
ESTUDIO DE VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES SISTEMA 500 kV NORTE

Informe Preliminar

GERENCIA DE OPERACIÓN

Enero 2021

Estudio de Verificación de Coordinación de Protecciones Sistema 500 kV Norte
Informe preparado por el Departamento de Estudios Eléctricos

Rev.	Fecha	Comentario	Realizó	Revisó / Aprobó
1	29-01-2021	Informe Preliminar	Carlos Alvear A. Carlos Fuentes C. Pedro Gobantes F.	Víctor Velar G.

Índice

Índice.....	iii
1 Resumen Ejecutivo	4
2 Introducción y Objetivos	7
3 Antecedentes	8
3.1 Antecedentes Operacionales del sistema 500 kV Norte	8
3.2 Horizonte de Análisis	8
3.3 Herramienta de Simulación Utilizada	8
4 Desarrollo de los Estudios	9
4.1 Adecuaciones a la Base de Datos	9
4.2 Escenarios de operación base	12
4.3 Metodología	13
4.4 Protecciones consideradas	14
4.5 Ubicaciones de fallas	22
4.6 Resultados del análisis de verificación	25
4.7 Análisis de resultados y recomendaciones.....	37
5 Comentarios y Conclusiones	42
6 Anexos.....	43

1 Resumen Ejecutivo

La Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NT) establece que el Coordinador debe realizar el Estudio de Verificación de Coordinación de las Protecciones del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el cual tiene por objeto verificar la adecuada coordinación de las protecciones de las instalaciones existentes de los Coordinados, motivadas por el impacto sobre el sistema debido a la modificación de instalaciones actuales o la incorporación de nuevas instalaciones no consideradas en la emisión de la versión anterior de este estudio.

En esta versión del Estudio se verifica la coordinación de las protecciones del sistema de 500 kV de la zona Norte del SEN, incluyendo las líneas de transmisión y transformadores de 500/220 kV comprendidos entre las subestaciones Kimal y Polpaico, debido a que esta es la zona que ha sufrido las mayores transformaciones desde la emisión de la versión anterior del Estudio.

Esta porción del SEN se caracteriza por poseer bancos de condensadores serie en varias subestaciones intermedias, los cuales en condiciones de demanda baja suelen operar con sus interruptores de bypass cerrados y en condiciones de demanda media y alta con sus interruptores de bypass abiertos. Asimismo, en condiciones de demanda baja se suele operar con un solo circuito en servicio para las líneas 2x500 kV Cumbres – Nueva Cardones y Nueva Cardones – Maitencillo, mientras que, en condiciones de demanda media y alta, operan todas las líneas con ambos circuitos en servicio.

En base a estos antecedentes operacionales, los escenarios escogidos para el análisis corresponden a uno de demanda baja con bajo nivel de cortocircuito y otro de demanda media con alto nivel de cortocircuito.

De acuerdo con lo señalado en la NT, el Estudio debe realizarse sobre la base de las instalaciones existentes de los Coordinados. En conformidad con lo anterior, se utilizó la base de datos DIgSILENT actualizada por el Coordinador a junio de 2020, fecha que corresponde al inicio de la recopilación de antecedentes para el Estudio.

En el escenario de estudio en donde los condensadores serie se encontraban en servicio, se modelaron estos como impedancias no lineales de manera de representar correctamente los tres estados que pueden adoptar en función de la corriente de conducción: modo condensador, modo varistor o modo bypass.

Con respecto a la metodología de cálculo, se empleó el Método Completo de cálculo de cortocircuitos, el cual considera los valores prefault del sistema derivados de un flujo de potencia, y se utilizó un algoritmo derivado de la herramienta “Traza de Cortocircuito” de PowerFactory de DIgSILENT, que consiste en un método en régimen permanente en donde se muestra la respuesta de las protecciones en pasos discretos de tiempo, considerando la apertura secuencial de los interruptores y los efectos de estas aperturas sobre las corrientes de falla y los tiempos de operación de las protecciones.

Las protecciones consideradas en el análisis de verificación de la coordinación son las denominadas no unitarias, que en el sistema analizado corresponden a las protecciones de distancia y de sobrecorriente direccionales de las líneas de transmisión, y las protecciones de sobrecorriente de los transformadores.

