Tal como se puede ver en la Fig. 3.1, un ciclo de recierre se inicia con el disparo de cualquiera de las protecciones asociadas a la línea o derivación. Este arranque puede ser interno (protecciones propias del relé 7VK61), externo a través de entradas binaria o por medio de protocolo de comunicaciones. Para el caso de relés suministrados con protocolo de comunicaciones IEC 61850 es posible enviar estos disparos por mensajes tipo GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event – paquetes de datos intercambiados entre UAD's vía sistema de comunicaciones Ethernet). Cuando los disparos son transmitidos por protocolo hay que tener en cuenta los retardos en la comunicación y su variabilidad en función del "trafico" de datos. Para el caso particular de la Subestación Chimbote 500kV estos retardos fueron medidos con un promedio de 50 ms.

Cuando se habilitan recierres monopolares y/o tripolares, el arranque de uno u otro ciclo depende de la señalización que se lleva desde las protecciones al relé de recierre. El tipo de recierre deseado se determina con el selector de cuatro posiciones (OFF, 1, 3, 1+3) diciéndole a las protecciones si se desean disparos monopolares y/o tripolares (para el caso de la Subestación Chimbote 500kV las posiciones del selector se llevan al relé 7VK61 y este por protocolo le indica a la protección que tipo de disparo debe realizar). En función de esta indicación, los disparos cableados al interruptor y llevados al relé de recierre iniciaran un ciclo de recierre monopolar o tripolar.

Para el inicio del recierre se necesitan por los menos las siguientes señales desde las protecciones hasta el relé de recierre:

- Arranque general de protecciones (2711 ">AR Start")
- Disparo Fase A (2712 ">Trip L1 AR")
- Disparo Fase B (2713 ">Trip L2 AR")
- Disparo Fase C (2714 ">Trip L3 AR")

El arranque general es necesario para iniciar el Tiempo Activo y para detectar fallas evolutivas una vez iniciado el tiempo muerto.

Los comandos de disparo son necesarios para determinar el tipo de recierre a inicializar: monopolar o tripolar.

Además se deben llevar las siguientes señales desde el relé de recierre hasta las protecciones:

- Disparo permisible monopolar (2864 "AR 1p Trip Perm") Función interna que indica que el relé de recierre está listo para un ciclo monopolar y por tanto se pueden dar disparos monopoles. Un bajo lógico en esta señal indica disparos solo tripolares.
- Autorización ciclo de recierre (2889 "AR 1.CycZoneRel") Función interna que indica que el relé de recierre está listo para un primer ciclo.
- Recierre solo monopolar (2820 "AR Program1pole") Función interna que indica que el relé de recierre está programado para operar solo después de disparos monopoles.

La interconexión de estas señales se muestra en la Fig. 3.2, esta figura muestra cableado físico entre el relé de recierre y las protecciones de línea o derivación con un conmutador selector para recierre monopolar o tripolar, aunque también se puede, como es el caso de la Subestación Chimbote 500kV y otras subestaciones involucradas dentro del proyecto Zapallal-Trujillo 500kV, llevar estas señales por fibra óptica mediante protocolos de comunicación. Para ello se están usando mensajes tipo GOOSE.

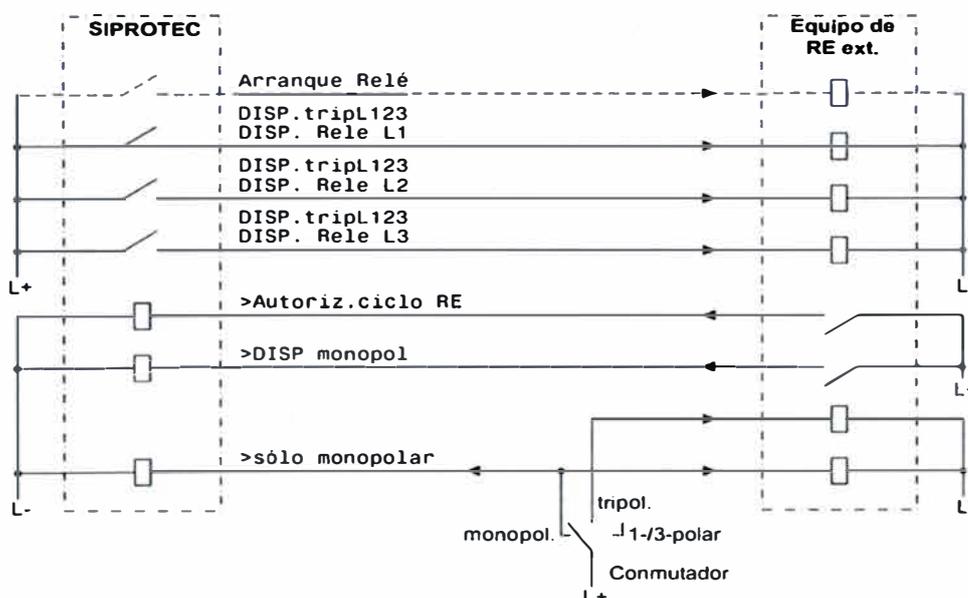


Fig. 3.2 Interconexión entre protecciones externas y relé de recierre para recierre monopolar o tripolar con un conmutador selector.

Hay que tener en cuenta que no se iniciará un ciclo de recierre sin garantizar la disponibilidad del interruptor (que no se presente bajo nivel de SF6, resorte descargado o falla MCB alimentación motor de carga resorte) y su capacidad para hacer por lo menos

un ciclo de APERTURA-CIERRE-APERTURA en el instante del primer disparo. La disponibilidad del interruptor se declara en la variable interruptor disponible (“>IP1 Disponible”) en la dirección No. 371. El tiempo muerto puede ser extendido por un tiempo previamente ajustado (No. 3411A) si una vez expirado no se produce la confirmación de “>IP1 Disponible”. Tal como se verá más adelante esta función se usa para implementar la lógica de recierre Maestro-Seguidor.

Este relé puede evaluar la disponibilidad del interruptor antes de iniciar el ciclo de recierre o después de finalizar el tiempo muerto. La recomendación es hacerlo al final del tiempo muerto para evitar las anomalías que puedan ocasionar la descarga transitoria del resorte y el proceso de recuperación del aislamiento.

De igual manera el inicio de un ciclo de recierre está condicionado a la posición cerrado del interruptor en el instante de inicio de la secuencia.

Otra condición que puede bloquear el inicio de cualquier ciclo de recierre durante un tiempo previamente ajustado en el parámetro con dirección N°. 3404, es el Cierre Manual sobre el interruptor. Con esto se inhibe la posibilidad de recerrar después de un cierre manual en falla. Si antes de expirar este tiempo se produce una falla, todos los disparos serán tripolares y definitivos.

En sistemas de potencia es posible que después de haber arrancado el tiempo muerto de un ciclo de recierre se produzca una segunda falla. Estas fallas son caracterizadas como Fallas Evolutivas.

Si se tiene una falla evolutiva pueden pasar varias situaciones dependiendo de la posición del selector:

➤ Selector en recierre monopolar (1):

Disparo definitivo tripolar sin arranque de ciclo de recierre tripolar. El recierre se bloquea dinámicamente hasta expirar el tiempo de reclamo.

Selector en recierre tripolar (3):

Bajo estas condiciones, como la apertura es tripolar, no se produce una falla evolutiva.

Selector en recierre monopolar y tripolar (1+3):

Si se arrancó ciclo de recierre monopolar se produce disparo tripolar y se arranca ciclo de recierre tripolar. Si se arrancó ciclo de recierre tripolar se tendría la condición anterior. Este comportamiento debe ser previamente definido en la parametrización del relé (N°. 3406 y N°. 3407).

3.3 Funcionamiento Esquema de Recierre Con Lógica Maestro-Seguidor

Para configuraciones de subestación en donde una línea aérea pueda estar alimentada simultáneamente desde dos interruptores diferentes como es el caso de una

configuración tipo anillo o interruptor y medio, se instalan relés de recierre independientes para cada interruptor. Estos dos ciclos de recierre deben estar coordinados con una lógica MAESTRO-SEGUIDOR. Esta lógica indica que primero se hace recierre sobre un interruptor (recierre Maestro o Líder) y un tiempo después se hará recierre sobre el otro interruptor (recierre Seguidor) siempre y cuando el primero haya sido exitoso. Sin embargo, esta lógica se puede complementar para convertir al Seguidor en Maestro ante la imposibilidad de este último en recerrar sobre su interruptor, ya sea por fallas propias o fallas en el equipo de potencia.

Para el caso de la Subestación Chimbote 500kV se tiene una configuración de interruptor y medio con relés de recierre independientes (7VK61) por cada corte.

Teniendo en cuenta la figura 3.2, se puede establecer la nomenclatura operativa para un diámetro en una configuración de interruptor y medio. En la Fig. 3.3 se muestra que un diámetro completo está integrado por tres cortes (A, B y C) y dos derivaciones (AB y BC). Se identifica el corte A como el adyacente a la Barra 1 y como corte C el adyacente a la Barra 2.

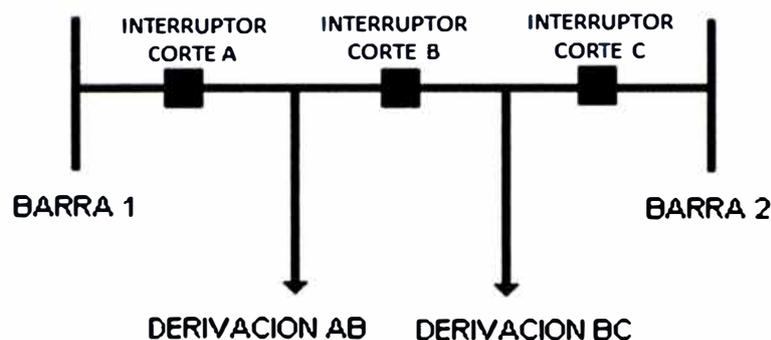


Fig. 3.3 Nomenclatura operativa en un diámetro configuración interruptor y medio.

Los cortes adyacentes a la barra en condiciones normales son los Maestros y el corte de la mitad es el Seguidor.

En resumen se puede decir que cuando se tenga una falla por ejemplo en derivación AB, ambas protecciones (corte A y B) inician su ciclo de recierre. El relé Maestro (corte A) recierra una vez expirado el tiempo muerto y si este es exitoso envía una señal de Remot Close Command (temporizada en 200 ms para el caso de la Subestación Chimbote 500kV) al relé seguidor (corte B). Este último habilita la variable "IP1 Disponible" y envía el comando de cierre al interruptor. El recierre en el corte B debe extender el tiempo muerto hasta que se active la señal "IP1 Disponible". En este esquema la parametrización de los dos relés es exactamente la misma [11].

En la Fig. 3.4 se ilustra el funcionamiento de la lógica Maestro - Seguidor. Para el caso de la subestación Chimbote 500kV está señal se envía por protocolo desde los cortes A y C al 7VK61 instalado en el corte B.

Teniendo en cuenta que para que el relé Seguidor saque un comando de cierre debe esperar el comando remoto desde el relé Maestro, es necesario implementar una lógica en caso de que el relé definido inicialmente como Maestro o su interruptor asociado presente algún tipo de indisponibilidad. En este caso el Seguidor debe convertirse en Maestro y emitir el comando de cierre si esperar confirmación remota una vez expire el tiempo muerto ajustado.

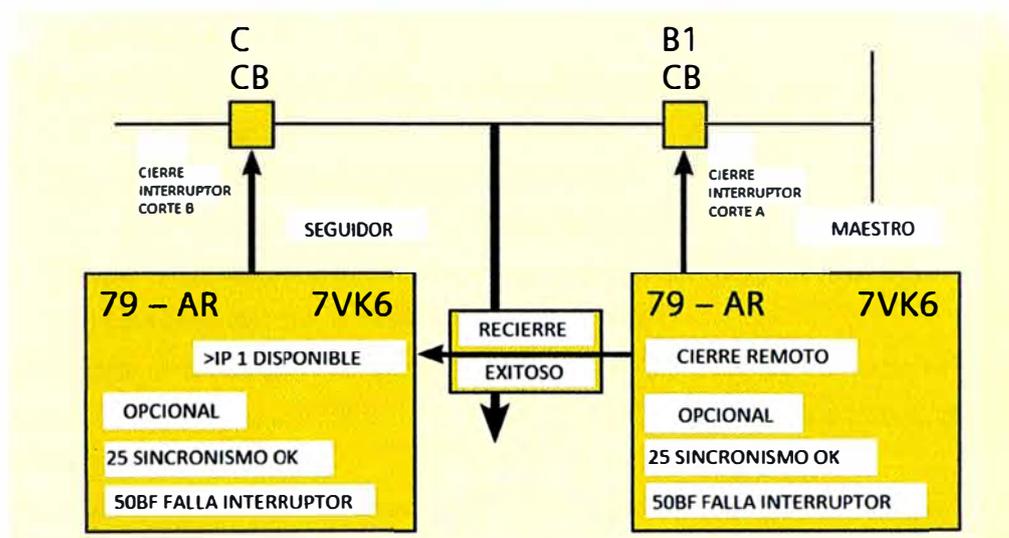


Fig. 3.4 Lógica de recierre Maestro-Seguidor en una configuración interruptor y medio.

A partir de la fundamentación teórica tomada de la referencia [11], teniendo en cuenta los requerimientos particulares sugeridos por ISA y la topología de la subestación Chimbote 500kV, fue necesario definir dos configuraciones de recierre Maestro-Seguidor.

- Recierre Maestro-Seguidor para configuración Línea-Generador.
- Recierre Maestro-Seguidor para configuración Línea-Línea.

Para cada una de estas configuraciones se establecieron unos requerimientos y secuencias operativas particulares.

3.4 Recierre Para Diámetro Con Configuración Línea-Generador.

En esta etapa definimos la lógica Maestro-Seguidor para una configuración Línea-Generador usando relés 7VK61 para cada corte en una configuración de interruptor y medio.

En esta configuración se define como derivación AB la salida de línea y como derivación BC la salida de generador. Solo se puede hacer recierre para los interruptores

instalados en los cortes A y B en caso de falla en la derivación AB. Cuando se tenga falla en la derivación BC todos los disparos serán tripolares y definitivos tanto en el interruptor B como en el interruptor C.

Normalmente el interruptor del corte A es el Maestro y el interruptor del corte B es el Seguidor [11] [12].

3.4.1 Condiciones Para Que Corte B se Convierta en Maestro

El corte B se convertirá en Maestro cuando se cumplan algunas de las siguientes condiciones:

- Corte A abierto sin arranque de ciclo de recierre. Apertura manual o en mantenimiento.
Relé de recierre 7VK61 Maestro indisponible, bloqueado, en prueba, pérdida de comunicaciones.
- Cierre manual sobre el interruptor del corte A.
- Interruptor maestro indisponible por falla mecánica.
- Tiempo verificación de sincronismo expirado sin condiciones óptimas.
- Si el comando del cierre Maestro no es efectivo.

Solo para la Derivación de Línea AB se tiene un selector de recierre de cuatro posiciones sin retorno a cero (OFF, 1, 3, 1+3). Cambiar de una posición a otra solo se puede hacer localmente.

Para las pruebas de recierre en la derivación AB se diseñan casos puntuales manejando las siguientes variables:

- Posición del selector de recierre en la derivación AB: OFF, 1, 3 o 1+3.
- Tipo de falla presentada en la derivación AB: monofásica o multifásica.
- Posición del interruptor del corte A antes de la falla: Abierto o Cerrado.
- Posición del interruptor del corte B antes de la falla: Abierto o Cerrado.
- Posición del interruptor del corte C antes de la falla: Abierto o Cerrado.
- Disponibilidad del interruptor del corte A antes de la falla.
- Disponibilidad del interruptor del corte B antes de la falla.
- Disponibilidad del relé 7VK61 instalado en el corte A antes de la falla.
- Disponibilidad del relé 7VK61 instalado en el corte B antes de la falla.
- Presencia o no de falla evolutiva en la derivación AB.
- Falla dentro o fuera de la zona de protección: falla en zona 1, en zona 2, en zona 2 con recibo de teleprotección.
- Condiciones de sincronismo para el interruptor del corte A.
- Condiciones de sincronismo para el interruptor del corte B.

Falla simultánea en la derivación BC o durante el ciclo de recierre en la derivación AB.

- Falla durante el Tiempo de Reclamo.

Veamos cómo debe hacerse el ciclo de recierre dependiendo de la posición del selector y teniendo en cuenta cada una de las variables mencionadas.

3.4.2 Recierre Apagado (OFF)

Con el selector en esta posición se bloquea el recierre tanto para el corte A como en el corte B. En este caso, para cualquier falla (monofásica, multifásica) todos los disparos son tripolares y definitivos. El disparo puede ejecutarse con bloqueo o sin bloqueo dependiendo de la protección operada. Con el selector en esta posición no importa el estado de las anteriores variables.

3.4.3 Recierre Solo Monopolar (1)

Con el selector en esta posición, el esquema de protección y el recierre operarán dependiendo del tipo de falla. El recierre solo se limita a hacer un ciclo de recierre monopolar.

En caso de presentarse una falla monofásica (fase A, B o C), debido a la operación del algoritmo de selección de fases en las protecciones instaladas en la derivación, se abrirá solo la fase comprometida en los interruptores asociados al corte A y al corte B. En este caso se arranca el ciclo de recierre en los relés 7VK61 instalados para cada corte. El interruptor del corte A deberá recerrar monopolarmente al finalizar el Tiempo Muerto (para el caso de Chimbote 500kV ajustado en 700ms) y 200 ms después de la salida del Comando de Cierre se enviará por GOOSE la señal Comando de Cierre Remoto al relé 7VK611 asociado al corte B. Este último enviará el Comando de Cierre al interruptor a los 900ms de haber arrancado su ciclo de recierre una vez se habilite la señal de interruptor disponible (>IP1 Disponible). Con el selector en esta posición se tiene entonces un ciclo de recierre monopolar con la lógica Maestro - Seguidor recerrando primero el corte A y 200ms después el corte B. Estos recierres no tienen en cuenta la verificación de sincronismo. Para una falla evolutiva durante un ciclo de recierre se hará un disparo tripolar y definitivo sobre los dos interruptores.

En caso se presentarse una falla multifásica no se iniciará ningún ciclo de recierre y todos los disparos serán tripolares y definitivos.

En caso de presentarse alguna de las seis condiciones definidas en el título 3.4.1, se recerrará solo el interruptor del corte B en tiempo de Maestro y los disparos en el interruptor del corte A serán tripolares y definitivos. De igual manera, si el relé 7VK61 instalado en el corte B está indisponible, los disparos sobre este corte serán tripolares y definitivos.

La lógica de recierre debe considerar que si el corte C (lado generador) se encuentra abierto antes de la falla o durante el tiempo muerto del ciclo de recierre, los disparos sobre el interruptor del corte B deben ser tripolares y definitivos. Esto se tiene en cuenta para evitar recierres sobre las máquinas ya que esta se encuentra conectada al sistema solo a través del corte B.

Cuando las protecciones asociadas a la línea ven la falla en Zona 2, al alcanzar los tiempos de Zona 2 se producen disparos definitivos sin arranques de ciclo de recierre. Esto siempre y cuando no haya recepción de disparo transferido.

En caso se presentarse una falla durante el Tiempo de Reclamo (que para el caso de Chimbote 500kV está ajustado en 20 s) de recierre de alguno de los dos relés, los disparos serán tripolares y definitivos.

En caso se presentarse alguna anomalía en el ciclo de recierre monopolar después de la apertura monopolar del interruptor de corte A o corte B, se producirá la apertura tripolar con bloqueo después de 1200 ms, que es el tiempo de discrepancia de polos programado en los relés 7VK61. Por algún problema en este relé la apertura solo se producirá a los 2000 ms ajustados en la discrepancia de patio.

3.4.4 Recierre Solo Tripolar (3)

Con el selector en esta posición todos los recierres, independientes del tipo de falla (monofásica o multifásica), serán tripolares y con verificación de sincronismo. Para el caso de una falla monofásica se dice que las protecciones la convierten a trifásicas y abren tripolarmente.

Este tipo de recierre se ejecutará con la lógica Maestro-Seguidor. Recerrará tripolarmente el corte A a los 700ms y 200ms después recerrará tripolarmente el corte B. En caso de presentarse alguna de las seis condiciones definidas en el título 3.4.1, se recerrará solo el interruptor del corte B en tiempo de Maestro y los disparos en el interruptor del corte A serán tripolares y definitivos. De igual manera, si el relé 7VK611 instalado en el corte B está indisponible los disparos sobre este corte serán tripolares y definitivos. El relé 7VK611 instalado en el corte A busca condiciones de sincronismo durante 2 s. Expirado este tiempo, el interruptor del corte B operará como maestro a los 2700 ms aprox. después de la falla.

La lógica de recierre debe considerar que si el corte C se encuentra abierto antes de la falla o durante el tiempo muerto del ciclo de recierre, los disparos sobre el interruptor del corte B deben ser tripolares y definitivos.

Cuando las protecciones asociadas a la línea ven la falla en Zona 2, al alcanzar los tiempos de Zona 2 se producen disparos definitivos sin arranques de ciclo de recierre. Esto siempre y cuando no haya recepción de disparo transferido.

En caso se presentarse una falla durante el Tiempo de Reclamo de recierre de alguno de los dos relés, los disparos serán tripolares y definitivos.

3.4.5 Recierre Monopolar y/o Tripolar (1+3)

Con el selector en esta posición se pueden ejecutar ciclos de recierre monopolar o tripolar dependiendo del tipo de falla.

Para una falla monofásica se arrancará un ciclo de recierre monopolar en el corte A y corte B según la secuencia arriba descrita. Si después de arrancar este ciclo de recierre se produce otra falla caracterizada como evolutiva, se originará un disparo tripolar y se arrancará un ciclo de recierre tripolar en los dos cortes.

Para una falla multifásica, los disparos serán tripolares y se arrancará un ciclo de recierre tripolar. Tal como se dijo anteriormente, el recierre tripolar tanto para el corte A como para el corte B será con verificación de sincronismo. El relé 7VK611 instalado en el corte A busca condiciones de sincronismo durante 2 s. Expirado este tiempo, el interruptor del corte B operará como maestro a los 2700 ms aprox. después de la falla.

En caso de presentarse alguna de las seis condiciones definidas en el título 3.4.1, se recerrará solo el interruptor del corte B en tiempo de Maestro y los disparos en el interruptor del corte A serán tripolares y definitivos. De igual manera, si el relé 7VK61 instalado en el corte B está indisponible los disparos sobre este corte serán tripolares y definitivos.

La lógica de recierre debe considerar que si el corte C se encuentra abierto antes de la falla o durante el tiempo muerto del ciclo de recierre, los disparos sobre el interruptor del corte B deben ser tripolares y definitivos.

Cuando las protecciones asociadas a la línea ven la falla en Zona 2, al alcanzar los tiempos de Zona 2 se producen disparos definitivos sin arranques de ciclo de recierre. Esto siempre y cuando no haya recepción de disparo transferido.

En caso se presentarse una falla durante el Tiempo de Reclamo de recierre de alguno de los dos relés, los disparos serán tripolares y definitivos.

Nota: En los protocolos de pruebas de recierre diligenciados en sitio se determinan claramente las pruebas realizadas y la operación del recierre para cada caso.

3.4.6 Ajustes Esquema de Recierre Subestación Chimbote 500kV Diámetro Con Configuración Línea-Generador.

En el Anexo N°3 se muestra la parametrización de los equipos 7VK61 de cada corte teniendo en cuenta las definiciones y recomendaciones de ajuste dadas en el título 2.4 para la función de recierre en un esquema Maestro-Seguidor implementado con relés 7VK61 y en una configuración de diámetro Línea-Generador.