Con respecto a las fallas consideradas, los estudios contemplaron cortocircuitos monofásicos con resistencia de falla de 0 Ohm (1F-0) y 25 Ohm (1F-25), bifásicos a tierra (2FT-0) y trifásicos (3F-0). Se analizaron fallas al 5%, 50% y 95% de las líneas de transmisión, y fallas internas en ambos lados de los transformadores de 500/220 kV. Como criterio de coordinación, se consideró un paso de coordinación mínimo razonable igual a 350 ms.

A partir de los resultados obtenidos en los estudios desarrollados se puede concluir lo siguiente:

- Se producen descoordinaciones principales para fallas en líneas, esencialmente fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0, que involucran a las protecciones del circuito paralelo al circuito fallado, a protecciones de otras líneas y/o a protecciones de transformadores adyacentes a la línea fallada. La mayor parte de este tipo de descoordinaciones se producen en el escenario de alto nivel de cortocircuito con todos los circuitos del sistema de 500 kV en servicio.
- Se producen descoordinaciones principales para fallas internas en transformadores, para todos los tipos de falla analizados, que involucran a las protecciones de los transformadores paralelos al equipo fallado y/o a protecciones de líneas. Estas descoordinaciones ocurren tanto en el escenario de bajo nivel de cortocircuito como en el de alto nivel de cortocircuito.
- Se detectan insuficientes pasos de coordinación para numerosas y diversas fallas a lo largo de todas las líneas analizadas y en la mayoría de los transformadores analizados, que involucran tanto a las protecciones del circuito o transformadores paralelos al circuito o transformador fallado, como a protecciones de otras líneas y transformadores.

En conformidad con lo anterior, se recomienda efectuar un Estudio de Coordinación y Ajustes de Protecciones para las instalaciones del sistema de 500 kV analizado, que posibilite la adecuada coordinación de sus sistemas de protecciones, en particular considerando:

- La posibilidad de inhabilitar las primeras zonas de las protecciones de distancia de las líneas de 500 kV, tomando en cuenta que cuando se encuentran operativos los bancos de condensadores serie estas zonas pueden operar indeseablemente, como se verifica en el escenario de alto nivel de cortocircuito analizado, en el cual gran parte de las descoordinaciones encontradas se deben a que dichas primeras zonas operan para fallas en el circuito paralelo o en una línea o transformador adyacente.
- La posibilidad de habilitar elementos de sobrecorriente de tiempo inverso en las protecciones de los transformadores de 500/220 kV de la S/E Polpaico, lo que podría evitar las descoordinaciones que se producen para todo tipo de fallas internas en ambos lados de dichos transformadores. Asimismo, se recomienda revisar los ajustes de sobrecorriente de tiempo inverso y tiempo definido del resto de los transformadores.

Como acotación final, es necesario señalar que el sistema eléctrico analizado en este estudio, posee además de los sistemas de protecciones considerados, un conjunto principal de funciones de protección unitarias (no coordinables con otros sistemas de protección: 87L, 87T, 87B, 50BF y teleprotecciones) que permitirían detectar y despejar fallas locales, por lo cual las recomendaciones y conclusiones de este estudio se deben considerar en este contexto, no obstante, y de acuerdo a los resultados obtenidos es conveniente evaluar la necesidad y pertinencia de eventuales modificaciones a los ajustes de las funciones de protecciones estudiadas.

2 Introducción y Objetivos

La Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NT) establece que el Coordinador debe realizar el Estudio de Verificación de Coordinación de las Protecciones del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Este estudio tiene por objeto verificar la adecuada coordinación de las protecciones de las instalaciones existentes de los Coordinados, motivadas por el impacto sobre el sistema debido a la modificación de instalaciones actuales o la incorporación de nuevas instalaciones no consideradas en la emisión de la versión anterior de este estudio. La periodicidad del estudio será cada cuatro (4) años y podrá ser revisado y ajustado en períodos menores si se producen incorporaciones o modificaciones importantes en el SEN que puedan afectar sus resultados.

Los estudios deberán identificar los sistemas de protección que presentan deficiencias de coordinación, así como las instalaciones que resultan afectadas.