3.5 Recierre Para Diámetro Con Configuración Línea - Línea.

En esta etapa se define la lógica Maestro-Seguidor para una configuración Línea-Línea usando relés 7VK61 para cada corte en una configuración de interruptor y medio.

En esta configuración se tienen líneas tanto en la derivación AB como en la derivación BC. Para cada derivación se tiene un selector de cuatro posiciones (OFF, 1, 3, 1+3) y se puede hacer recierre sobre ambas dependiendo del tipo de falla, la posición del selector y las condiciones pre-falla de cada uno de los interruptores. Para cada derivación se implementa recierre con lógica Maestro-Seguidor.

Normalmente los interruptores del corte A y el corte C son los Maestros (de las derivaciones AB y BC respectivamente) y el interruptor del corte B es el seguidor [11] [13].

Nota: Todas las consideraciones que se hagan a continuación para la derivación AB aplican también para la derivación BC.

3.5.1 Condiciones Para Que Corte B Se Convierta En Maestro

El corte B se convertirá en Maestro para la derivación AB cuando se cumplan algunas de las siguientes condiciones:

- Corte A abierto sin arranque de ciclo de recierre. Apertura manual o en mantenimiento.
Relé de recierre 7VK61 Maestro indisponible, bloqueado, en prueba, pérdida de comunicaciones.
- Cierre manual sobre el interruptor del corte A.
- Interruptor maestro indisponible por falla mecánica.
- Tiempo verificación de sincronismo expirado sin condiciones óptimas.
- Si el comando del cierre maestro no es efectivo.

Para las pruebas de recierre en la derivación AB se diseñan casos puntuales manejando las siguientes variables:

- Posición del selector de recierre de la derivación AB: OFF, 1, 3 o 1+3.
- Posición del selector de recierre de la derivación BC: OFF, 1, 3 o 1+3.
- Tipo de falla presentada en la derivación AB: monofásica o multifásica.
- Posición del interruptor del corte A antes de la falla: Abierto o Cerrado.
- Posición del interruptor del corte B antes de la falla: Abierto o Cerrado.
- Posición del interruptor del corte C antes de la falla: Abierto o Cerrado.
- Disponibilidad del interruptor del corte A antes de la falla.
- Disponibilidad del interruptor del corte B antes de la falla.
- Disponibilidad del relé 7VK61 instalado en el corte A antes de la falla.
- Disponibilidad del relé 7VK61 instalado en el corte B antes de la falla.

- Presencia o no de falla evolutiva en la derivación AB.
- Falla dentro o fuera de la zona de protección: falla en zona 1, en zona 2, en zona 2 con recibo de teleprotección.
- Condiciones de sincronismo para el interruptor del corte A.
- Condiciones de sincronismo para el interruptor del corte B.
- Falla simultánea en la derivación BC o durante el ciclo de recierre en la derivación AB.
- Falla durante el Tiempo de Reclamo.

Veamos cómo debe hacerse el ciclo de recierre dependiendo de la posición del selector y teniendo en cuenta cada una de las variables mencionadas.

3.5.2 Recierre Apagado (OFF)

Con el selector en esta posición se bloquea el recierre tanto para el corte A como en el corte B ante una condición de falla en la derivación AB. En este caso, para cualquier falla (monofásica, multifásica) todos los disparos son tripolares y definitivos.

Ante cualquier tipo de falla en la derivación BC con el interruptor en el corte A abierto, todos los disparos sobre el interruptor del corte B son tripolares y definitivos (independiente de la posición del selector en la derivación BC) ya que para el recierre en este corte prevalece la posición OFF del selector en la derivación AB. Esta condición tiene la desventaja que con corte A abierto y selector derivación AB en OFF se interrumpe el servicio en la derivación AB ante cualquier tipo de falla en la derivación BC.

3.5.3 Recierre Solo Monopolar (1)

El relé 7VK61 instalado en el corte B debe tener en cuenta la posición del selector instalado en la derivación AB solo durante el arranque de las protecciones asociadas a esta derivación. Cuando el interruptor del corte C esté abierto debe tener en cuenta adicionalmente la posición del selector en la derivación BC. Esto implica que aunque el selector en la derivación AB permita recierre monopolar sobre los interruptores A y B, el recierre en el interruptor del corte B se bloqueará si el selector en la derivación BC no está en 1 o 1+3. Los disparos sobre el interruptor del corte B serán tripolares y definitivos.

Con el selector en esta posición, el esquema de protección y el recierre operarán dependiendo del tipo de falla en la derivación AB. El recierre solo se limita a hacer un ciclo de recierre monopolar.

En caso de presentarse una falla monofásica (fase A, B o C), debido a la operación del algoritmo de selección de fases en las protecciones instaladas en la derivación AB, se abrirá solo la fase comprometida en los interruptores asociados al corte A y al corte B. En este caso se arranca el ciclo de recierre en los relés 7VK61 instalados para cada corte. El interruptor del corte A deberá recerrar monopolarmente al finalizar el Tiempo Muerto y

200 ms después de la salida del Comando de Cierre se enviará por GOOSE la señal Comando de Cierre Remoto al relé 7VK61 asociado al corte B. Este último enviará el Comando de Cierre al interruptor a los 900ms de haber arrancado su ciclo de recierre una vez se habilite la señal de Interruptor Disponible (>IP1 Disponible). Con el selector en esta posición se tiene entonces un ciclo de recierre monopolar con la lógica Maestro-Seguidor recerrando primero el corte A y 200ms después el corte B. Estos recierres no tienen en cuenta la verificación de sincronismo. Para una falla evolutiva durante un ciclo de recierre se hará un disparo tripolar y definitivo sobre los dos interruptores.

En caso se presentarse una falla multifásica no se iniciará ningún ciclo de recierre y todos los disparos serán tripolares y definitivos.

En caso de presentarse alguna de las seis condiciones definidas en el título 3.5.1, se recerrará solo el interruptor del corte B en tiempo de Maestro y los disparos en el interruptor del corte A serán tripolares y definitivos. De igual manera, si el relé 7VK61 instalado en el corte B está indisponible los disparos sobre este corte serán tripolares y definitivos.

Cuando las protecciones asociadas a la línea ven la falla en Zona 2, al alcanzar los tiempos de Zona 2 se producen disparos definitivos sin arranques de ciclo de recierre. Esto siempre y cuando no haya recepción de disparo transferido.

En caso se presentarse una falla durante el Tiempo de Reclamo de recierre de alguno de los dos relés, los disparos serán tripolares y definitivos.

Si se presentan fallas simultáneas en las dos derivaciones o se presenta falla en una derivación durante un ciclo de recierre en la otra, el interruptor del corte B deberá disparar tripolarmente y no recerrar hasta el cierre exitoso del último interruptor, respetando el tiempo de espera del Maestro de este último. En este caso si deberá verificarse el cierre exitoso de los dos maestros para el cierre del interruptor del corte B.

Hay que tener en cuenta que con esta última condición y teniendo en cuenta que el interruptor del corte B abre tripolarmente, su recierre debe ser tripolar con verificación de sincronismo. Para que se pueda efectuar este ciclo, el selector en las dos derivaciones debe permitir recierre tripolar (selector en 3 o en 1+3). En caso de no presentarse la habilitación simultánea desde los selectores en las dos derivaciones, el interruptor del corte B queda abierto y disponible para cierre manual.

Las pruebas de recierre en un diámetro con configuración Línea-Línea consideraron dos escenarios:

a) Falla simultánea en las derivaciones AB y BC con los cortes A, B y C cerrados: en este caso, dependiendo del tipo de falla, se disparan los interruptores A y C monopolarmente y el interruptor del corte B tripolarmente. Se recierran monopolarmente

los interruptores A y C una vez expirados sus respectivos tiempo muertos. Inmediatamente se verifica el recierre exitoso del último interruptor, se emite el comando de cierre al interruptor del corte B 700 ms después. La secuencia permite recierres en los interruptores A y C a los 780 ms aproximadamente después de la falla y a los 1500 ms aproximadamente en el interruptor del corte B.

b) Falla simultánea en las derivaciones AB y BC con el corte A abierto y los cortes B y C cerrados: en este caso se tiene una situación de conflicto para el interruptor del corte B ya que este debe trabajar como Maestro para la derivación AB y como seguidor para la derivación BC. Teniendo en cuenta que físicamente, aunque los eventos sean simultáneos, los arranques enviados desde las protecciones de una u otra derivación llegan al 7VK61 instalado en B con una pequeña diferencia de tiempo. Dependiendo de cuál arranque llegue primero es el comportamiento del recierre en el interruptor del corte B. Si los arranques llegan primero desde las protecciones de la derivación AB y para la cual el corte B debe recerrar como Maestro, el interruptor del corte B no recerrará hasta no desaparecer la señal de Habilitación de Recierre desde el corte C (Habilitar 79 desde CC) a 1500 ms aproximadamente después de la falla. Si los arranques llegan primero desde las protecciones de la derivación BC y para la cual el corte B debe recerrar como Seguidor, el interruptor del corte B no recerrará hasta no llegar la señal de Habilitar 79 desde CC. En este caso, el interruptor del corte C cierra a 780 ms aproximadamente después del evento y el corte B a los 980 ms aproximadamente después del evento.

c) Falla simultánea en las derivaciones AB y BC con el corte C abierto y los cortes B y A cerrados: se tiene una secuencia de eventos similar a la descrita en el ítem anterior.

3.5.4 Recierre Solo Tripolar (3)

El relé 7VK61 instalado en el corte B debe tener en cuenta la posición del selector instalado en la derivación AB solo durante el arranque de las protecciones asociadas a esta derivación. Cuando el interruptor del corte C esté abierto debe tener en cuenta adicionalmente la posición del selector en la derivación BC. Esto implica que aunque el selector en la derivación AB permita recierre tripolar sobre los interruptores A y B, el recierre en el interruptor del corte B se bloqueará si el selector en la derivación BC no está en 3 o 1+3. Los disparos sobre el interruptor del corte B serán tripolares y definitivos.

Con el selector en esta posición todos los recierres, independientes del tipo de falla (monofásica o multifásica), serán tripolares y con verificación de sincronismo. Para el caso de una falla monofásica se dice que las protecciones la convierten a trifásicas y abren tripolarmente.

Este tipo de recierre se ejecutará con la lógica Maestro-Seguidor. Recerrará tripolarmente el corte A a los 700ms y 200ms después recerrará tripolarmente el corte B.

En caso de presentarse alguna de las seis condiciones definidas en el título 3.5.1, se recerrará solo el interruptor del corte B en tiempo de Maestro y los disparos en el interruptor del corte A serán tripolares y definitivos. De igual manera, si el relé 7VK61 instalado en el corte B está indisponible los disparos sobre este corte serán tripolares y definitivos.

Cuando las protecciones asociadas a la línea ven la falla en Zona 2, al alcanzar los tiempos de Zona 2 se producen disparos definitivos sin arranques de ciclo de recierre. Esto siempre y cuando no haya recepción de disparo transferido.

En caso se presentarse una falla durante el Tiempo de Reclamo de recierre de alguno de los dos relés, los disparos serán tripolares y definitivos.

Si se presentan fallas simultáneas en las dos derivaciones o se presenta falla en una derivación durante un ciclo de recierre en la otra, el interruptor del corte B deberá disparar tripolarmente y no recerrar hasta el cierre exitoso del último interruptor, respetando el tiempo de espera del Maestro de este último. En este caso si deberá verificarse el cierre exitoso de los dos maestros para el cierre del interruptor del corte B.

Hay que tener en cuenta que con esta última condición y teniendo en cuenta que el interruptor del corte B abre tripolarmente, su recierre debe ser tripolar con verificación de sincronismo. Para que se pueda efectuar este ciclo, el selector en las dos derivaciones debe permitir recierre tripolar (selector en 3 o en 1+3). En caso de no presentarse la habilitación simultánea desde los selectores en las dos derivaciones, el interruptor del corte B queda abierto y disponible para cierre manual.

Las pruebas de recierre en un diámetro con configuración Línea-Línea consideraron dos escenarios:

- a) Falla simultánea en las derivaciones AB y BC con los cortes A, B y C cerrados: en este caso, se disparan los interruptores A, B y C tripolarmente. Se recierran tripolarmente los interruptores A y C una vez expirados sus respectivos tiempo muertos. Inmediatamente se verifica el recierre exitoso del último interruptor, se emite el comando de cierre al interruptor del corte B 700 ms después. La secuencia permite recierres en los interruptores A y C a los 780 ms aproximadamente después de la falla y a los 1500 ms aproximadamente en el interruptor del corte B.
- b) Falla simultánea en las derivaciones AB y BC con el corte A abierto y los cortes B y C cerrados: en este caso se tiene una situación de conflicto para el interruptor del corte B ya que este debe trabajar como Maestro para la derivación AB y como seguidor para la derivación BC. Teniendo en cuenta que físicamente, aunque los eventos sean simultáneos, los arranques enviados desde las protecciones de una u otra derivación llegan al 7VK61 instalado en B con una pequeña diferencia de tiempo. Dependiendo de

cuál arranque llegue primero es el comportamiento del recierre en el interruptor del corte B. Si los arranques llegan primero desde las protecciones de la derivación AB y para la cual el corte B debe recerrar como Maestro, el interruptor del corte B no recerrará hasta no desaparecer la señal de Habilitación de Recierre desde el corte C (Habilitar 79 desde CC) a 1500 ms aproximadamente después de la falla. Si los arranques llegan primero desde las protecciones de la derivación BC y para la cual el corte B debe recerrar como Seguidor, el interruptor del corte B no recerrará hasta no llegar la señal de Habilitar 79 desde CC. En este caso, el interruptor del corte C cierra a 780 ms aproximadamente después del evento y el corte B a los 980 ms aproximadamente después del evento.

c) Falla simultánea en las derivaciones AB y BC con el corte C abierto y los cortes B y A cerrados: se tiene una secuencia de eventos similar a la descrita en el ítem anterior.

3.5.5 Recierre Monopolar y/o Tripolar (1+3)

El relé 7VK61 instalado en el corte B debe tener en cuenta la posición del selector instalado en la derivación AB solo durante el arranque de las protecciones asociadas a esta derivación. Cuando el interruptor del corte C esté abierto debe tener en cuenta adicionalmente la posición del selector en la derivación BC. Esto implica, por ejemplo, que aunque el selector en la derivación AB permita recierre monopolar y tripolar sobre los interruptores A y B, el interruptor del corte B podrá hacer uno u otro e incluso los dos dependiendo del selector en la derivación BC.

Con el selector en esta posición se pueden ejecutar ciclos de recierre monopolar o tripolar dependiendo del tipo de falla.

Para una falla monofásica se arrancará un ciclo de recierre monopolar en el corte A y corte B según la secuencia arriba descrita. Si después de arrancar este ciclo de recierre se produce otra falla caracterizada como evolutiva, se originará un disparo tripolar y se arrancará un ciclo de recierre tripolar en los dos cortes.

Para una falla multifásica, los disparos serán tripolares y se arrancará un ciclo de recierre tripolar. Tal como se dijo anteriormente, el recierre tripolar tanto para el corte A como para el corte B serán con verificación de sincronismo.

En caso de presentarse alguna de las seis condiciones definidas en el título 3.5.1, se recerrará solo el interruptor del corte B en tiempo de Maestro y los disparos en el interruptor del corte A serán tripolares y definitivos. De igual manera, si el relé 7VK61 instalado en el corte B está indisponible los disparos sobre este corte serán tripolares y definitivos.

Cuando las protecciones asociadas a la línea ven la falla en Zona 2, al alcanzar los tiempos de Zona 2 se producen disparos definitivos sin arranques de ciclo de recierre. Esto siempre y cuando no haya recepción de disparo transferido.

En caso de presentarse una falla durante el Tiempo de Reclamo de recierre de alguno de los dos relés, los disparos serán tripolares y definitivos.

Si se presentan fallas simultáneas en las dos derivaciones o se presenta falla en una derivación durante un ciclo de recierre en la otra, el interruptor del corte B deberá disparar tripolarmente y no recerrar hasta el cierre exitoso del último interruptor, respetando el tiempo de espera del Maestro de este último. En este caso si deberá verificarse el cierre exitoso de los dos maestros para el cierre del interruptor del corte B.

Para fallas simultáneas deben tenerse en cuenta los escenarios descritos en los numerales 3.5.3 y 3.5.4.

En general para cualquier tipo de recierre, debe verificarse que el corte B no recerrará si están abiertos simultáneamente el corte A y el corte B.

Estando cerrado por lo menos alguno de estos cortes se garantiza que las dos líneas queden amarradas a la subestación y se evita la situación de conectar dos líneas en serie que puedan ser demasiado largas y originar sobretensiones peligrosas.

Nota: En los protocolos de pruebas de recierre diligenciados en sitio se determinan claramente las pruebas realizadas y la operación del recierre para cada caso.

3.5.6 Ajustes Esquema de Recierre Subestación Chimbote 500kv Diámetro Con Configuración Línea-Línea.

En el Anexo N°4 se muestra la parametrización de los equipos 7VK61 de cada corte teniendo en cuenta las definiciones y recomendaciones de ajuste dadas para la función de recierre en un esquema Maestro-Seguidor implementado con relés 7VK61 y en una configuración de diámetro Línea-Línea.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 Resultado de Pruebas

Los tiempos de recierre de los interruptores Maestro-Seguidor se observaron durante las pruebas END TO END.

4.1.1 Pruebas END TO END

Prueba realizada para verificar el esquema de protección en ambos extremos de la línea bajo condiciones del sistema de potencia. La prueba "End To End" es la última prueba a realizar previo a la energización, ya que en esta replica las condiciones reales que el sistema de protección experimentara cuando este en servicio y bajo alguna condición de cortocircuito.

Las pruebas END TO END pueden ser usadas para:

- Evaluar el desempeño del sistema de protección completo y sus equipos asociados.
Asegurar la operación adecuada de los equipos de comunicación para esquemas de teleprotección.
Probar la operación y coordinación adecuada entre los extremos de línea de un esquema de protección de línea en condiciones de falla interna y externa.
- Probar el esquema de recierre.

Para asegurar la precisión de la prueba, se utilizará un GPS como medio de sincronización, tal como se muestra en la Fig. 4.1.

En la Fig. 4.1 se puede observar el montaje utilizado para la ejecución de las pruebas sincronizadas por satélite GPS (GLOBAL POSITIONING SATELLITE SYNCHRONIZATION) Sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, con una precisión hasta de centímetros. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que llevan a bordo cada uno de los satélites.

De las pruebas END TO END realizadas en la línea L-5006 podemos observar que la lógica Maestro-Seguidor implementado en los relés 7VK61 tiene resultados satisfactorios. Estos tiempos se observa en los casos 1, caso 2 y caso 3 calculados por ISA REP.

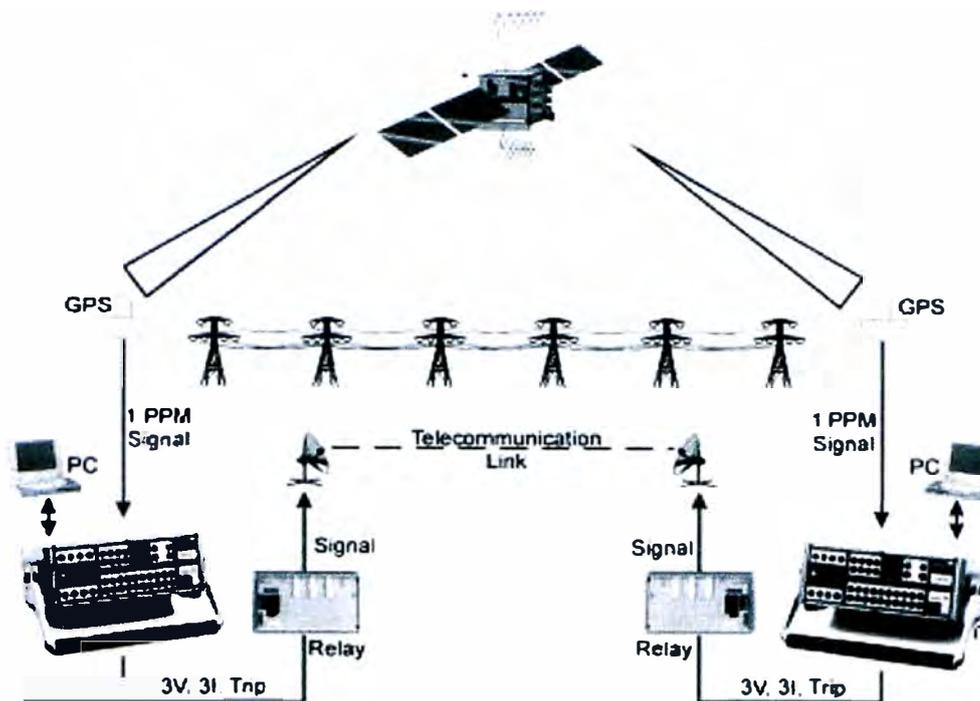


Fig. 4.1 Esquema para prueba End to End usando GPS para sincronización.

4.1.2 Descripción de las Pruebas END TO END

Como ya se mencionó anteriormente, las pruebas “End To End” consisten en inyectar corrientes y tensiones secundarias simultáneamente (sincronizadas mediante GPS) a ambos extremos de la línea, para comprobar el desempeño adecuado del sistema de protección; dichas corrientes y tensiones son las que se obtienen de los archivos COMTRADE generados mediante el software DigSILENT PowerFactory.

a) Línea L5006 (Carabayllo - Chimbote)

La línea de transmisión L5006, cuenta para cada extremo con dos relés principales de distancia SIPROTEC modelo 7SA612, una protección de sobrecorriente SIPROTEC modelo 7SJ641 como protección de respaldo y un relé SIPROTEC modelo 7VK611 el cual contiene las funciones de recierre, sincronismo y falla interruptor.

Para las simulaciones de fallas monofásicas internas se realizó con recierre exitoso, para ello se consideró los tiempos muertos de recierre maestro – seguidor, el cual se detalla a continuación:

Para el recierre exitoso, el interruptor que cierra primero será el extremo fuerte en este caso es Carabayllo (interruptor maestro) en 600ms, después de 100 ms se cierra el extremo Chimbote (interruptor seguidor).

La tabla N° 4.1 muestra los casos simulados para la línea L5006 Subestacion Chimbote 500kV

Tabla N° 4.1 Condiciones para la simulación de la falla.

| CASO | Tipo de Falla | ARCHIVO COMTRADE | | FASE | R FALLA | T prefalla | T inyeccion | T muerto | | T pos falla | T simulacion | |
|------|--|------------------|----------|-------|---------|------------|-------------|----------|------|-------------|--------------|------|
| | | S1 | S2 | FALLA | A | (Ω) | (ms) | (ms) | (ms) | (ms) | (ms) | (ms) |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Falla monofasica, solida a tierra, al 5%de distancia de S1, hacia delante | 1COMT-CA | 1COMT-CH | AT | 5 | 500 | 100 | 600 | 700 | 500 | 1800 | |
| 2 | Falla monofasica, solida a tierra, al 50%de distancia de S1, hacia delante | 1COMT-CA | 1COMT-CH | BT | 5 | 500 | 100 | 600 | 700 | 500 | 1800 | |
| 3 | Falla monofasica, solida a tierra, al 95%de distancia de S1, hacia delante | 1COMT-CA | 1COMT-CH | CT | 5 | 500 | 100 | 600 | 700 | 500 | 1800 | |

b) Resultados Obtenidos de Las Pruebas END TO END

b.1) CASO 1.- Se simula una falla monofásica en la fase R, solida a tierra, como se muestra en la Fig. 4.2 solo apertura la fase R del interruptor de potencia del corte A y corte B, luego de cumplir el tiempo muerto la fase R del interruptor del corte A cierra y 200ms más tarde cierra el interruptor del corte B.