En esta versión del Estudio se verifica la coordinación de las protecciones del sistema de 500 kV de la zona Norte del SEN, incluyendo las líneas de transmisión y transformadores de 500/220 kV comprendidos entre las subestaciones Kimal y Polpaico, debido a que esta es la zona que ha sufrido las mayores transformaciones desde la emisión de la versión anterior del Estudio.

La realización del Estudio de Verificación de Coordinación de las Protecciones no libera de responsabilidad a los Coordinados de contar con sus propios estudios de coordinación de protecciones y que éstas operen en forma correcta.

3 Antecedentes

3.1 Antecedentes Operacionales del sistema 500 kV Norte

A continuación, se describe las principales características operacionales de sistema de 500 kV norte analizado.

El sistema norte de 500 kV tiene una longitud aproximada de 1485 km, que se extiende desde la subestación Kimal, en la región de Antofagasta, hasta la subestación Polpaico en la región Metropolitana. Debido a que esta porción del SEN forma un nexo entre la zona Norte Grande y el centro sur del país, durante el día se generan flujos en dirección Norte – Sur que permite transmitir la generación térmica y renovable hacia las zonas de mayor consumo del país.

Esta porción del SEN se caracteriza por poseer compensadores serie en varias subestaciones intermedias, los cuales en condiciones de demanda baja suelen operar con sus interruptores de bypass cerrados, logrando una impedancia igual a cero entre sus terminales. Por su parte, en condiciones de demanda media los condensadores serie operan con sus interruptores de bypass abiertos, de esta manera estos se comportan como una impedancia no lineal entre sus terminales.

Asimismo, en condiciones de demanda baja se suele operar con un solo circuito en servicio las líneas 2x500 kV Cumbres – Nueva Cardones y Nueva Cardones – Maitencillo, mientras que, en condiciones de demanda media, operan todas las líneas con ambos circuitos en servicio.

Los escenarios escogidos en este análisis corresponden a uno de demanda baja y otro de demanda media, los cuales equivalen a condiciones de bajo y alto nivel de cortocircuito respectivamente.

3.2 Horizonte de Análisis

De acuerdo con lo señalado en la NT, el Estudio de Verificación de Coordinación de las Protecciones del Sistema Eléctrico Nacional, se deberá realizar sobre la base de instalaciones existentes de los Coordinados. En conformidad con lo anterior, se utilizó la base de datos DigSILENT actualizada por el Coordinador a junio de 2020, fecha que corresponde al inicio de la recopilación de antecedentes para este estudio.

3.3 Herramienta de Simulación Utilizada

Para la simulación del sistema se utilizó el software PowerFactory de DigSILENT activado con la licencia de análisis de protecciones y una base de datos del SEN, en formato DigSILENT, actualizada por el Coordinador a junio de 2020, la que fue adecuada en función de los objetivos del estudio.

4 Desarrollo de los Estudios

4.1 Adecuaciones a la Base de Datos

Para el desarrollo de los estudios fue necesario realizar ciertas adecuaciones a la base de datos DigSILENT del SEN con el objetivo de representar de mejor manera la operación real del sistema. Estas adecuaciones, se detallan a continuación.

- Se crearon e incorporaron a la base de datos DIGSILENT, modelos de protección específicos para las funciones: 21, 21N, 67N, 50, 51, 51N.
- Se incorporaron los ajustes de protección a los modelos anteriores, junto con sus respectivos transformadores de medida. La información base se puede encontrar en la página web de la Infotécnica del Coordinador <https://infotecnica.coordinador.cl/>.
- En los escenarios de estudio en donde un circuito se encontraba en servicio y el paralelo fuera de servicio, fue puesto este último a tierra en ambos extremos.
- En los escenarios de estudio en donde las CCSS se encontraban en servicio, se modelaron como impedancias no lineales de manera de representar correctamente los tres estados que pueden adoptar las CCSS en función de la corriente de conducción:
 - Modo condensador.
 - Modo varistor.
 - Modo bypass.

En las siguientes figuras, se muestran los CCSS en modo varistor (impedancias no lineales), donde tanto la resistencia como la reactancia son funciones de la corriente por la línea (IL) correspondiente. El modo condensador se presenta para IL menores a la indicada en el punto izquierdo en la figura. El modo bypass se presenta para IL mayores a la indicada en el punto derecho en la figura.

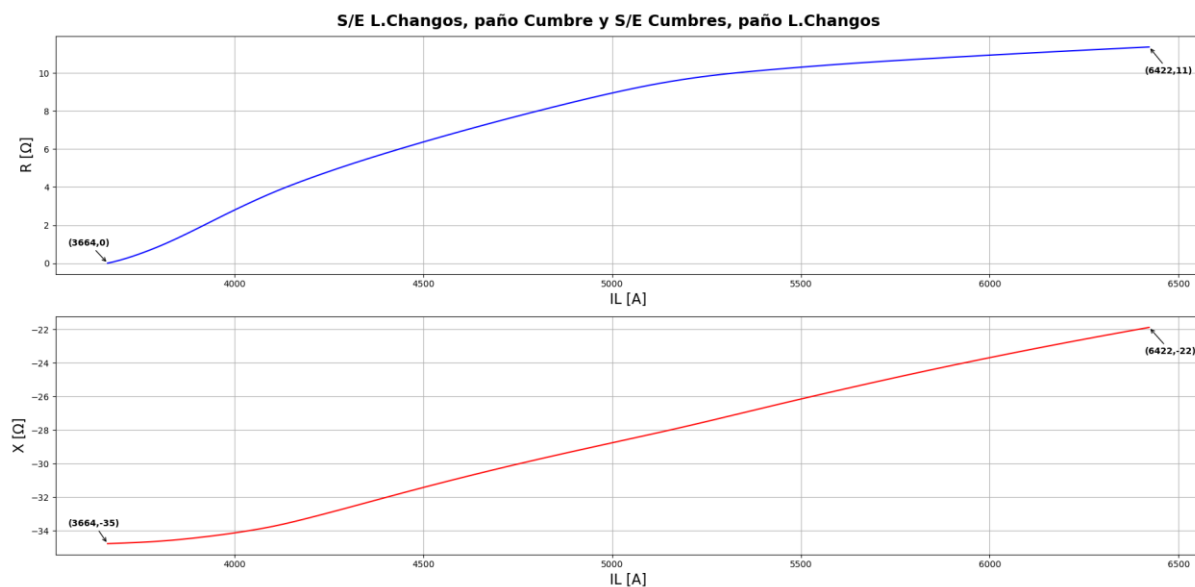


Figura 4.1 Modo Varistor CCSS S/E L.Changos, paño Cumbre y S/E Cumbre, paño L.Changos