Fig. 4.2 Recierre en la fase "R".

b.2) CASO 2.- Se simula una falla monofásica en la fase S, solida a tierra, como se muestra en la Fig. 4.3 solo apertura la fase S del interruptor de potencia del corte A y corte B, luego de cumplir el tiempo muerto la fase S del interruptor del corte A cierra y 200ms mas tarde cierra el interruptor del corte B.

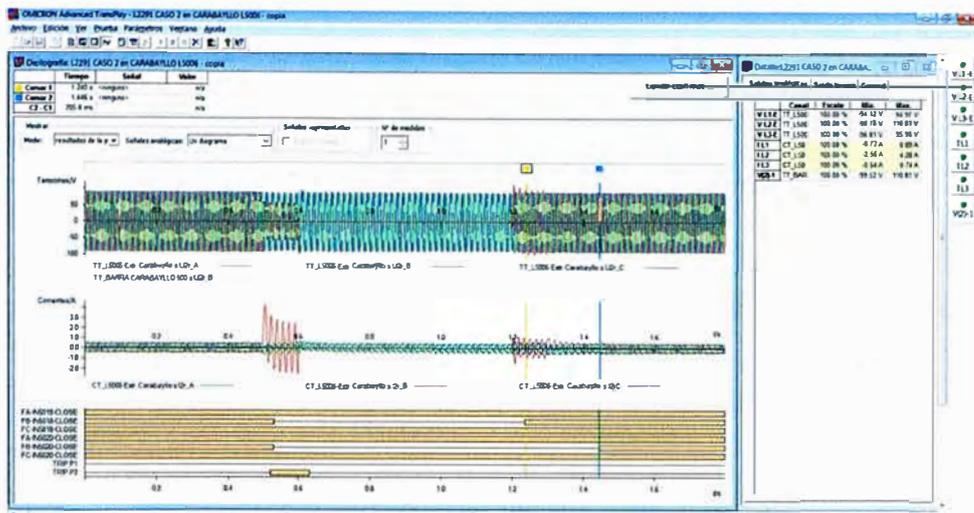


Fig. 4.3 Recierre en la fase "S".

b.3) CASO 3.- Se simula una falla monofásica en la fase T, solida a tierra, como se muestra en la Fig. 4.4 solo apertura la fase T del interruptor de potencia del corte A y corte B, luego de cumplir el tiempo muerto la fase T del interruptor del corte A cierra y 200ms mas tarde cierra el interruptor del corte B.

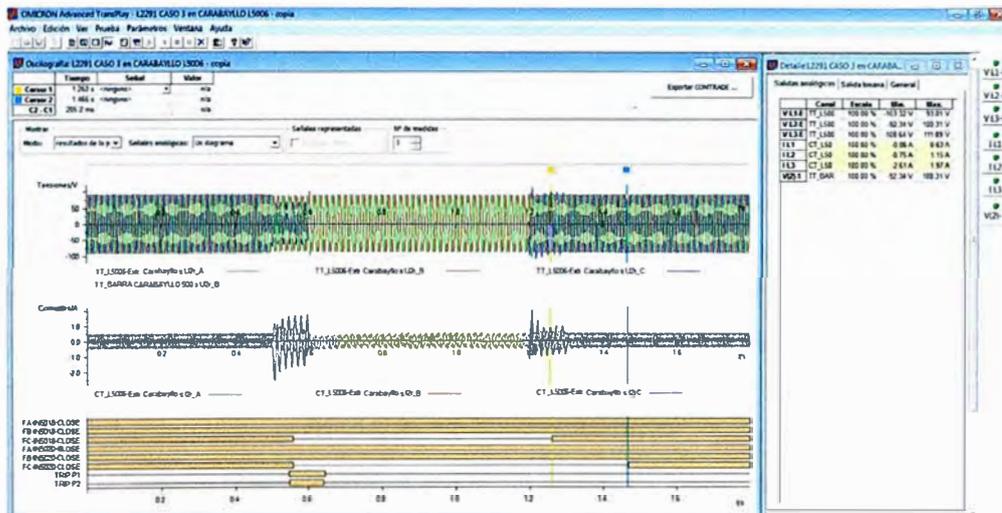


Fig. 4.4 Recierre en la fase "T".

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El documento ilustra la implementación de la lógica Maestro – Seguidor acorde con los criterios de ISA REP, los del COES y Siemens.
2. Se recomienda tener un sistema de comunicación redundante para que la lógica implementada sea confiable.
3. Cuando se realice la lógica Maestro – Seguidor y se crea la comunicación entre los relés en el software Digsí con la aplicación “Estación IEC 61850” siempre se debe programar con alta prioridad la emisión y recepción de mensajes GOOSE por el hecho que si ocurre una falla se jerarquiza la actuación de los relés involucrados.
4. El reporte de las pruebas END to END se encuentran en el Anexo N°5, donde podemos observar los valores de falla inyectados al relé de protección y los tiempos de cierre de los interruptores asociados a la falla, cumpliéndose la lógica Maestro - Seguidor.
5. Acorde con los diferentes análisis, criterios y pruebas realizadas, se observa un adecuado desempeño de la lógica Maestro – Seguidor implementada en los relés de protección asociados a la línea L5006, por lo que se recomienda la implementación de dicho esquema en futuras subestaciones con configuración de interruptor y medio.
6. Para todas las subestaciones involucradas en el proyecto Zapallal-Trujillo se activaran solo recierres monofásicos por recomendación del COES.
7. En el reporte de pruebas que se encuentra en el Anexo N°5 se puede observar que para el CASO 1 (falla monofásica en la fase “R”) la diferencia de tiempo entre el recierre del interruptor Maestro y Seguidor es 207.7 ms, estos 7.7ms de más son debido al tiempo que demora la señal de cierre en viajar desde la salida binaria del relé 7VK611 hasta la bobina del interruptor y de los contactos auxiliares del interruptor de potencia hasta la entrada binaria del equipo de pruebas, estos puntos están físicamente conectado con cable de cobre, en el Caso 2 y Caso 3 los valores obtenidos son 207.1ms y 206.0ms respectivamente.
8. El estándar IEC 61850 GOOSE se está utilizando extensamente en muchos diseños de subestaciones debido a la gran capacidad que tiene que interconectar diversos equipos de diferentes fabricantes lo que representa una ventaja ya que no depende de protocolos propietarios.

9. Una característica del estándar IEC 61850 GOOSE es poder consultar a cada IED para conocer el estado en el que se encuentran los equipos que está supervisando en posicionamiento y medida, mejorando la calidad de los esquemas de control con respecto a los esquemas de control que se tenían con otros protocolos de comunicación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ABB Switchgear. "Protection Application Handbook". Edición 1. Vasteras Suecia. Marzo 1999.
- [2] A. Behrouz, C. Coombs, S. Chung, "Transmisión de datos y redes de comunicaciones", 2da edición, Mc Graw Hill, 2002.
- [3] International Standar IEC 61850-5, Segunda Edición, pp 10-54, 125-130, 2011.
- [4] S. Mohagheghi; Jean-Charles Tournier; J. Stoupis; L. Guise; T. Coste; C. Andersen; J. Dall, "Applications Of IEC 61850 in distribution automation", IEEE, 2011.
- [5] International Standar IEC 61850-7-1, segunda edición, pp-20-85, 2011.
- [6] International Standar IEC 61850-7-2, segunda edición, pp15-30, 2011.
- [7] International Standar IEC 61850-8-1, segunda edición, pp 15-25, 65-80, 2011.
- [8] D. Ouellette, M. Desjardine; P. Forsyth, "Using a real time digital simulator to affect the quality of IEC 61850 GOOSE and sampled value data", IEEE, 2010.
- [9] A. Bonetti; R. Douib, "Transfer time measurement for protection relay applications with the IEC 61850 standard", IEEE, 2010.
- [10] R. Mackiewicz, "Overview of IEC 61850 and benefits", IEEE, 2006.
- [11] G. Steynberg & A. Hoffmann. "AR Scheme for breaker and a half arrangement", Siemens, 2002.
- [12] J. Sánchez. "Lógica de recierre maestro seguidor en una configuración de línea – generador", Siemens, 2004.
- [13] J. Sánchez, "Lógica de recierre maestro seguidor en una configuración de línea – línea", Siemens, 2004.

ANEXO N°1

DIAGRAMA UNIFILAR PROYECTO ZAPALLAL-TRUJILLO Y AREA DE INFLUENCIA

ANEXO N°2
DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS SUBESTACIONES ASOCIADAS AL PROYECTO
ZAPALLAL - TRUJILLO

ANEXO N°3
AJUSTE ESQUEMA DE RECIERRE SUBESTACIÓN CHIMBOTE 500KV DIÁMETRO
CON CONFIGURACIÓN LÍNEA-GENERADOR

RELE 7VK61 CORTE A

1. **Configuración de Dispositivo.-** En la fig. 1 se muestra las funciones que están habilitadas y deshabilitadas internamente en el relé.

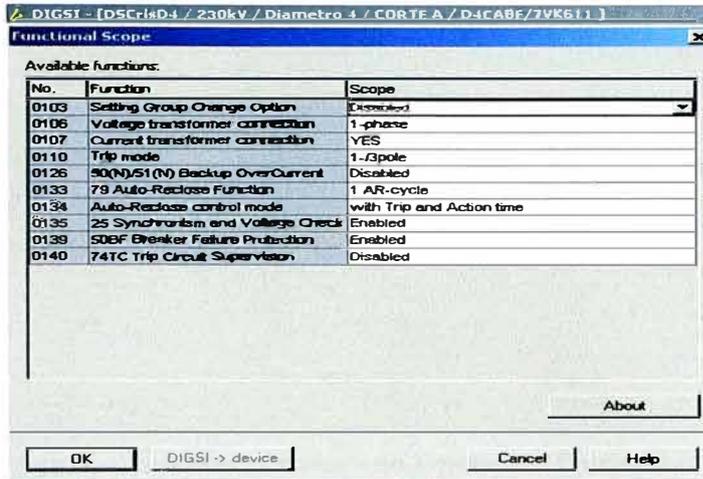


Fig.1 Corte A – Configuración de Dispositivo

2. **Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores.-** En la fig.2 se muestra los ajustes ingresados de relación de Transformador de Corriente y Transformador de Tensión

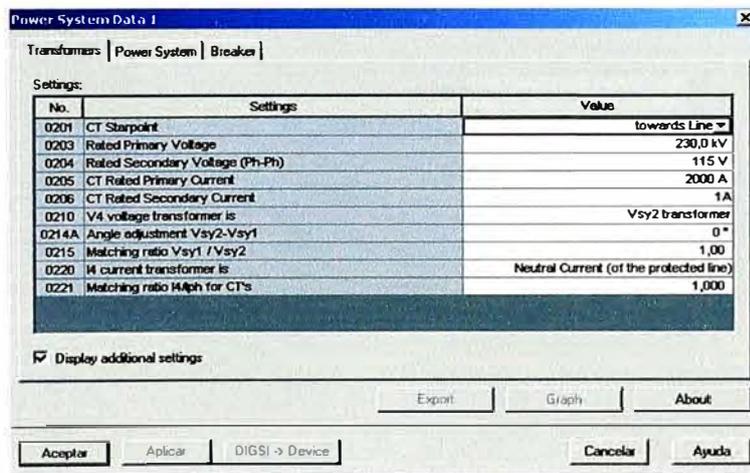


Fig. 2 Corte A – Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores

3. **Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Secuencia.-** En la Fig. 3 se muestra el ingreso de datos de frecuencia y secuencia de fases.

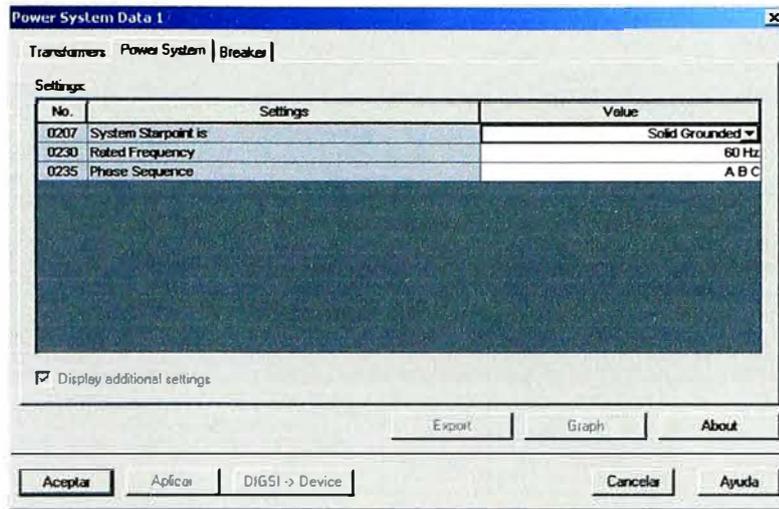


Fig. 3 Corte A – Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Fases

4. **Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.-** En la fig. 4 se muestran los ajustes de tiempos del interruptor de potencia.

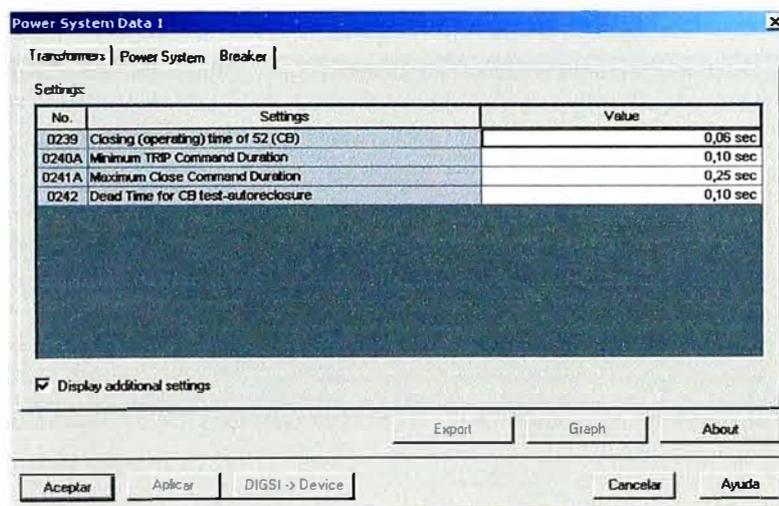


Fig. 4 Corte A – Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.

5. **Ajustes de Grupo A - Datos Sistemas de Potencia 2.-** En la fig. 5 se muestran los ajustes de medidas nominales para el relé.

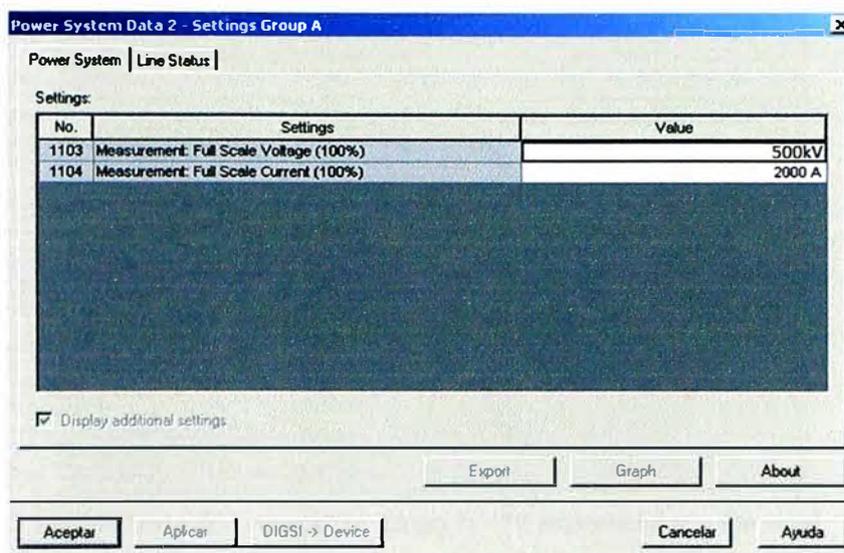


Fig. 5 Corte A – Datos de sistemas de potencia – Ajuste de grupo A

6. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2 – Estados de la Línea.-** En la fig. 6 se muestran los ajustes correspondientes al estado de la línea.

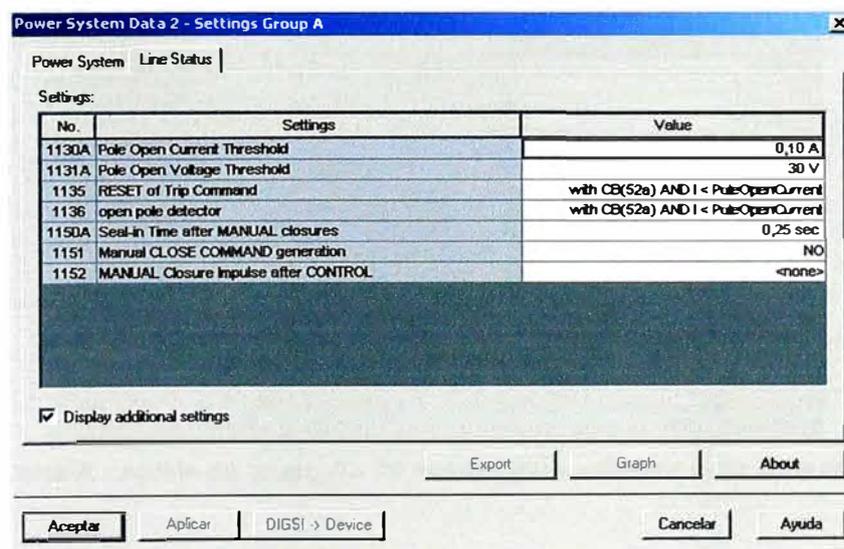


Fig. 6 Corte A – Ajuste de grupo A Datos de Sistemas de Potencia 2 – Line Status.

7. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 7 se muestran los ajustes correspondientes para la función de recierre.

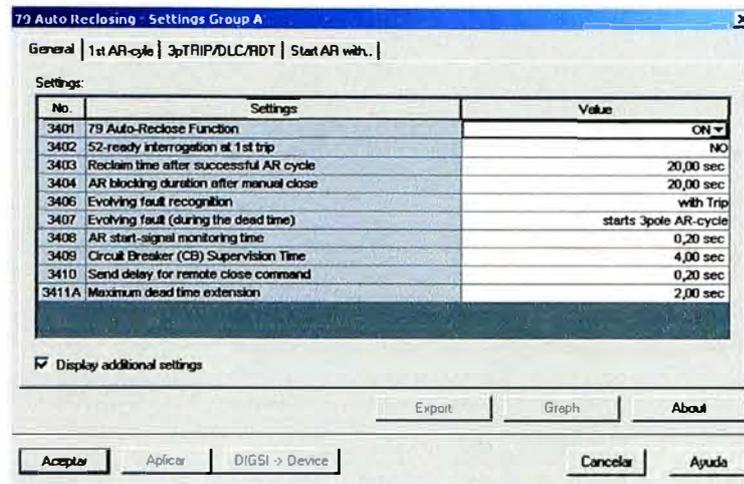


Fig. 7 Corte A – Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre - General.

8. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 8 se muestran los ajustes correspondientes al primer ciclo de autorecierre.

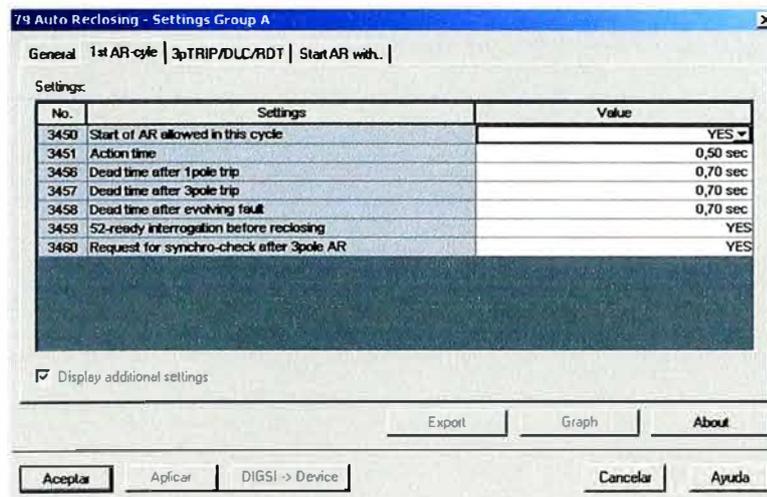


Fig. 8 Corte A - Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre – Primer ciclo de autorecierre.

9. **Ajuste de Grupo A – Autorecierre Con Disparo Tripolar.-** En la fig. 9 se muestran el ajuste para que el relé pueda realizar recierre tripolares.

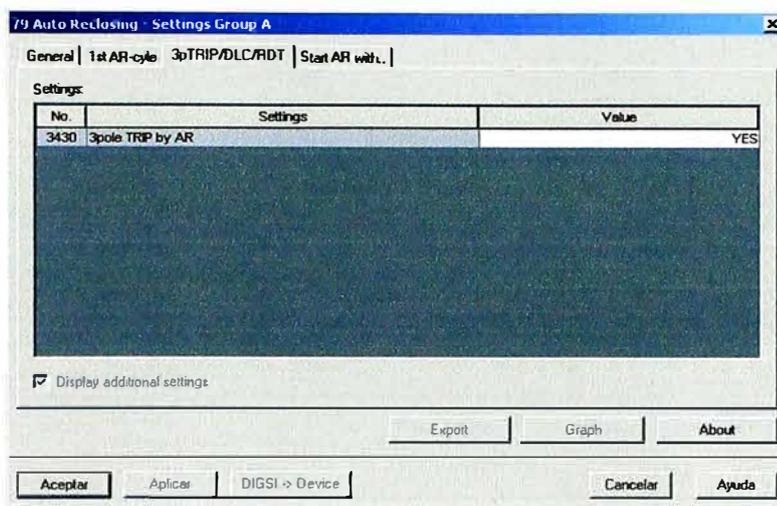


Fig. 9. Corte A – Ajustes de grupo A – 79 Autorecierre –.disparos tripolares.

10. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo.-** En la fig. 10 se muestran el ajuste para la función sincronismo.

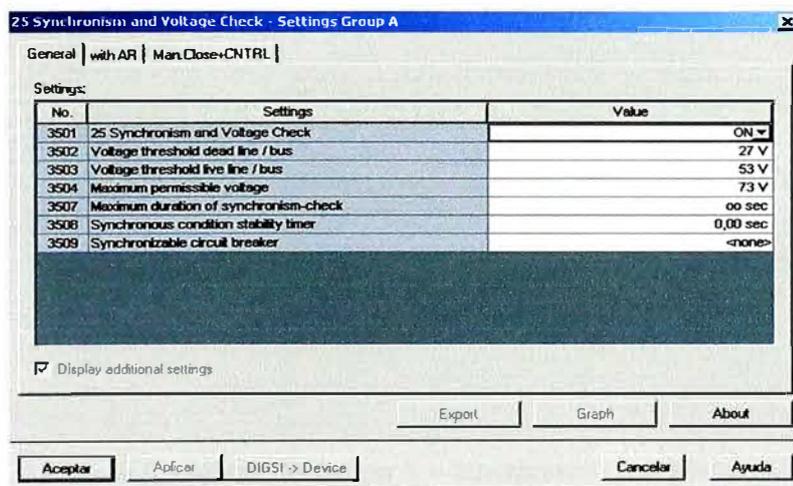


Fig. 10 Corte A – Ajuste grupo A – 25 Sincronismo – General.

11. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.-** En la fig. 11 se muestran el ajuste para la función sincronismo con autorecierre.

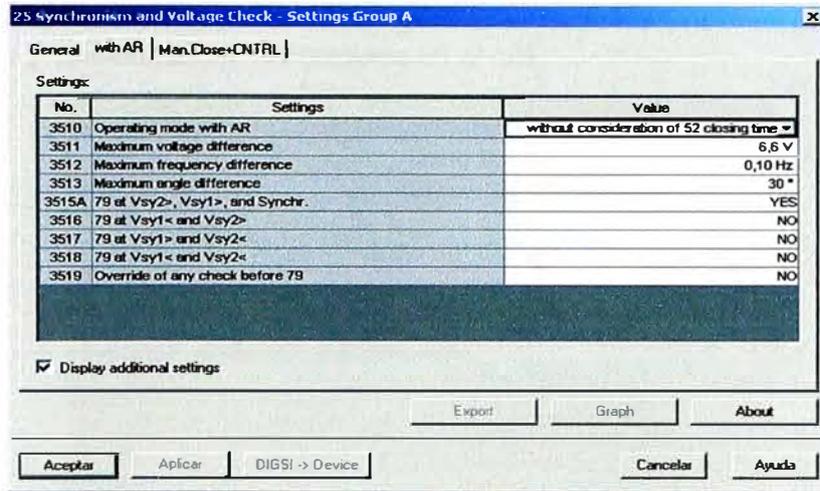


Fig. 11 Corte A - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.

12. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual.-** En la fig. 12 se muestran el ajuste para la función sincronismo con mando manual.

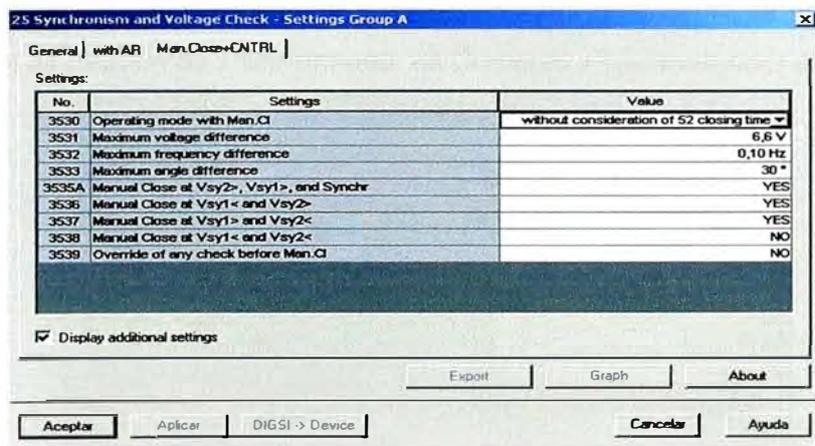


Fig. 12 Corte A - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual

RELE 7VK61 CORTE B

13. **Configuración de Dispositivo.-** En la fig. 13 se muestra las funciones que están habilitadas y deshabilitadas internamente en el relé.

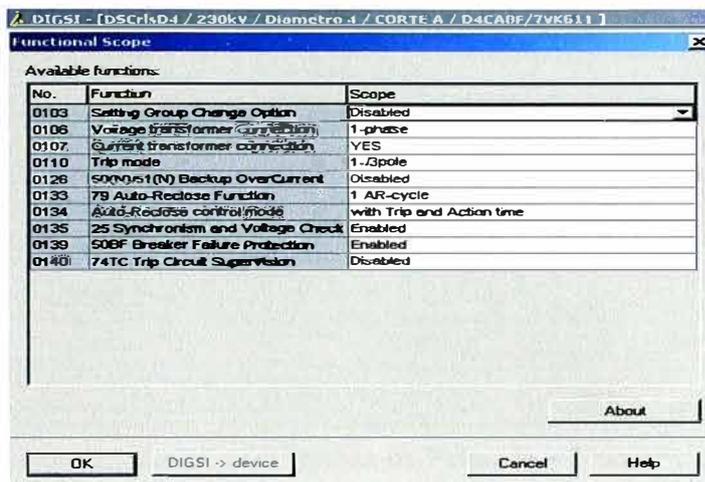


Fig.13 Corte B – Configuración de Dispositivo

14. **Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores.-** En la fig. 14 se muestra los ajustes ingresados de relación de Transformador de Corriente y Transformador de Tensión

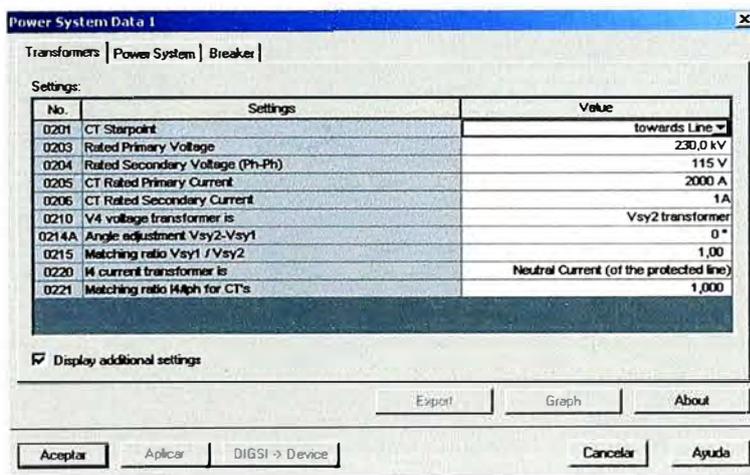


Fig. 14 Corte B – Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores

15. Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Secuencia.- En la Fig. 15 se muestra el ingreso de datos de frecuencia y secuencia de fases.

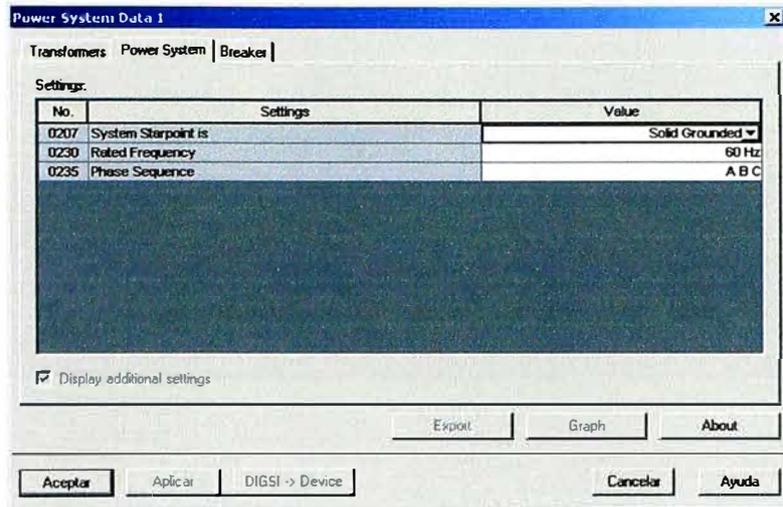


Fig. 15 Corte B – Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Fases

16. Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.- En la fig. 16 se muestran los ajustes de tiempos del interruptor de potencia.

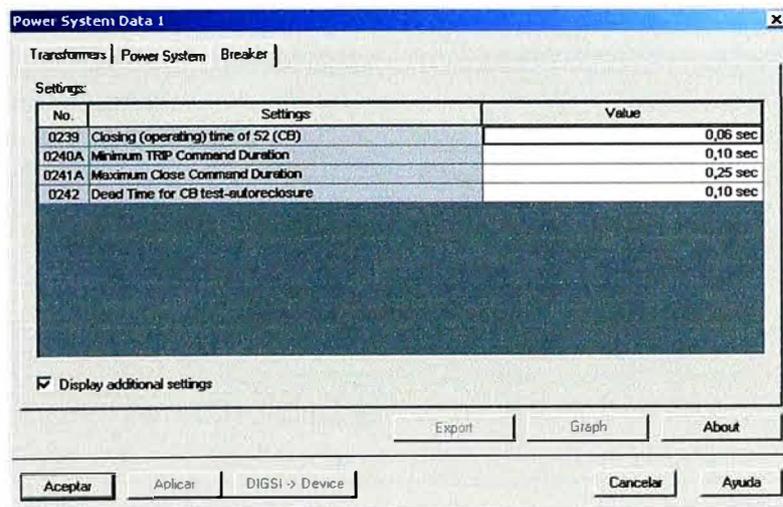


Fig. 16 Corte B – Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.

17. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2.-** En la fig. 17 se muestran los ajustes de medidas nominales para el relé.

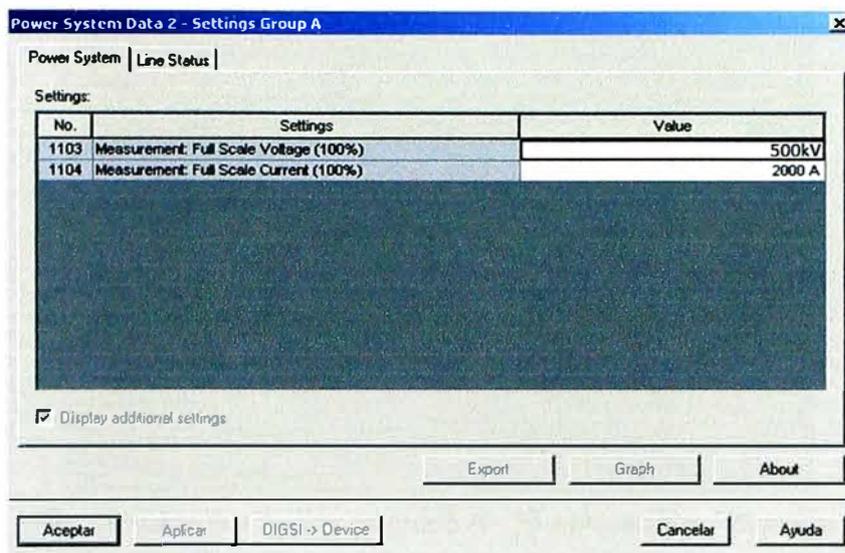


Fig. 17 Corte B – Datos de sistemas de potencia – Ajuste de grupo A

18. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2 – Estados de la Línea.-** En la fig. 18 se muestran los ajustes correspondientes al estado de la línea.

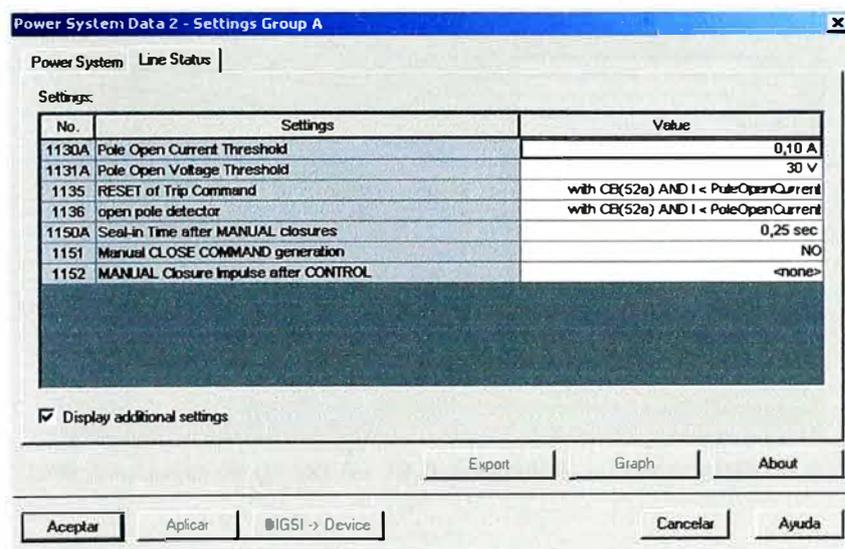


Fig. 18 Corte B – Ajuste de grupo A Datos de Sistemas de Potencia 2 – Line Status.

19. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 19 se muestran los ajustes correspondientes para la función de recierre.

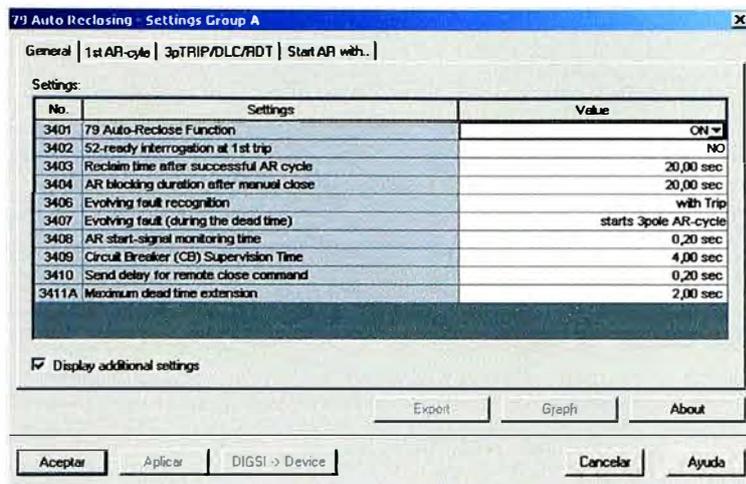


Fig. 19 Corte B – Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre - General.

20. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 20 se muestran los ajustes correspondientes al primer ciclo de autorecierre.

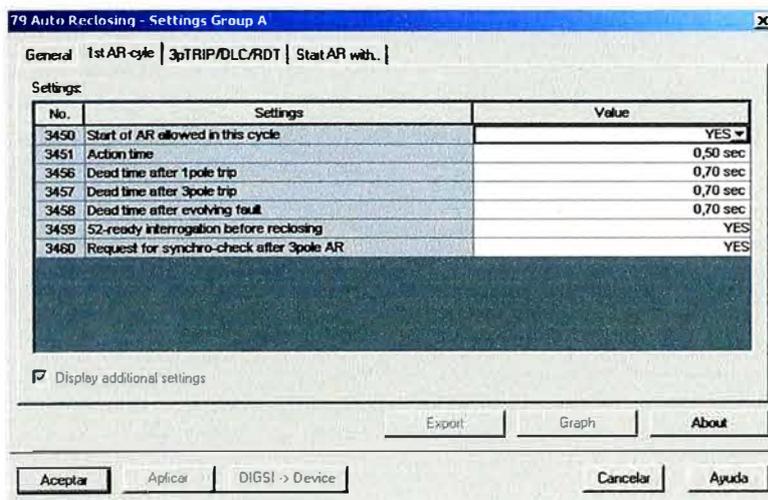


Fig. 20 Corte B - Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre – Primer ciclo de autorecierre.

21. **Ajuste de Grupo A – Autorecierre Con Disparo Tripolar.-** En la fig. 21 se muestran el ajuste para que el relé pueda realizar recierre tripolares.

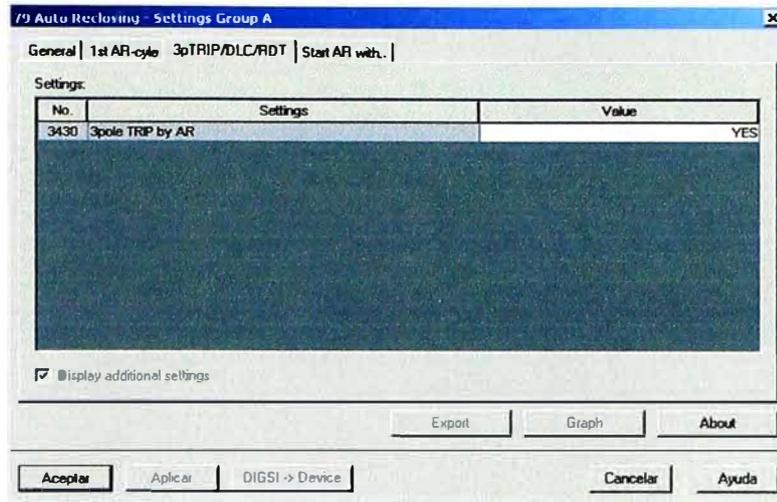


Fig. 21. Corte B – Ajustes de grupo A – 79 Autorecierre –.disparos tripolares.

22. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo.-** En la fig. 22 se muestran el ajuste para la función sincronismo.

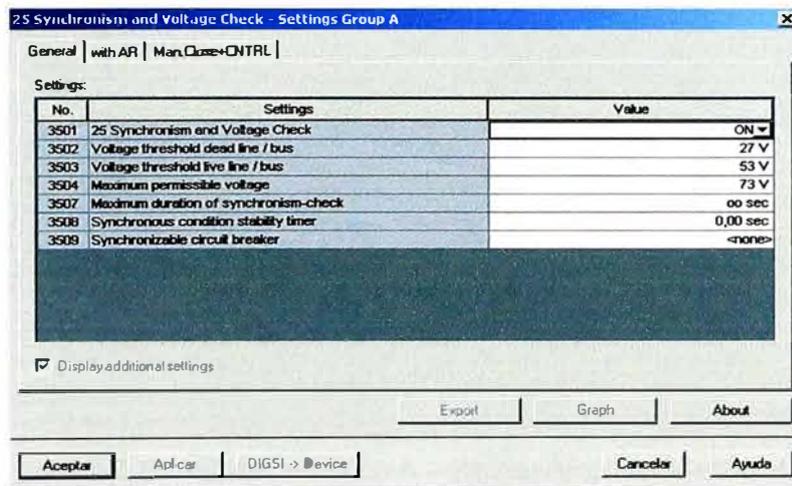


Fig. 22 Corte B – Ajuste grupo A – 25 Sincronismo – General.

23. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.**- En la fig. 23 se muestran el ajuste para la función sincronismo con autorecierre.

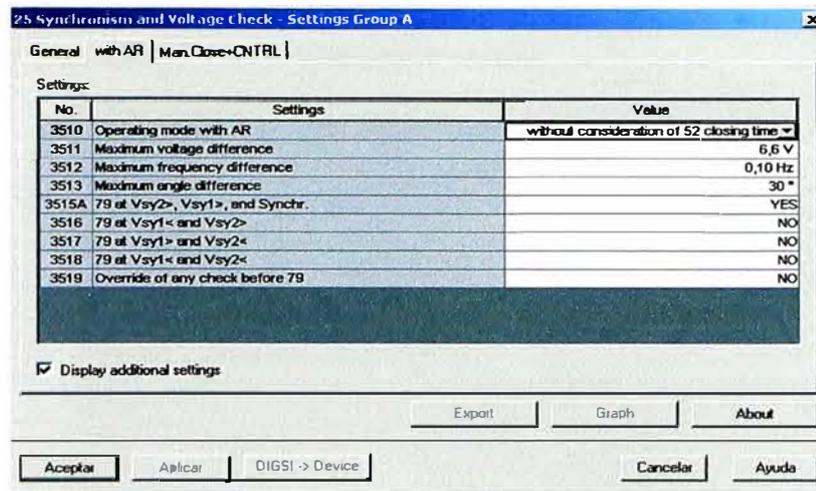


Fig. 23 Corte B - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.

24. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual.**- En la fig. 24 se muestran el ajuste para la función sincronismo con mando manual.

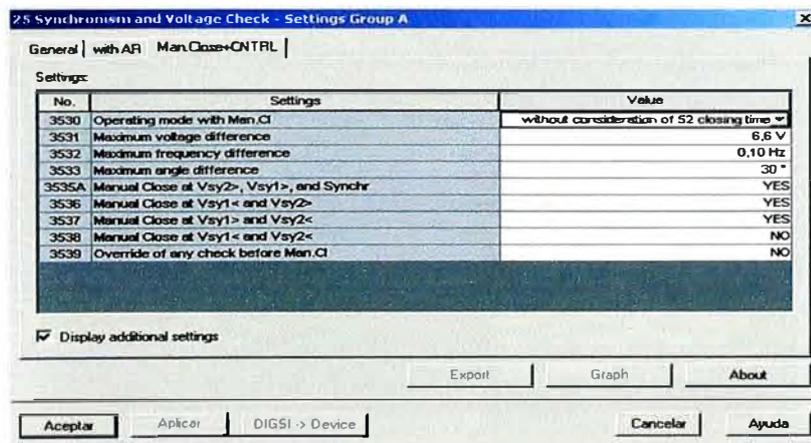


Fig. 24 Corte B - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual

RELE 7VK61 CORTE C

25. Configuración de Dispositivo.- En la fig. 25 se muestra las funciones que están habilitadas y deshabilitadas internamente en el relé.

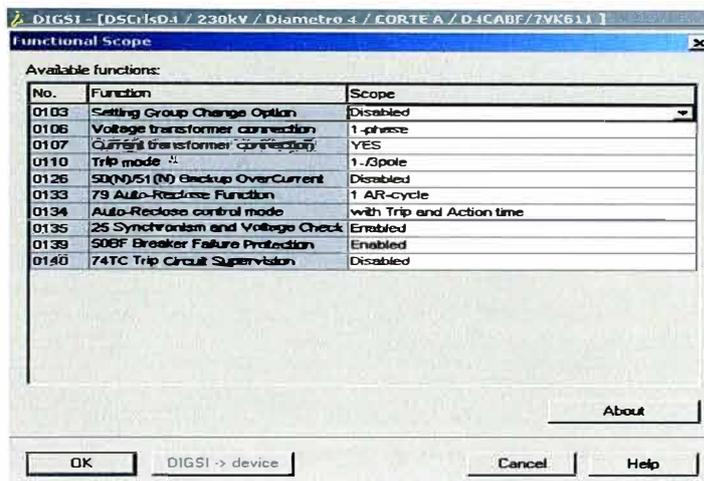


Fig.25 Corte C – Configuración de Dispositivo

26. Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores.- En la fig.26 se muestra los ajustes ingresados de relación de Transformador de Corriente y Transformador de Tensión

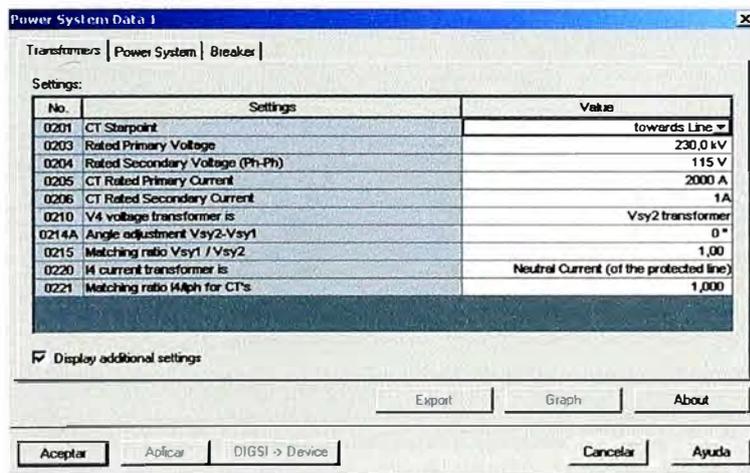


Fig. 26 Corte C – Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores

27. **Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Secuencia.**- En la Fig. 27 se muestra el ingreso de datos de frecuencia y secuencia de fases.