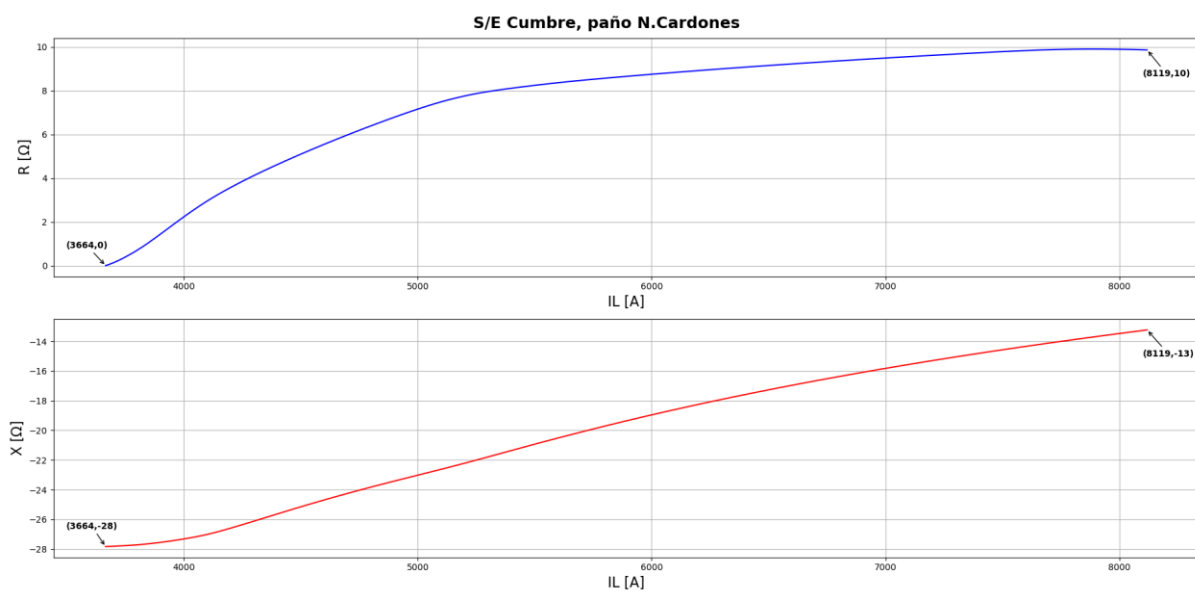


Figura 4.2 Modo Varistor CCSS S/E Cumbre, paño N.Cardones

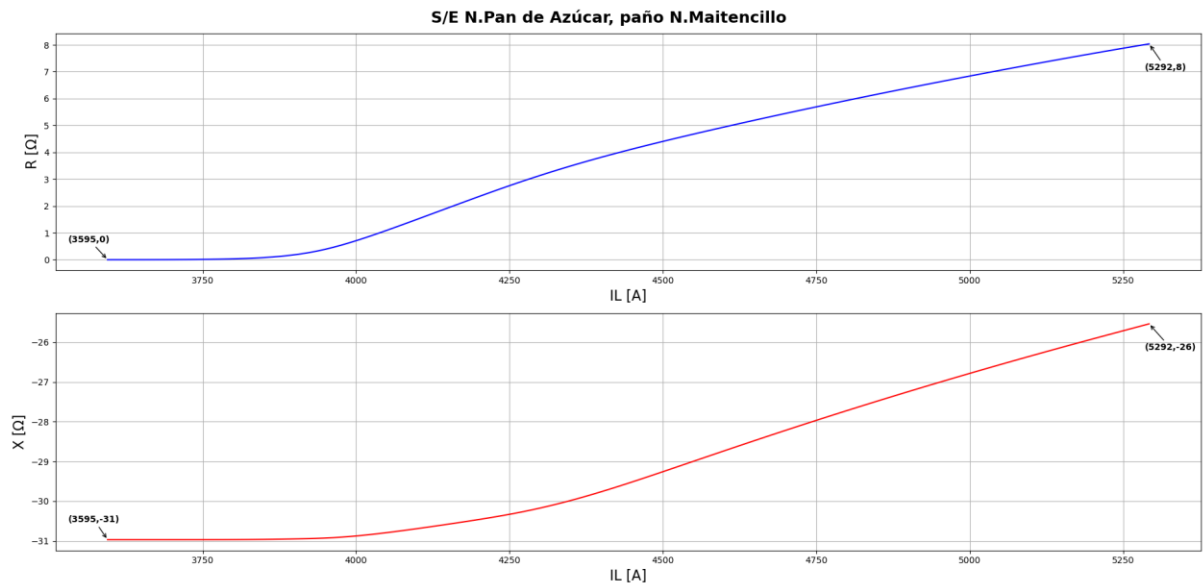


Figura 4.3 Modo Varistor CCSS S/E N.Pan de Azúcar, paño N.Maitencillo

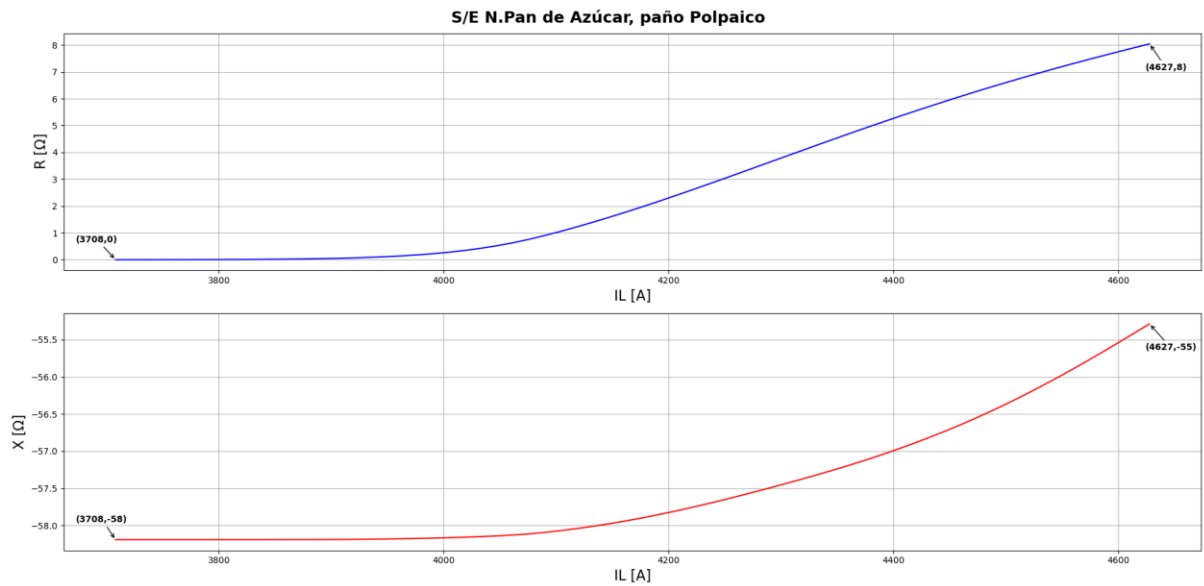


Figura 4.4 Modo Varistor CCSS S/E N.Pan de Azúcar, paño Polpaico

4.2 Escenarios de operación base

En las tablas, Tabla 4.1, Tabla 4.2 y Tabla 4.3 se muestran los escenarios de operación base preparados para realizar los estudios. Los escenarios se derivaron de los contenidos en la base de datos DlgSILENT del Coordinador, seleccionándolos en función del nivel de cortocircuito en el sistema considerado.

En la Tabla 4.1 se describen los principales montos de demanda, generación total (sincrónica y ERV) y las transferencias norte – sur por el sistema de 500 kV Norte.

Cabe señalar que las transferencias indicadas en la Tabla 4.1 corresponden a las medidas en el extremo Nueva Maitencillo de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar.

Tabla 4.1 Características de los escenarios en estudio

	Demanda MW	Generación total MW	Generación ERV MW	Transferencias Norte - Sur MW
01_Alto Nivel de CC	8675	9001	1879	1892
02_Bajo Nivel de CC	7034	7210	41	793

Tabla 4.2 Nivel de cortocircuito barras 500 kV

Escenario	Nivel de cortocircuito Skss [MVA] en barras 500 kV						
	Kimal	Los Chagos	Cumbre	N.Cardones	N.Maitencillo	N.Pan de Azúcar	Polpaico
01_Alto Nivel CC	7537	9311	7968	8221	8803	8937	11550