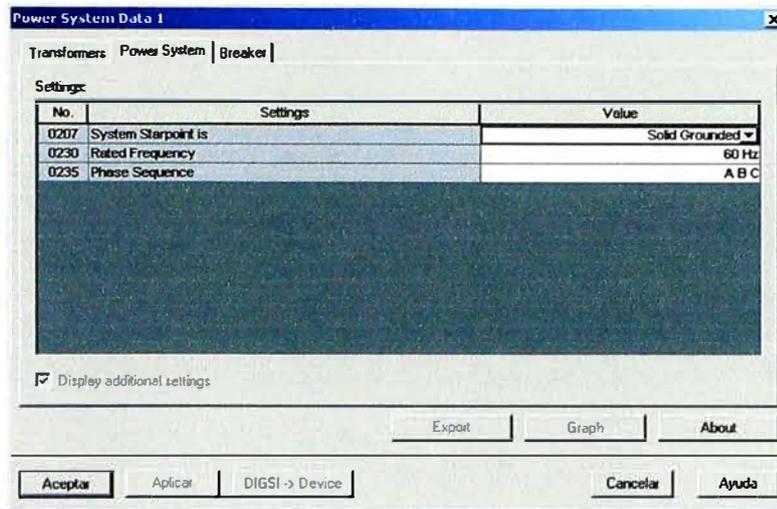


Fig. 27 Corte C – Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Fases

28. **Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.**- En la fig. 28 se muestran los ajustes de tiempos del interruptor de potencia.

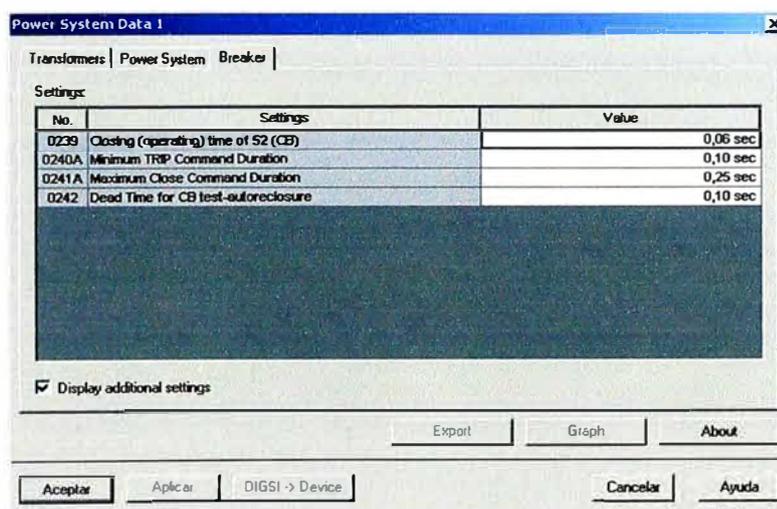


Fig. 28 Corte C – Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.

29. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2.-** En la fig. 29 se muestran los ajustes de medidas nominales para el relé.

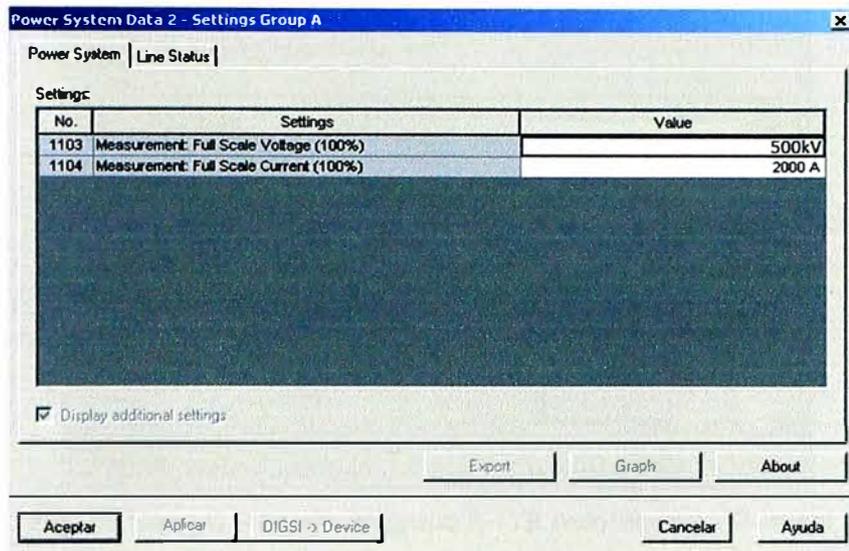


Fig. 29 Corte C – Datos de sistemas de potencia – Ajuste de grupo A

30. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2 – Estados de la Línea.-** En la fig. 30 se muestran los ajustes correspondientes al estado de la línea.

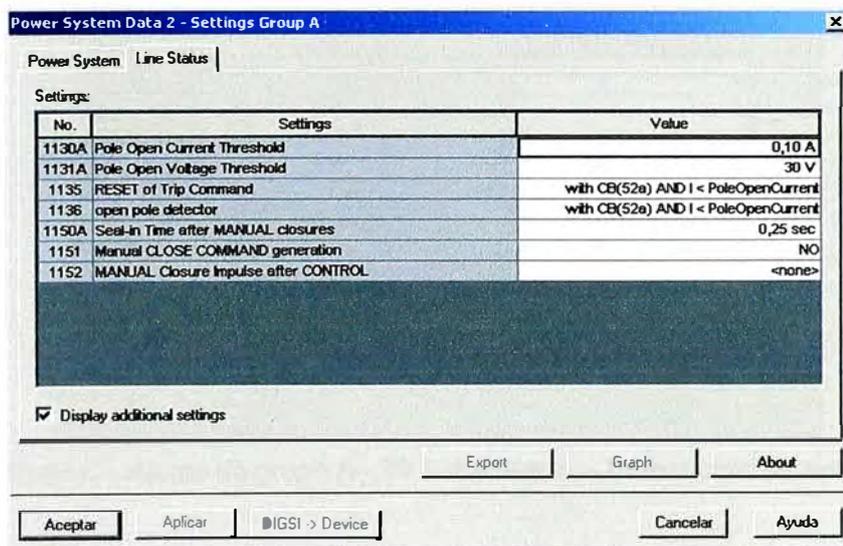


Fig. 30 Corte C – Ajuste de grupo A Datos de Sistemas de Potencia 2 – Line Status.

31. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 31 se muestran los ajustes correspondientes para la función de recierre.

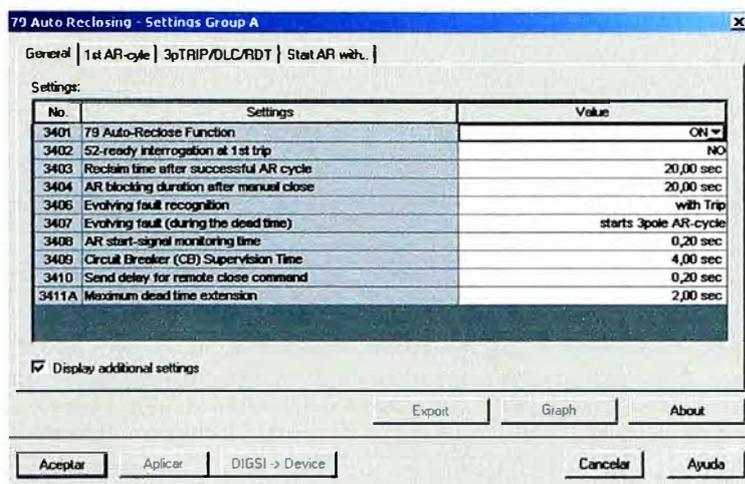


Fig. 31 Corte C – Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre - General.

32. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 32 se muestran los ajustes correspondientes al primer ciclo de autorecierre.

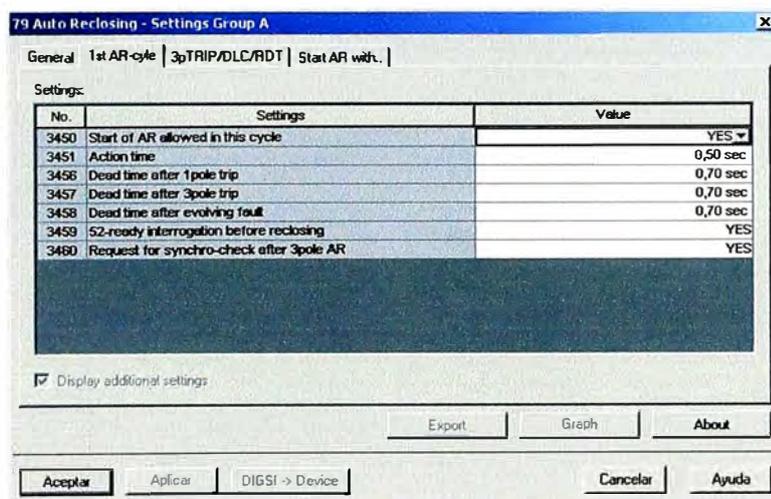


Fig. 32 Corte C - Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre – Primer ciclo de autorecierre.

33. **Ajuste de Grupo A – Autorecierre Con Disparo Tripolar.-** En la fig. 33 se muestran el ajuste para que el relé pueda realizar recierre tripolares.

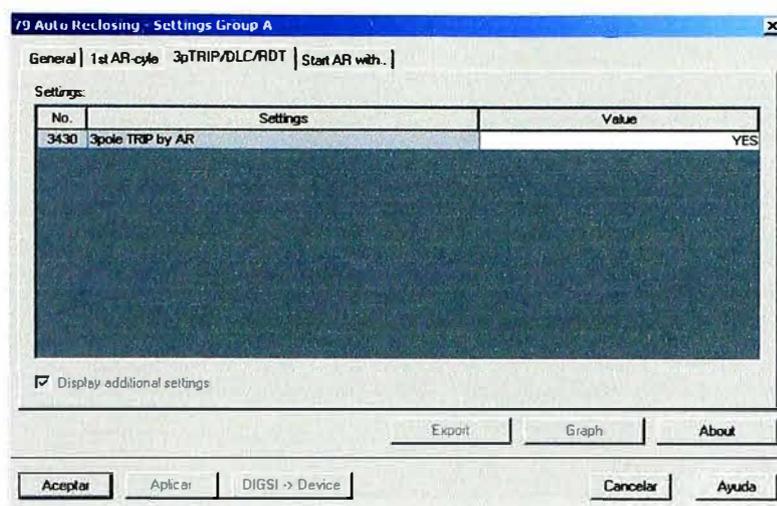


Fig. 33. Corte C – Ajustes de grupo A – 79 Autorecierre –.disparos tripolares.

34. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo.-** En la fig. 34 se muestran el ajuste para la función sincronismo.

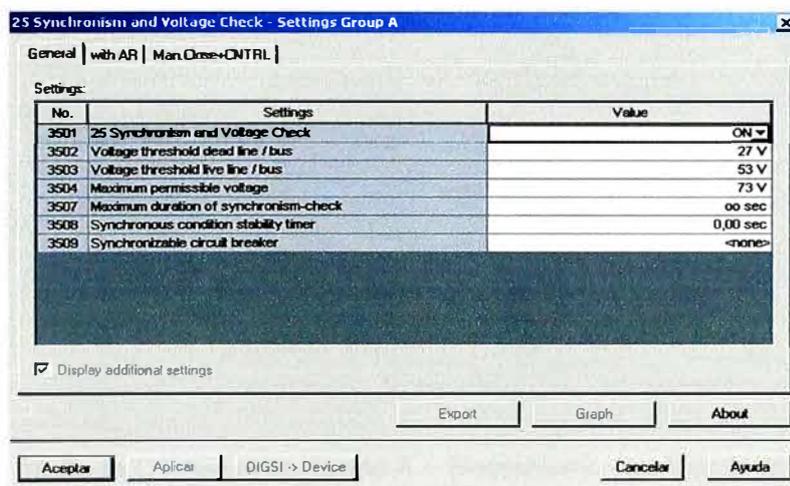


Fig. 34 Corte C – Ajuste grupo A – 25 Sincronismo – General.

35. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.-** En la fig. 35 se muestran el ajuste para la función sincronismo con autorecierre.

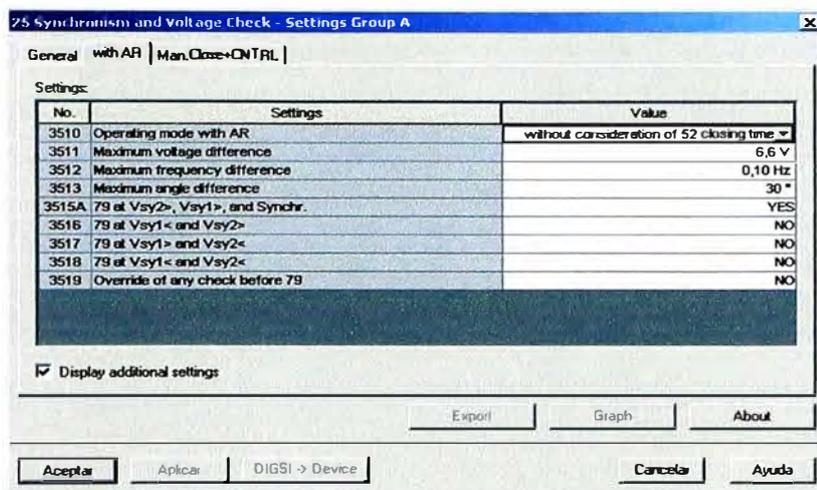


Fig. 35 Corte C - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.

36. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual.-** En la fig. 36 se muestran el ajuste para la función sincronismo con mando manual.

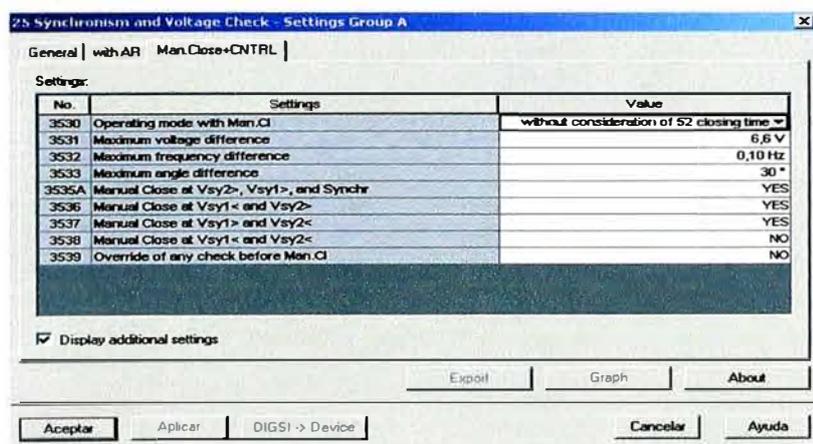


Fig. 36 Corte C - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual

ANEXO N°4

**AJUSTES ESQUEMA DE RECIERRE SUBESTACIÓN CHIMBOTE 500KV DIÁMETRO
CON CONFIGURACIÓN LÍNEA - LÍNEA**

RELE 7VK61 CORTE A

1. **Configuración de Dispositivo.-** En la fig. 1 se muestra las funciones que están habilitadas y deshabilitadas internamente en el relé.

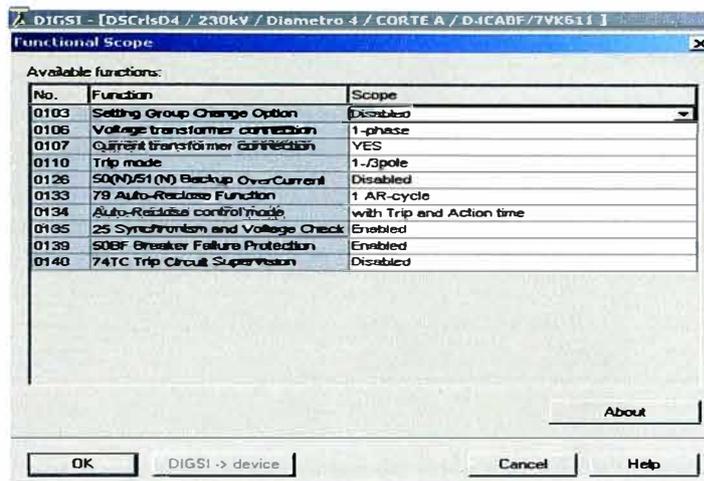


Fig.1 Corte A – Configuración de Dispositivo

2. **Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores.-** En la fig.2 se muestra los ajustes ingresados de relación de Transformador de Corriente y Transformador de Tensión

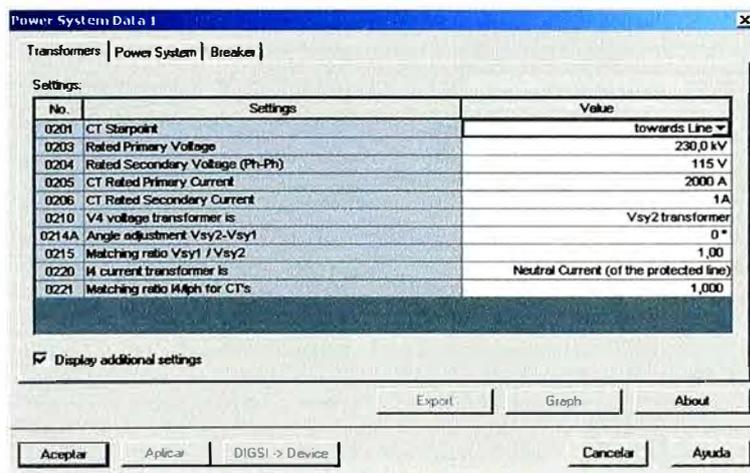


Fig. 2 Corte A – Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores

3. **Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Secuencia.**- En la Fig. 3 se muestra el ingreso de datos de frecuencia y secuencia de fases.

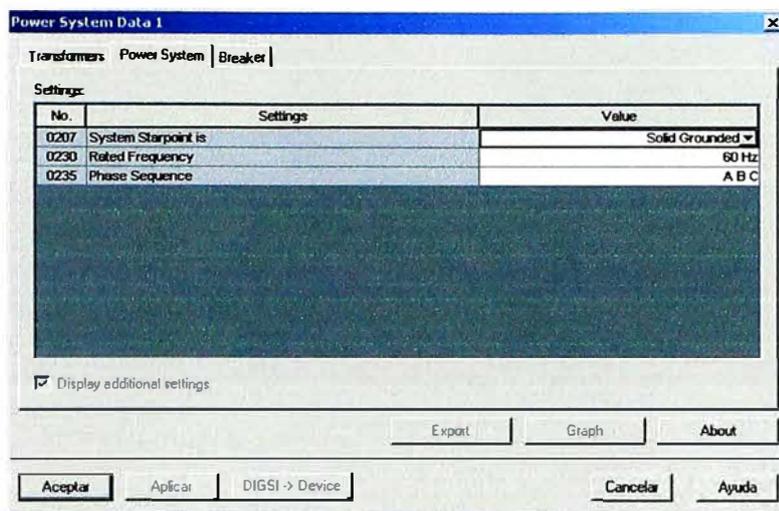


Fig. 3 Corte A – Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Fases

4. **Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.**- En la fig. 4 se muestran los ajustes de tiempos del interruptor de potencia.

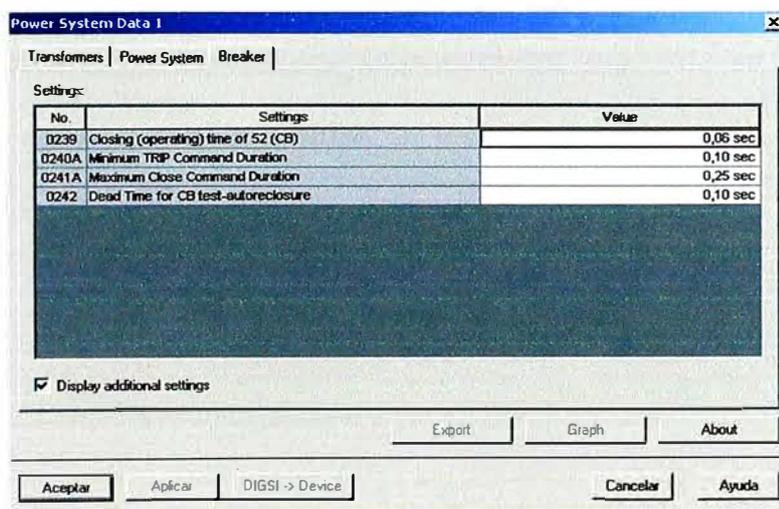


Fig. 4 Corte A – Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.

5. **Ajustes de Grupo A - Datos Sistemas de Potencia 2.-** En la fig. 5 se muestran los ajustes de medidas nominales para el relé.

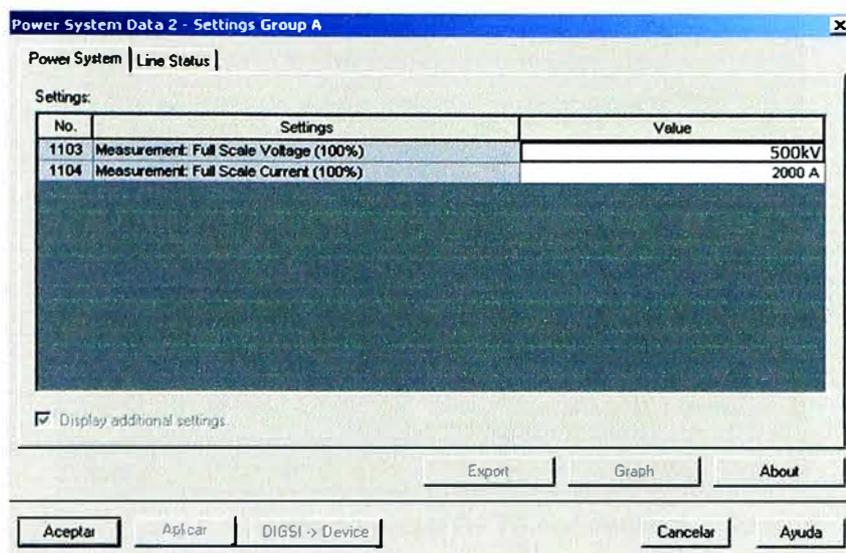


Fig. 5 Corte A – Datos de sistemas de potencia – Ajuste de grupo A

6. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2 – Estados de la Línea.-** En la fig. 6 se muestran los ajustes correspondientes al estado de la línea.

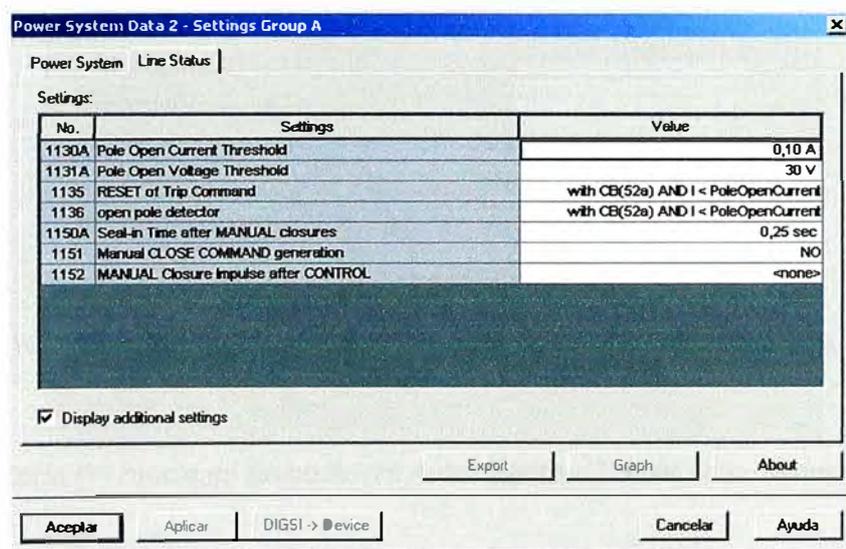


Fig. 6 Corte A – Ajuste de grupo A Datos de Sistemas de Potencia 2 – Line Status.

7. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 7 se muestran los ajustes correspondientes para la función de recierre.

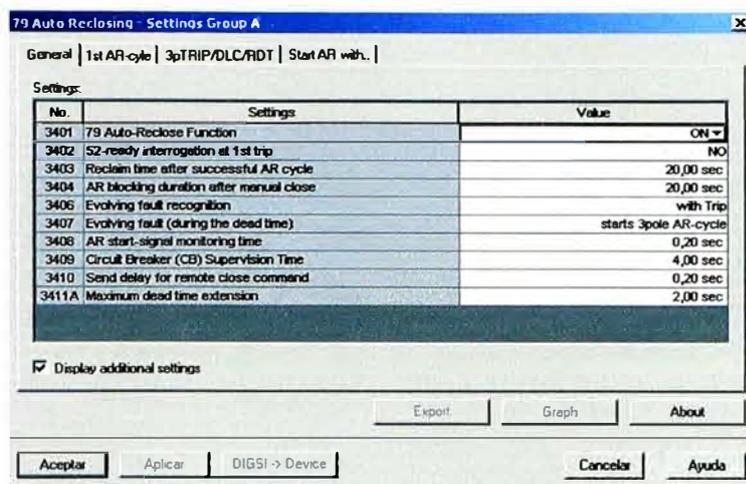


Fig. 7 Corte A – Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre - General.

8. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 8 se muestran los ajustes correspondientes al primer ciclo de autorecierre.

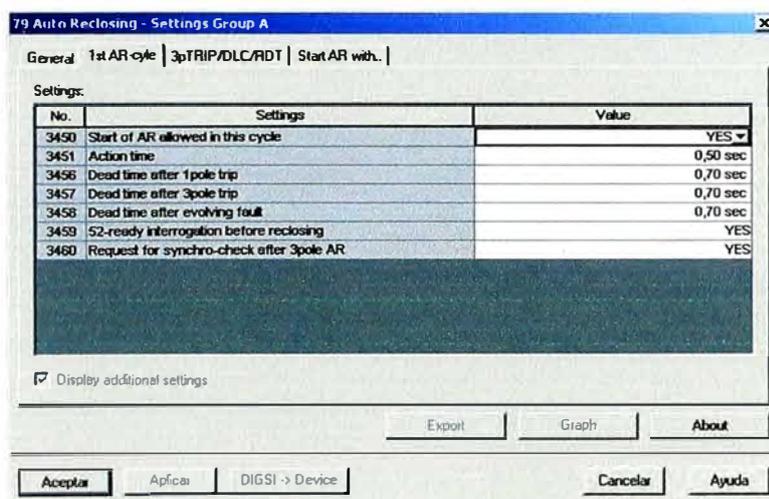


Fig. 8 Corte A - Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre – Primer ciclo de autorecierre.

9. **Ajuste de Grupo A – Autorecierre Con Disparo Tripolar.-** En la fig. 9 se muestran el ajuste para que el relé pueda realizar recierre tripolares.

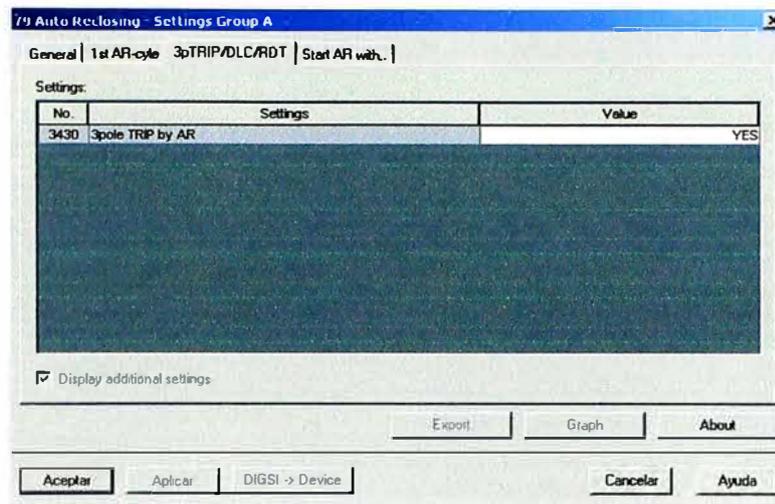


Fig. 9. Corte A – Ajustes de grupo A – 79 Autorecierre –.disparos tripolares.

10. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo.-** En la fig. 10 se muestran el ajuste para la función sincronismo.

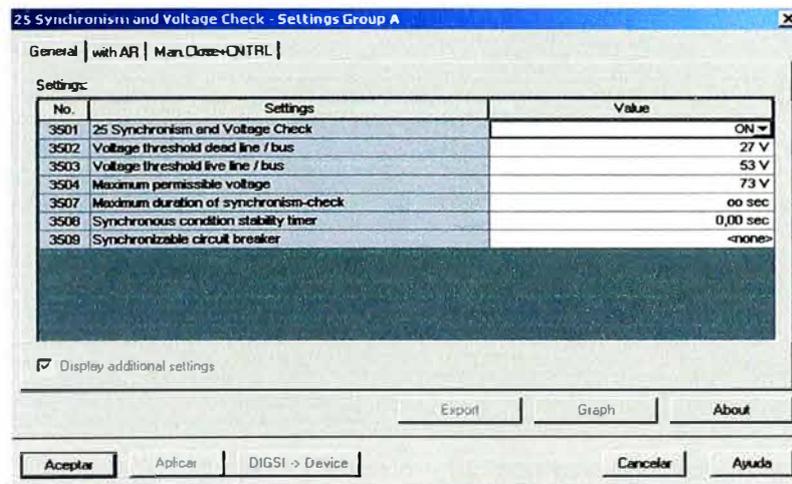


Fig. 10 Corte A – Ajuste grupo A – 25 Sincronismo – General.

11. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.-** En la fig. 11 se muestran el ajuste para la función sincronismo con autorecierre.

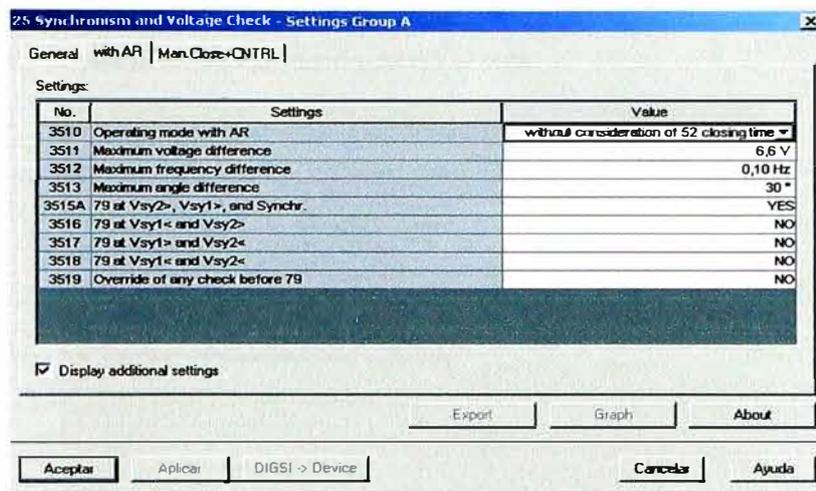


Fig. 11 Corte A - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.

12. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual.-** En la fig. 12 se muestran el ajuste para la función sincronismo con mando manual.

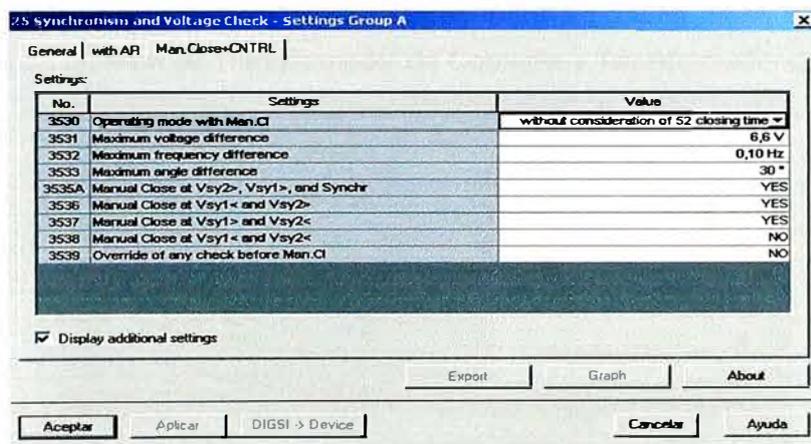


Fig. 12 Corte A - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual

RELE 7VK61 CORTE B

13. **Configuración de Dispositivo.-** En la fig. 13 se muestra las funciones que están habilitadas y deshabilitadas internamente en el relé.

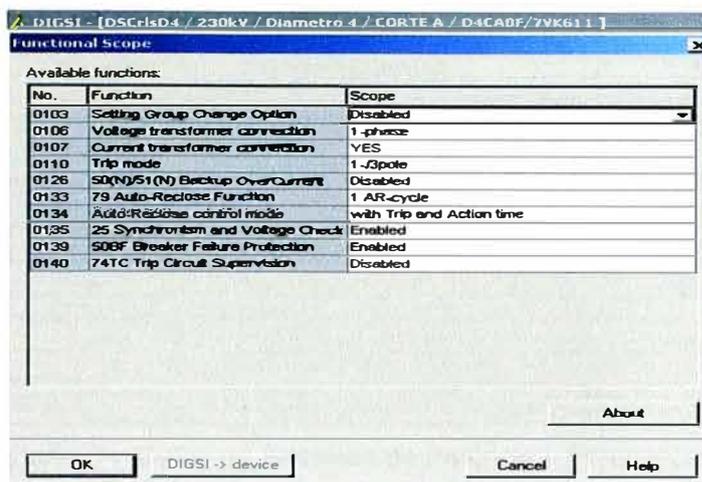


Fig.13 Corte B – Configuración de Dispositivo

14. **Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores.-** En la fig. 14 se muestra los ajustes ingresados de relación de Transformador de Corriente y Transformador de Tensión

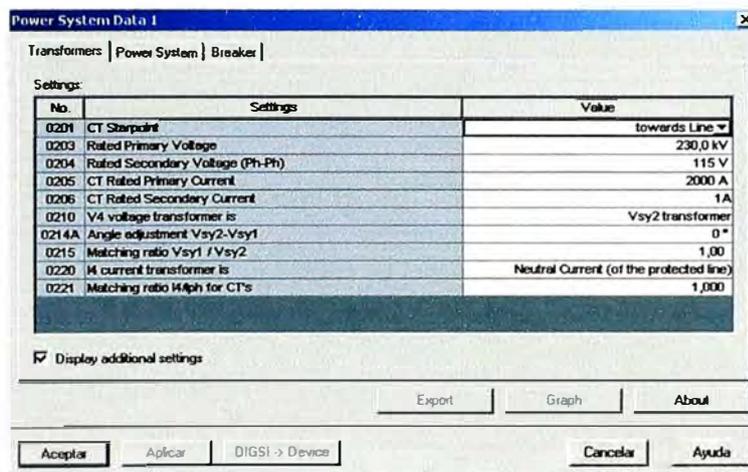


Fig. 14 Corte B – Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores

15. **Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Secuencia.**- En la Fig. 15 se muestra el ingreso de datos de frecuencia y secuencia de fases.

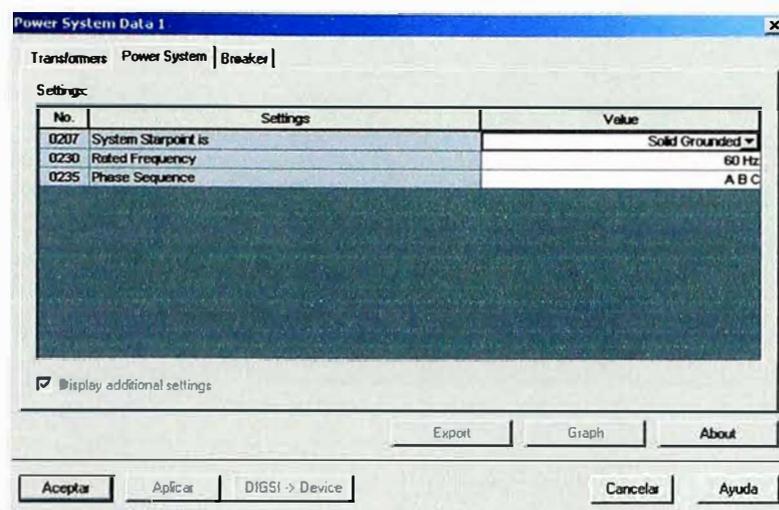


Fig. 15 Corte B – Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Fases

16. **Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.**- En la fig. 16 se muestran los ajustes de tiempos del interruptor de potencia.

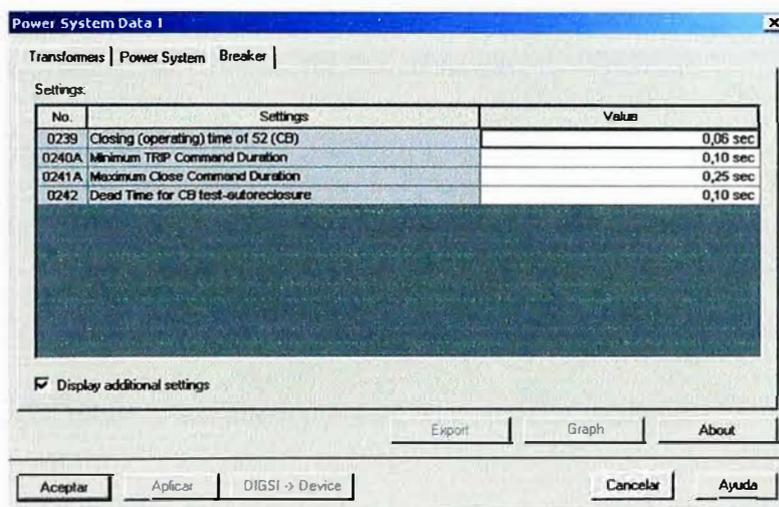


Fig. 16 Corte B – Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.

17. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2.-** En la fig. 17 se muestran los ajustes de medidas nominales para el relé.

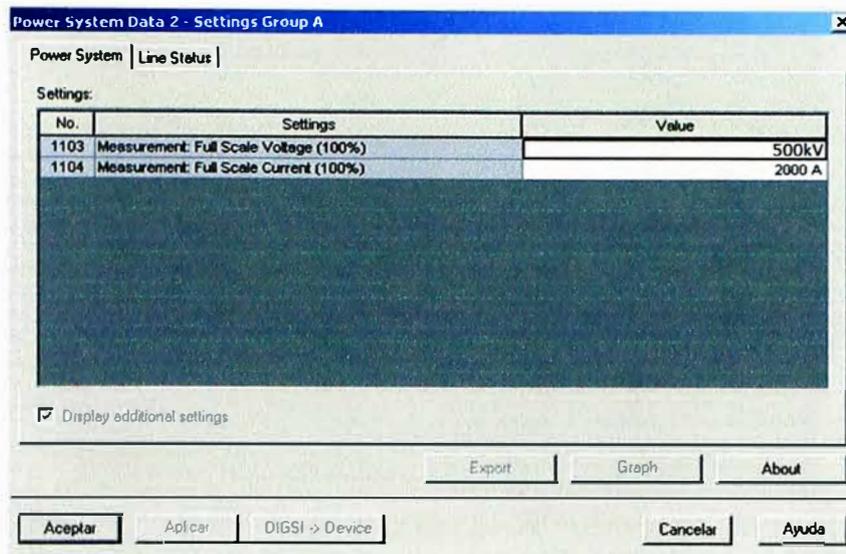


Fig. 17 Corte B – Datos de sistemas de potencia – Ajuste de grupo A

18. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2 – Estados de la Línea.-** En la fig. 18 se muestran los ajustes correspondientes al estado de la línea.

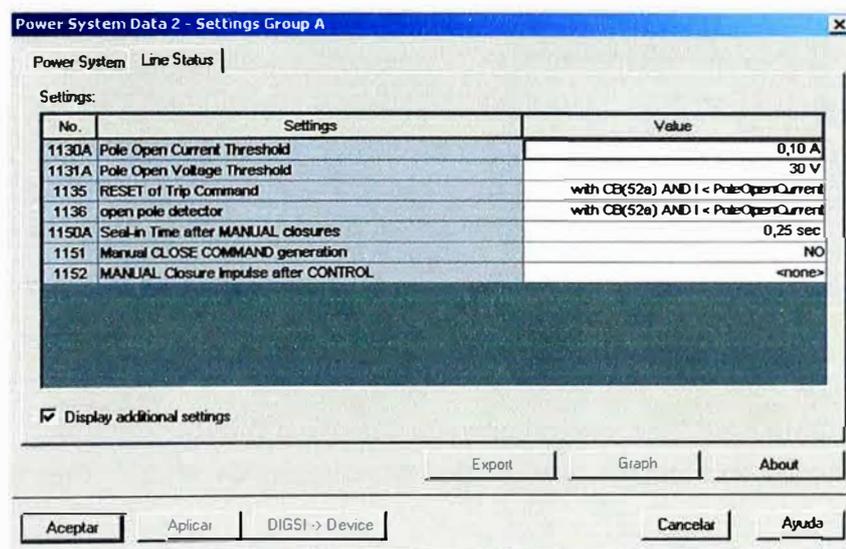


Fig. 18 Corte B – Ajuste de grupo A Datos de Sistemas de Potencia 2 – Line Status.

19. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 19 se muestran los ajustes correspondientes para la función de recierre.

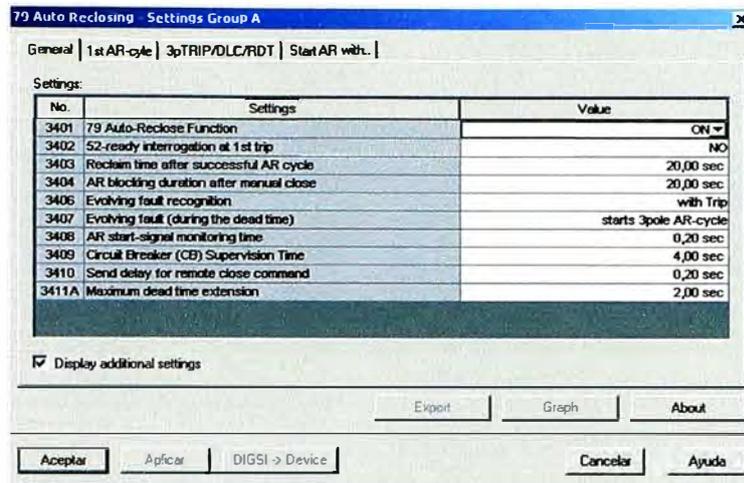


Fig. 19 Corte B – Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre - General.

20. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 20 se muestran los ajustes correspondientes al primer ciclo de autorecierre.

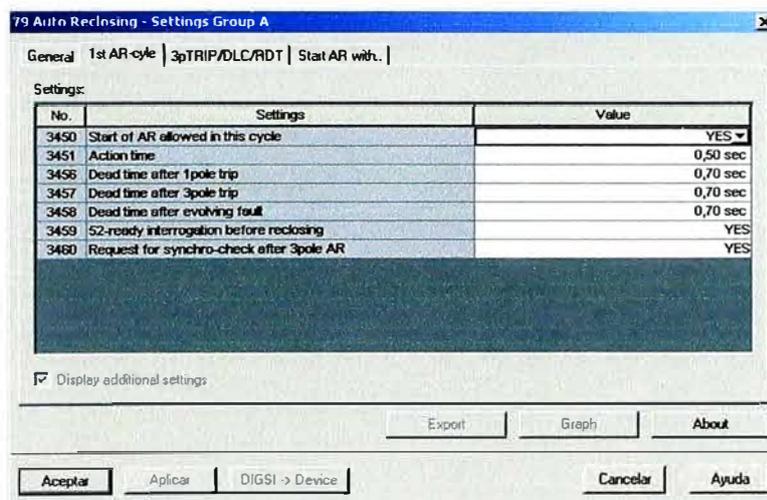


Fig. 20 Corte B - Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre – Primer ciclo de autorecierre.

21. **Ajuste de Grupo A – Autorecierre Con Disparo Tripolar.-** En la fig. 21 se muestran el ajuste para que el relé pueda realizar recierre tripolares.

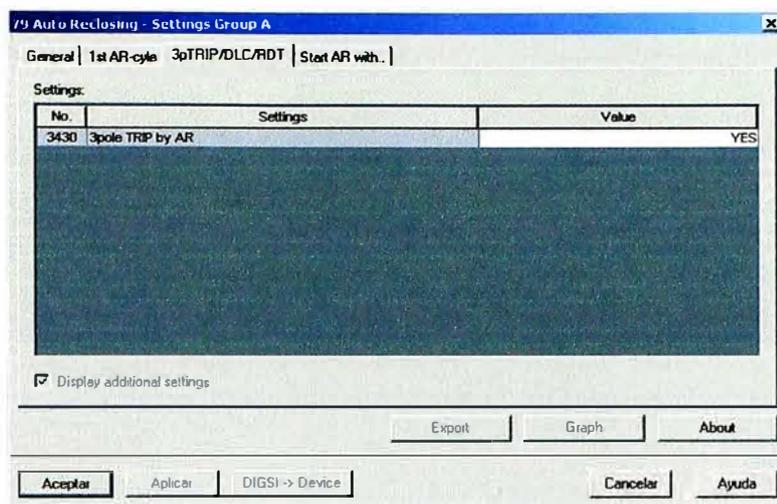


Fig. 21. Corte B – Ajustes de grupo A – 79 Autorecierre –.disparos tripolares.

22. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo.-** En la fig. 22 se muestran el ajuste para la función sincronismo.

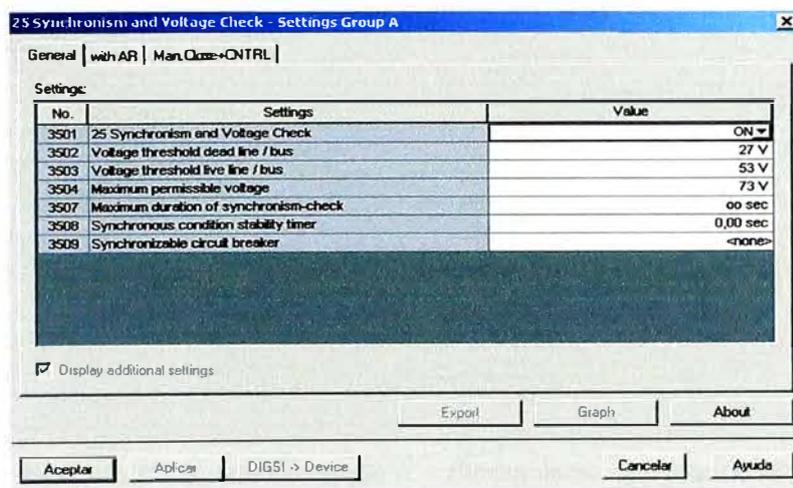


Fig. 22 Corte B – Ajuste grupo A – 25 Sincronismo – General.

23. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.-** En la fig. 23 se muestran el ajuste para la función sincronismo con autorecierre.

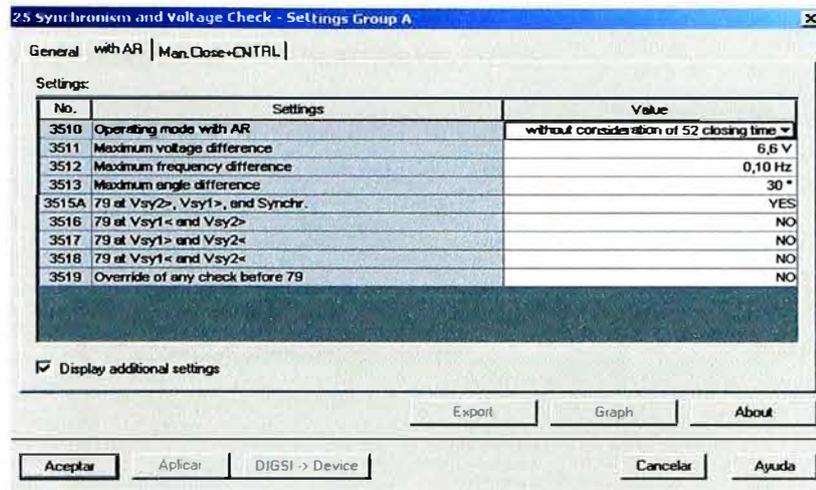


Fig. 23 Corte B - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.

24. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual.-** En la fig. 24 se muestran el ajuste para la función sincronismo con mando manual.

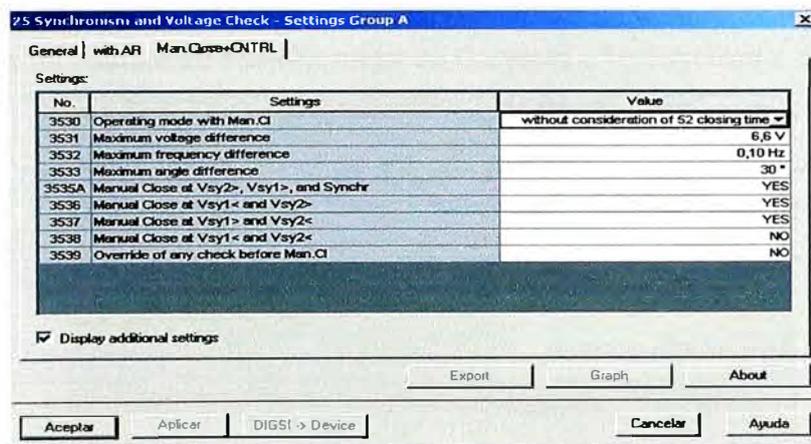


Fig. 24 Corte B - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual

RELE 7VK61 CORTE C

25. **Configuración de Dispositivo.-** En la fig. 25 se muestra las funciones que están habilitadas y deshabilitadas internamente en el relé.

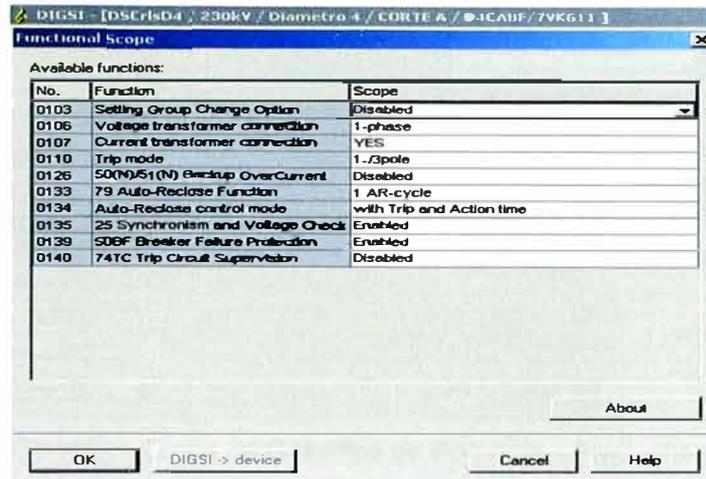


Fig.25 Corte C – Configuración de Dispositivo

26. **Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores.-** En la fig.26 se muestra los ajustes ingresados de relación de Transformador de Corriente y Transformador de Tensión

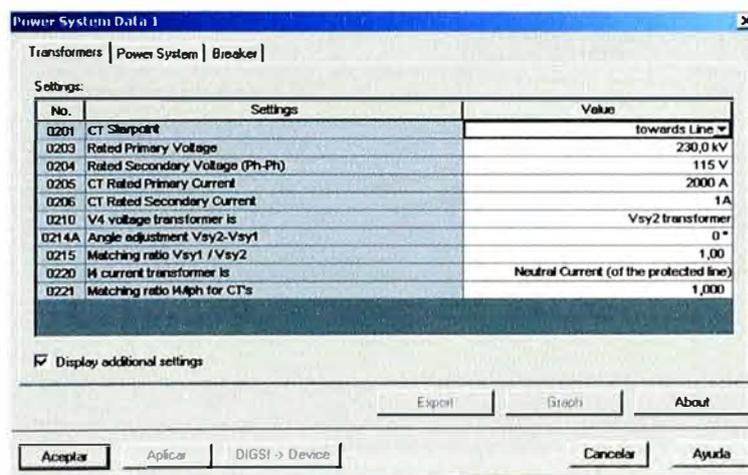


Fig. 26 Corte C – Datos de Sistemas de Potencia - Transformadores

27. Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Secuencia.- En la Fig. 27 se muestra el ingreso de datos de frecuencia y secuencia de fases.

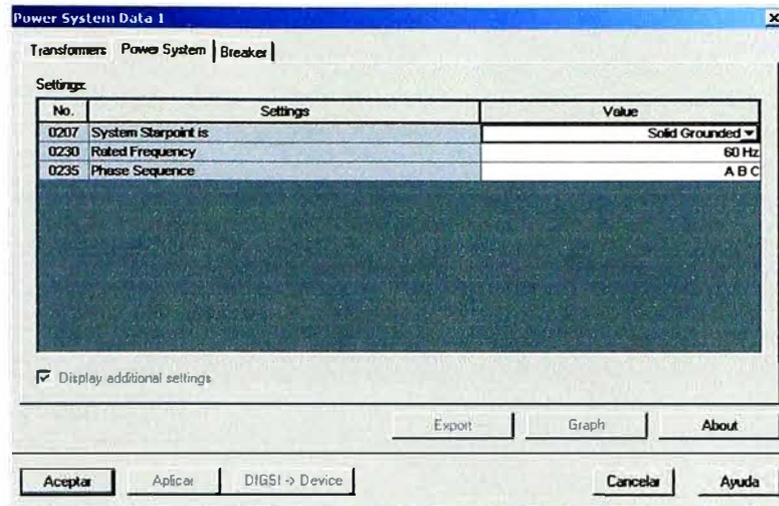


Fig. 27 Corte C – Datos de Sistemas de Potencia – Frecuencia y Fases

28. Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.- En la fig. 28 se muestran los ajustes de tiempos del interruptor de potencia.

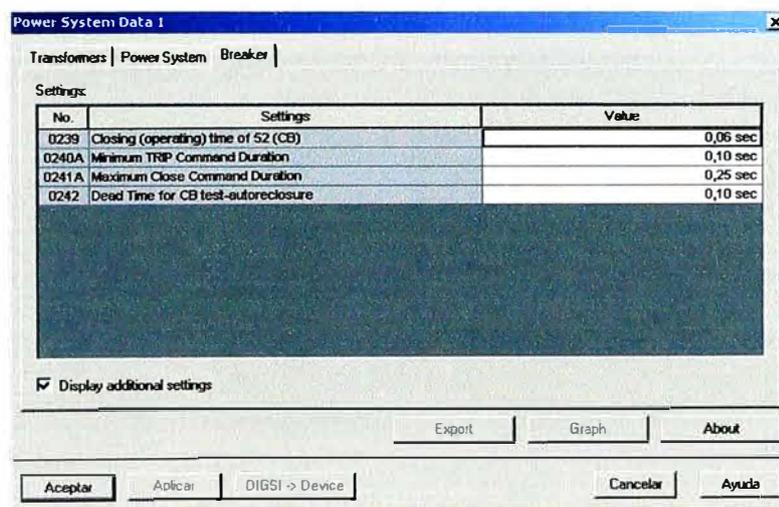


Fig. 28 Corte C – Datos de Sistemas de Potencia – Interruptor de Potencia.

29. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2.-** En la fig. 29 se muestran los ajustes de medidas nominales para el relé.

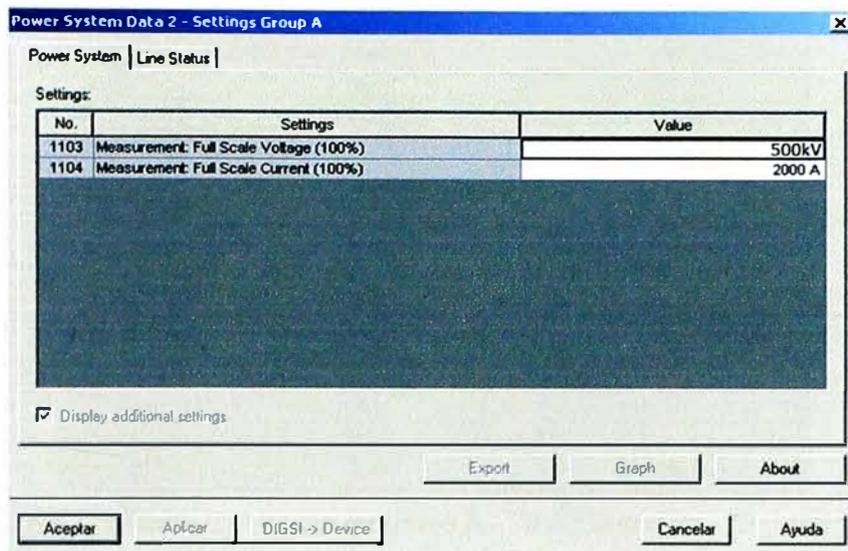


Fig. 29 Corte C – Datos de sistemas de potencia – Ajuste de grupo A

30. **Ajustes de Grupo A Datos Sistemas de Potencia 2 – Estados de la Línea.-** En la fig. 30 se muestran los ajustes correspondientes al estado de la línea.

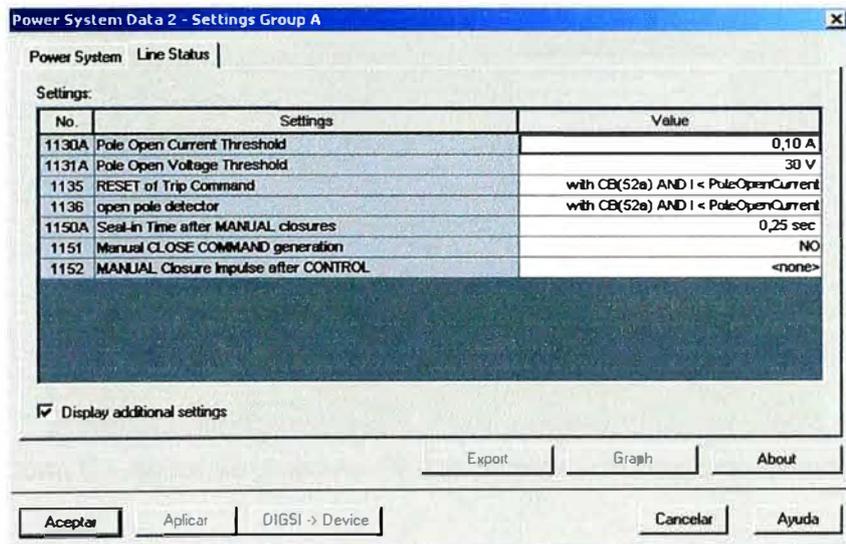


Fig. 30 Corte C – Ajuste de grupo A Datos de Sistemas de Potencia 2 – Line Status.

31. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 31 se muestran los ajustes correspondientes para la función de recierre.

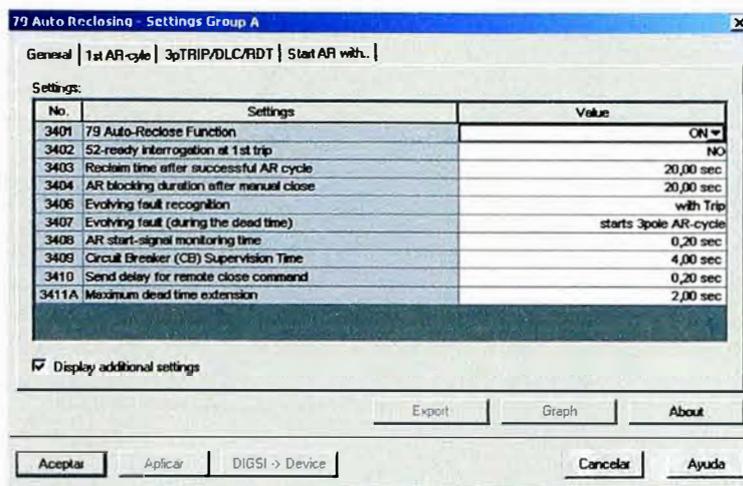


Fig. 31 Corte C – Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre - General.

32. **Ajuste de Grupo A - Autorecierre.-** En la fig. 32 se muestran los ajustes correspondientes al primer ciclo de autorecierre.

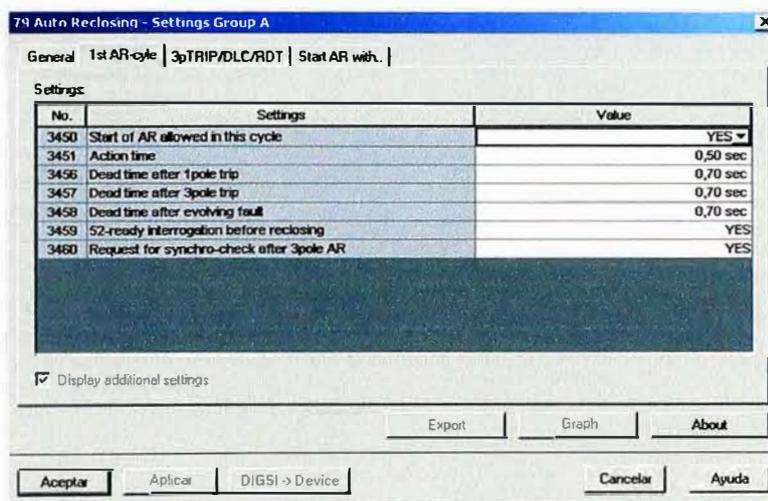


Fig. 32 Corte C - Ajuste de grupo A– 79 Autorecierre – Primer ciclo de autorecierre.

33. **Ajuste de Grupo A – Autorecierre Con Disparo Tripolar.-** En la fig. 33 se muestran el ajuste para que el relé pueda realizar recierre tripolares.



Fig. 33. Corte C – Ajustes de grupo A – 79 Autorecierre –.disparos tripolares.

34. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo.-** En la fig. 34 se muestran el ajuste para la función sincronismo.

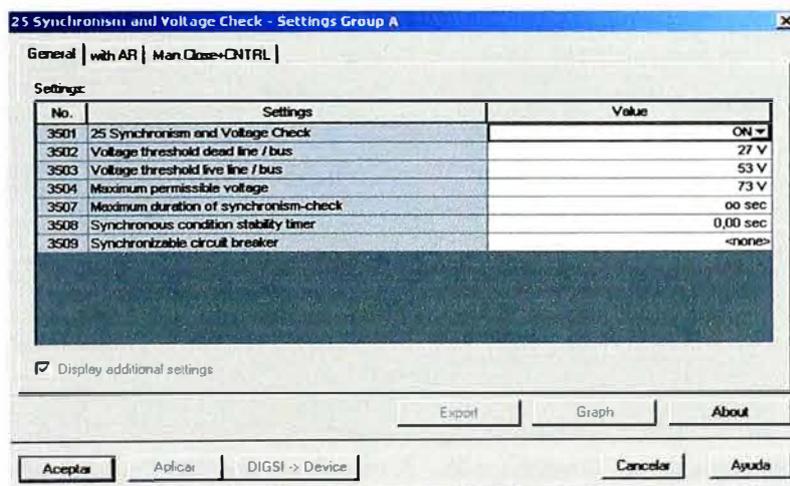


Fig. 34 Corte C – Ajuste grupo A – 25 Sincronismo – General.

35. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.**- En la fig. 35 se muestran el ajuste para la función sincronismo con autorecierre.

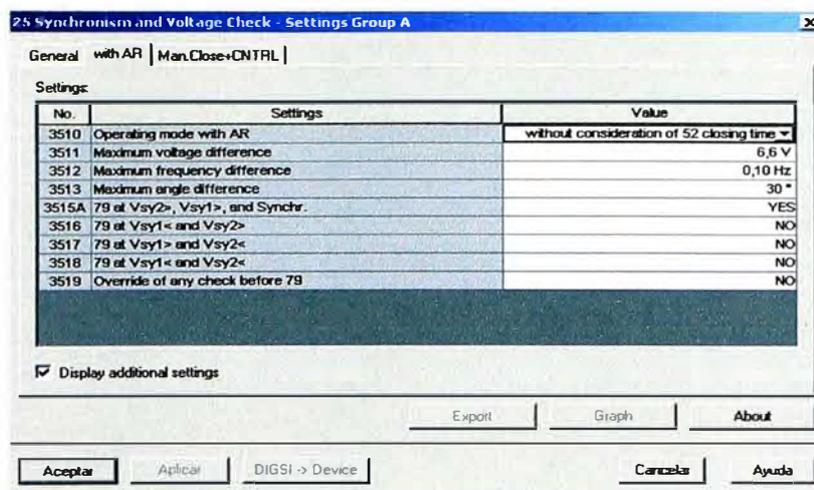


Fig. 35 Corte C - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con autorecierre.

36. **Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual.**- En la fig. 36 se muestran el ajuste para la función sincronismo con mando manual.

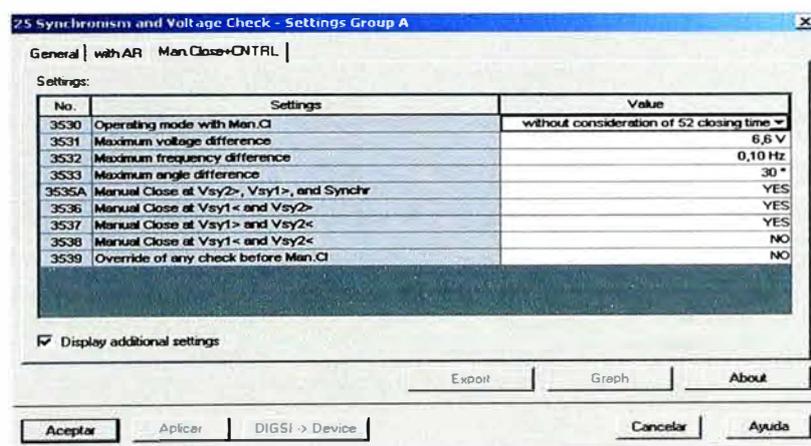


Fig. 36 Corte C - Ajuste de Grupo A – Sincronismo con Mando Manual

ANEXO N°5
REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

Equipo en prueba - Ajustes del dispositivo

Subestación/Bahía:

Subestación: CARABAYLLO Dirección de subestación: L5006
Bahía: Dirección de bahía:

Dispositivo:

Nombre/descripción: SIPROTEC 7SA612 Fabricante: SIEMENS
Tipo de dispositivo: Dirección del dispositivo:
No de serie:
Info adicional 1:
Info adicional 2:

Valores nominales:

f nom: 60.00 Hz Número de fases: 3
V nom (secundario): 110.0 V V primario: 500.0 kV
I nom (secundario): 1.000 A I primario: 1.000 kA

Factores de tensión/corriente residuales:

VLN / VN: 1.732 IN / I nom: 1.000

Límites:

V máx: 300.0 V I máx: 20.00 A

Filtros antirebote y antiruido:

Tiempo de antirebote: 3.000 ms Tiempo de antiruido: 0.000 s

Detección de sobrecarga:

Tiempo de supresión: 50.00 ms

Equipo en prueba – Otras funciones RIO

Configuración del interruptor

| Descripción | Nombre | Valor |
|-----------------|-----------------|-----------|
| t de disparo IP | t de disparo IP | 50.00 ms |
| t de cierre IP | t de cierre IP | 100.00 ms |
| 52a/b % | 52a/b % | 20.00 % |

Equipo en prueba - Parámetros de sobrecorriente

General - Valores:

Tol. tiem. abs.: 0.10 s Conexión del TT: En equipo protegido
To. tiem. rel.: 10.00 % Conexión del pto. de A equipo protegido
estrella del TC:
Tol. corr. abs.: 0.10 Iref
Tol. corr. rel.: 5.00 %
Direccional: No

Equipo en prueba - Ajustes de distancia

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

Parámetros del sistema:

| | | | |
|---------------------------------------|----------------|----------------------|----------|
| Longitud de la línea: | 25.98 Ω | Ángulo de línea: | 86.00 |
| Conexión TP: | en línea | Pto. de estrella TC: | hacia la |
| Corrección de la impedancia 1A/I nom: | no | | |
| Impedancias en valores primarios: | no | | |

Tolerancias:

| | | | |
|----------------|----------|----------------|------------------|
| Tol. t rel.: | 5.000 % | Tol. T abs. -: | 0.000 s |
| Tol. t abs. +: | 50.00 ms | Tol. Z abs.: | 50.00 m Ω |
| Tol. Z rel.: | 5.000 % | | |

Factor de puesta a tierra:

| | | | |
|----------------------------------|----------|------------|------------|
| Mag. kL: | 0.776000 | Ángulo kL: | -7.140000° |
| Separar la resistencia del arco: | no | | |

Ajustes de zona:

Hardware Configuration

Comprobación del hardware

| Realizado en | Resultado | Detalles |
|--------------------------|-----------|----------|
| 12/11/2012 09:37:23 p.m. | Correcta | |

Salidas analógicas

| Equipo en prueba | | Equipo en prueba | | |
|----------------------|----------|------------------|----------------------|--|
| Dispositivo | Conector | Etiqueta | Terminal de conexión | |
| CMC356 V A DF011F | 1 | V L1-E | | |
| | 2 | V L2-E | | |
| | 3 | V L3-E | | |
| | N | | | |
| CMC356 V B DF011F | 1 | V(2)-1 | | |
| | N | | | |
| CMC356 I A DF011F | 1 | I L1 | | |
| | 2 | I L2 | | |
| | 3 | I L3 | | |
| | N | | | |

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

Entradas binarias/analógicas

| Equipo en prueba | | Equipo en prueba | | |
|------------------|-------------|---------------------|----------------------|--|
| Dispositivo | Conector | Etiqueta | Terminal de conexión | |
| CMC356 DF011F | 1+ | FA-IN5018- CLOSE | | |
| | 1- | | | |
| | 2+ | FB-IN5018- CLOSE | | |
| | 2- | | | |
| | 3+ | FC-IN5018- CLOSE | | |
| | 3- | | | |
| | 4+ | FA-IN5020- CLOSE | | |
| | 4- | | | |
| | 5+ | FB-IN5020- CLOSE | | |
| | 5- | | | |
| | 6+ | FC-IN5020- CLOSE | | |
| | 6- | | | |
| | 7+ | TRIP P1 | | |
| | 7- | | | |
| | 8+ | TRIP P2 | | |
| | 8- | | | |
| 9+ | Entr.bin 9 | | | |
| 9- | | | | |
| 10+ | Entr.bin 10 | | | |
| 10- | | | | |
| 1 | | Bin. In. 11 | | |
| 2 | | Bin. In. 12 | | |
| N | | | | |

Salidas binarias

| Equipo en prueba | | Equipo en prueba | | | |
|------------------|----------|------------------|----------------------|--|--|
| Dispositivo | Conector | Etiqueta | Terminal de conexión | | |
| CMC356 DF011F | 1+ | Bin. Out 1 | | | |
| | 1- | | | | |
| | 2+ | Bin. Out 2 | | | |
| | 2- | | | | |
| | 3+ | Bin. Out 3 | | | |
| | 3- | | | | |
| | 4+ | Bin. Out 4 | | | |
| | 4- | | | | |
| | 11 | | Bin. Out 5 | | |
| | 12 | | Bin. Out 6 | | |
| | 13 | | Bin. Out 7 | | |
| | 14 | | Bin. Out 8 | | |
| | N | | | | |

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

Entradas analógicas CC

| Equipo en prueba | | Equipo en prueba | | |
|------------------|----------|------------------|----------------------|--|
| Dispositivo | Conector | Etiqueta | Terminal de conexión | |
| CMC356 | V+ | V1 | | |
| DF011F | V- | | | |
| | I+ | I1 | | |
| | I- | | | |

L2291 CASO 1

Ajustes de la prueba

Fuente de los datos:

Ruta: D:\SIEMENS\ESTUDIOS 2012\PROYECTO 500KV REPIE2E REP
CARABAYLLO\L5006\CARABAYLLO\
Archivo: 1 COMT-CA.CFG
Info: DlgSILENT PowerFactory

Salida analógica:

| | Nombre | Escala | min. | max. |
|--------|---------------------------------------|----------|-----------|----------|
| I L1 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_A | 100.00 % | -8.20 A | 6.31 A |
| I L2 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_B | 100.00 % | -0.78 A | 0.98 A |
| I L3 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_C | 100.00 % | -0.73 A | 0.63 A |
| V L1-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_A | 100.00 % | -125.90 V | 100.25 V |
| V L2-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_B | 100.00 % | -96.66 V | 96.97 V |
| V L3-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_C | 100.00 % | -106.82 V | 92.32 V |
| V(2)-1 | TT_BARRA CARABAYLLO 500:s:U2r_B | 100.00 % | -96.66 V | 96.97 V |

Salida binaria:

Bin. Out 1
Bin. Out 2
Bin. Out 3
Bin. Out 4

Pre-reproducción:

Tensión (L-N): 63.509 V
Corriente: 0.000 A
Ángulo (I): 0.00 °
Duración: 0.000 s

General:

N° de repeticiones: 0x
Tiempo entre repeticiones: 100.00 ms
Velocidad de muestreo original: 5.0000 kHz
Velocidad máxima de muestreo: 10.000 kHz
Velocidad de muestreo utilizada: 5.0000 kHz

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

Comentario

Módulo de prueba

Nombre: OMICRON Advanced TransPlay Versión: 2.40
Comienzo: 12-nov-2012 22:46:00 Fin: 12-nov-2012 22:46:06
Nombre de usuario: Juan C. Velarde Tinoco Director:
Compañía: SIEMENS

Resultados de la prueba

Condición de estado:

| Nº | Nombre | Ignorar antes | Inicio | Fin | tnom.[s] | tdev-[s] | tdev+[s] | treal [s] | tdev.[s] | Eval. |
|----|--------|---------------|--------|-----|----------|----------|----------|-----------|----------|-------|
| | | | | | | | | | | 0 |

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Estadísticas de condición de estado:

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Señal de referencia:

| Nº | Nombre | Ignorar antes | Señal | Señal de referencia | tdev-[s] | tdev+[s] | treal [s] | tdev.[s] | Eval. |
|----|--------|---------------|-------|---------------------|----------|----------|-----------|----------|-------|
| | | | | | | | | | 0 |

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

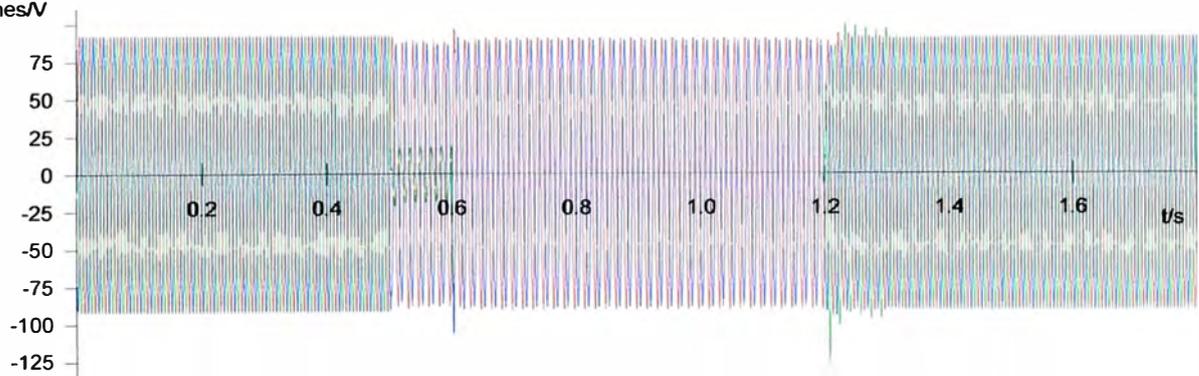
Estadísticas de señal de referencia:

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Oscilograma:

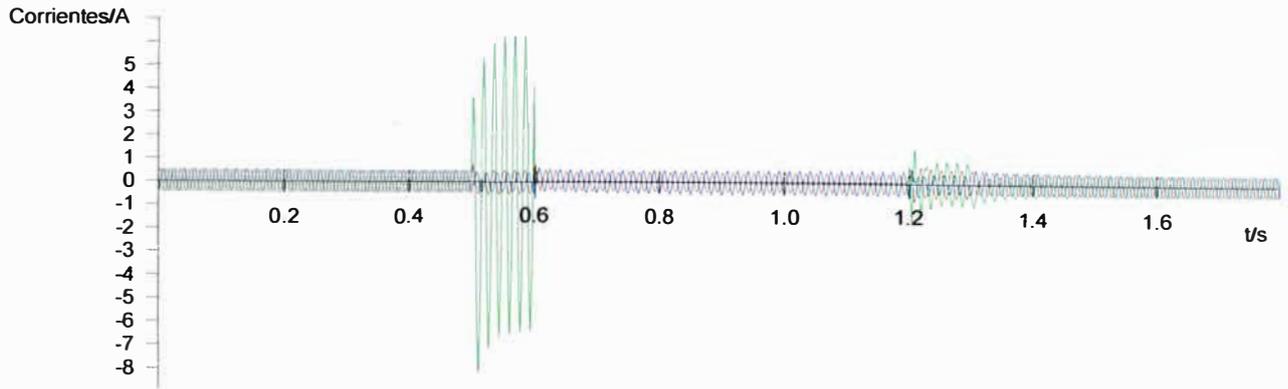
Nº de medidas: 1

Tensiones/V

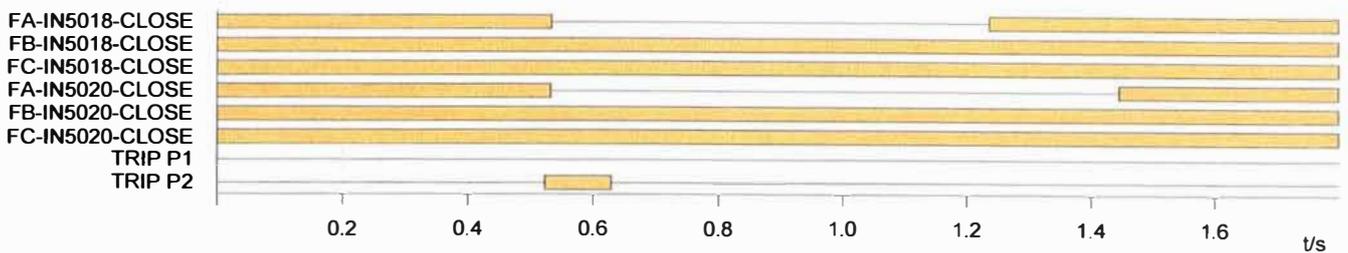


TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_A
TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_B
TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_C
TT_BARRA CARABAYLLO 500:s:U2r_B

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV



CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_A
 CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_B
 CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_C



Datos del cursor

| | Tiempo | Señal | Valor |
|----------|----------|-----------|-------|
| Cursor 1 | 1.237 s | <ninguno> | n/a |
| Cursor 2 | 1.444 s | <ninguno> | n/a |
| C2 - C1 | 207.7 ms | | n/a |

Estado de la prueba:
 Prueba correcta

L2291 CASO 2

Ajustes de la prueba

Fuente de los datos:

Ruta: C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\SOPORTE\ESCRITORIO\E2E REP
 CARABAYLLO\L5006\CARABAYLLO\
 Archivo: 2 COMT-CA.CFG
 Info: DigSILENT PowerFactory

Salida analógica:

| | Nombre | Escala | min. | max. |
|--------|--------------------------------------|----------|----------|---------|
| I L1 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_A | 100.00 % | -0.73 A | 0.69 A |
| I L2 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_B | 100.00 % | -2.56 A | 4.28 A |
| I L3 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_C | 100.00 % | -0.64 A | 0.74 A |
| V L1-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_A | 100.00 % | -94.12 V | 94.97 V |

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

| | | | | |
|--------|---------------------------------------|----------|----------|----------|
| V L2-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_B | 100.00 % | -98.78 V | 110.81 V |
| V L3-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_C | 100.00 % | -96.81 V | 95.98 V |
| V(2)-1 | TT_BARRA CARABAYLLO 500:s:U2r_B | 100.00 % | -99.52 V | 110.81 V |

Salida binaria:

Bin. Out 1
Bin. Out 2
Bin. Out 3
Bin. Out 4

Pre-reproducción:

Tensión (L-N): 63.509 V
Corriente: 0.000 A
Ángulo (I): 0.00 °
Duración: 0.000 s

General:

N° de repeticiones: 0x
Tiempo entre repeticiones: 100.00 ms
Velocidad de muestreo original: 5.0000 kHz
Velocidad máxima de muestreo: 10.000 kHz
Velocidad de muestreo utilizada: 5.0000 kHz

Comentario

Módulo de prueba

| | | | |
|--------------------|----------------------------|-----------|----------------------|
| Nombre: | OMICRON Advanced TransPlay | Versión: | 2.40 |
| Comienzo: | 12-nov-2012 22:53:00 | Fin: | 12-nov-2012 22:53:05 |
| Nombre de usuario: | Juan C. Velarde Tinoco | Director: | |
| Compañía: | SIEMENS | | |

Resultados de la prueba

Condición de estado:

| N° | Nombre | Ignorar antes | Inicio | Fin | tnom.[s] | tdev-[s] | tdev+[s] | treal [s] | tdev.[s] | Eval. |
|----|--------|---------------|--------|-----|----------|----------|----------|-----------|----------|-------|
| | | | | | | | | | | 0 |

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Estadísticas de condición de estado:

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Señal de referencia:

| iN° | Nombre | Ignorar antes | Señal | Señal de referencia | tdev-[s] | tdev+[s] | treal [s] | tdev.[s] | Eval. |
|-----|--------|---------------|-------|---------------------|----------|----------|-----------|----------|-------|
| | | | | | | | | | 0 |

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Estadísticas de señal de referencia:

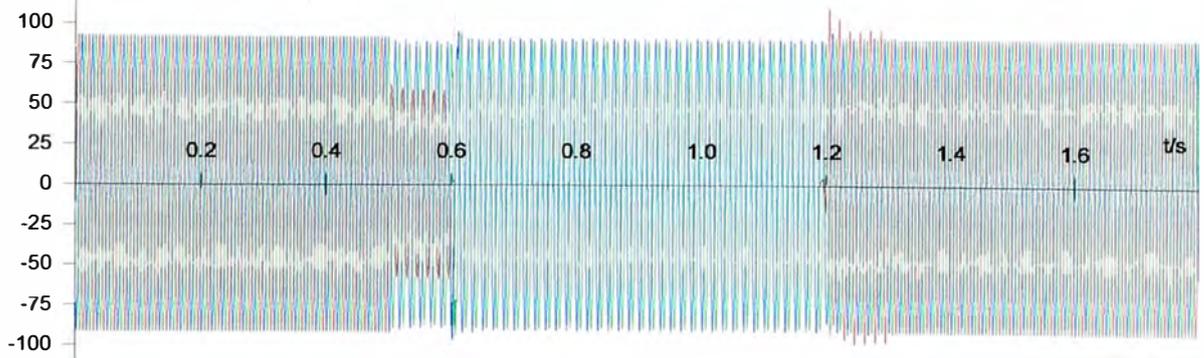
Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

Oscilograma:

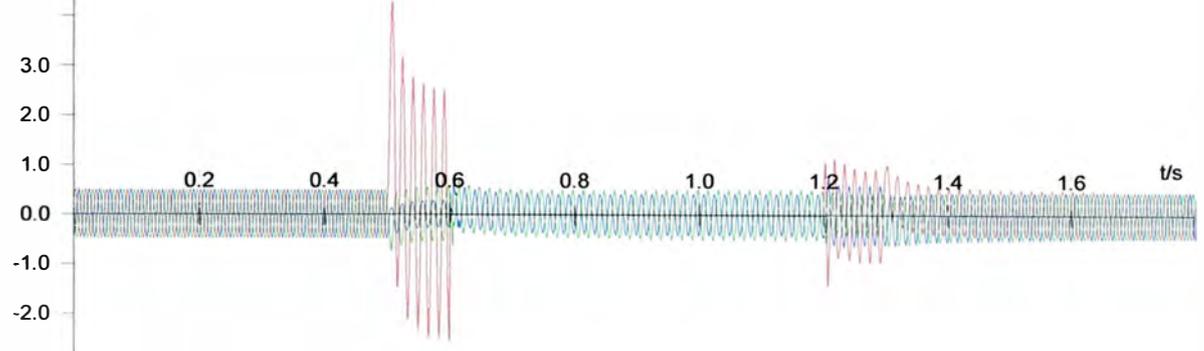
N° de medidas: 1

Tensiones/V

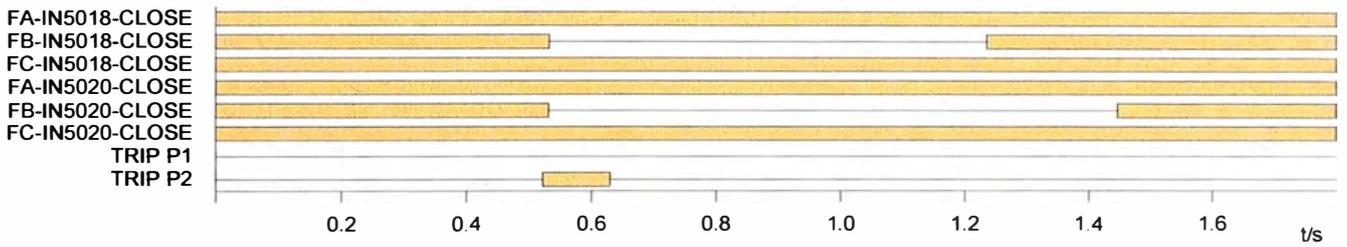


TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_A
 TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_B
 TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_C
 TT_BARRA CARABAYLLO 500:s:U2r_B

Corrientes/A



CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_A
 CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_B
 CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_C



Datos del cursor

| | Tiempo | Señal | Valor |
|----------|----------|-----------|-------|
| Cursor 1 | 1.239 s | <ninguno> | n/a |
| Cursor 2 | 1.446 s | <ninguno> | n/a |
| C2 - C1 | 207.1 ms | | n/a |

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

Estado de la prueba:
Prueba correcta

L2291 CASO 3

Ajustes de la prueba

Fuente de los datos:

Ruta: C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\SOPORTE\ESCRITORIO\E2E REP
CARABAYLLO\L5006\CARABAYLLO\
Archivo: 3 COMT-CA.CFG
Info: DlgSILENT PowerFactory

Salida analógica:

| | Nombre | Escala | min. | max. |
|--------|---------------------------------------|----------|-----------|----------|
| I L1 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_A | 100.00 % | -0.86 A | 0.63 A |
| I L2 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_B | 100.00 % | -0.75 A | 1.15 A |
| I L3 | CT_L5006-Extr. Carabayllo:s:I2r_C | 100.00 % | -2.61 A | 1.97 A |
| V L1-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_A | 100.00 % | -103.32 V | 93.01 V |
| V L2-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_B | 100.00 % | -92.34 V | 100.31 V |
| V L3-E | TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_C | 100.00 % | -108.64 V | 111.89 V |
| V(2)-1 | TT_BARRA CARABAYLLO 500:s:U2r_B | 100.00 % | -92.34 V | 100.31 V |

Salida binaria:

Bin. Out 1
Bin. Out 2
Bin. Out 3
Bin. Out 4

Pre-reproducción:

Tensión (L-N): 63.509 V
Corriente: 0.000 A
Ángulo (I): 0.00
Duración: 0.000 s

General:

N° de repeticiones: 0x
Tiempo entre repeticiones: 100.00 ms
Velocidad de muestreo original: 5.0000 kHz
Velocidad máxima de muestreo: 10.000 kHz
Velocidad de muestreo utilizada: 5.0000 kHz

Comentario

Módulo de prueba

Nombre: OMICRON Advanced TransPlay Versión: 2.40
Comienzo: 12-nov-2012 23:16:00 Fin: 12-nov-2012 23:16:05
Nombre de usuario: Juan C. Velarde Tinoco Director:

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV

Compañía: SIEMENS

Resultados de la prueba

Condición de estado:

| Nº | Nombre | Ignorar antes | Inicio | Fin | tnom.[s] | tdev-[s] | tdev+[s] | treal [s] | tdev.[s] | Eval. |
|----|--------|---------------|--------|-----|----------|----------|----------|-----------|----------|-------|
| | | | | | | | | | | 0 |

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Estadísticas de condición de estado:

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Señal de referencia:

| Nº | Nombre | Ignorar antes | Señal | Señal de referencia | tdev-[s] | tdev+[s] | treal [s] | tdev.[s] | Eval. |
|----|--------|---------------|-------|---------------------|----------|----------|-----------|----------|-------|
| | | | | | | | | | 0 |

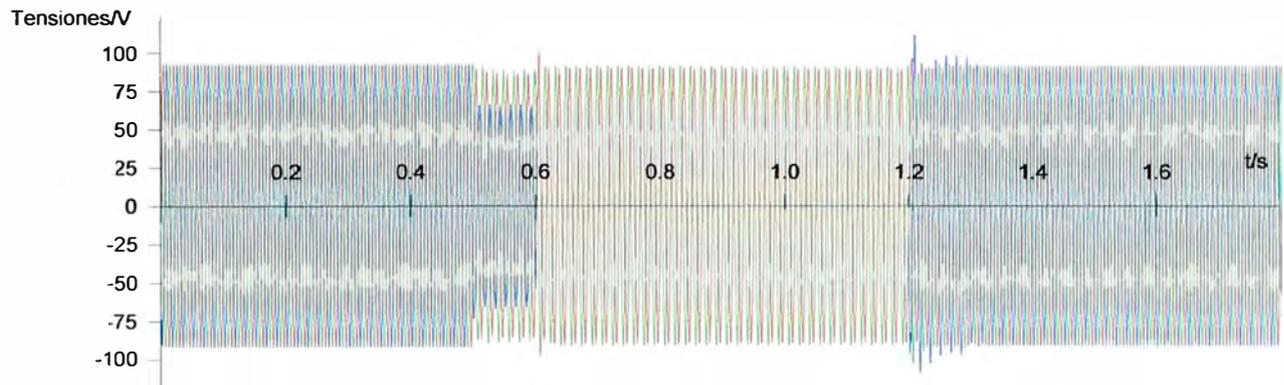
Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

Estadísticas de señal de referencia:

Eval.: + .. Correcto x .. Incorrecto o .. No evaluado

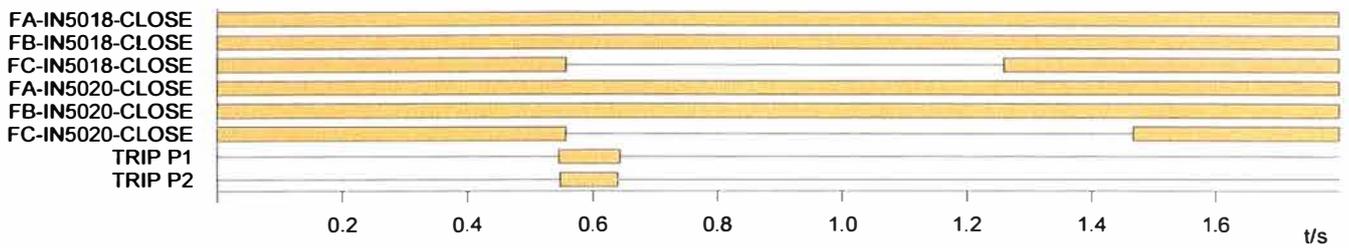
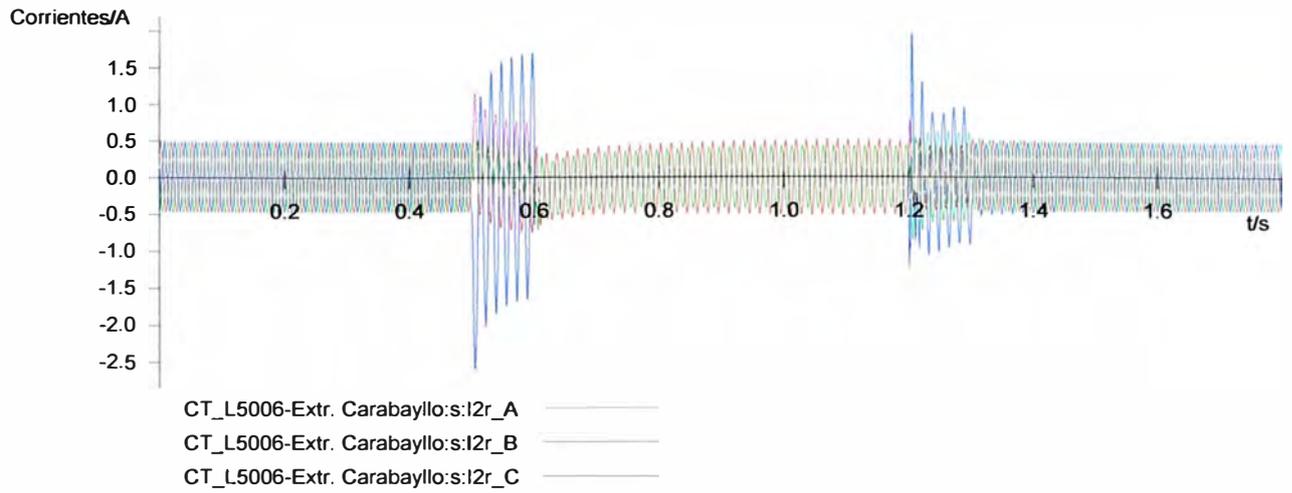
Oscilograma:

Nº de medidas: 1



TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_A
 TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_B
 TT_L5006-Extr. Carabayllo:s:U2r_C
 TT_BARRA CARABAYLLO 500:s:U2r_B

REPORTE DE PRUEBAS L5006 CARABAYLLO-CHIMBOTE 500kV



Datos del cursor

| | Tiempo | Señal | Valor |
|----------|----------|-----------|-------|
| Cursor 1 | 1.260 s | <ninguno> | n/a |
| Cursor 2 | 1.466 s | <ninguno> | n/a |
| C2 - C1 | 206.0 ms | | n/a |

Estado de la prueba:
Prueba correcta

SIEMEN