02_Bajo Nivel CC	6852	8128	5147	5196	5979	6382	10021

Tabla 4.3 Nivel de cortocircuito barras 220 kV

Escenario	Nivel de cortocircuito Skss [MVA] en barras 220 kV						
	Kimal	Los Chagos	Cumbre	N.Cardones	N.Maitencillo	N.Pan de Azúcar	Polpaico
01_Alto Nivel CC	7712	10399	4188	4939	6507	4679	9933
02_Bajo Nivel CC	7088	9732	3335	3943	5609	4218	9521

- El escenario 01_Alto Nivel de CC, se derivó del escenario “Laboral - Dda Media” de la base de datos DlgSILENT Junio 2020 del Coordinador.
- El escenario 02_Bajo Nivel de CC, se derivó del escenario “Domingo - Dda Baja” de la base de datos DlgSILENT Junio 2020 del Coordinador.

4.3 Metodología

- **Método de cálculo de cortocircuito:** El método empleado para el cálculo de cortocircuitos correspondió al denominado Método Completo, es decir, considerando los valores prefalla del sistema, derivados de un flujo de potencia.
- **Herramienta utilizada:** La verificación de la coordinación de las protecciones se realizó utilizando un algoritmo derivado de la herramienta “Traza de Cortocircuito” de PowerFactory de DlgSILENT, que consiste en un método en régimen permanente en donde se muestra la respuesta de las protecciones en pasos discretos de tiempo, considerando la apertura secuencial de los interruptores y los efectos de estas aperturas sobre las corrientes de falla y los tiempos de operación de las protecciones. Básicamente la herramienta responde al siguiente diagrama:

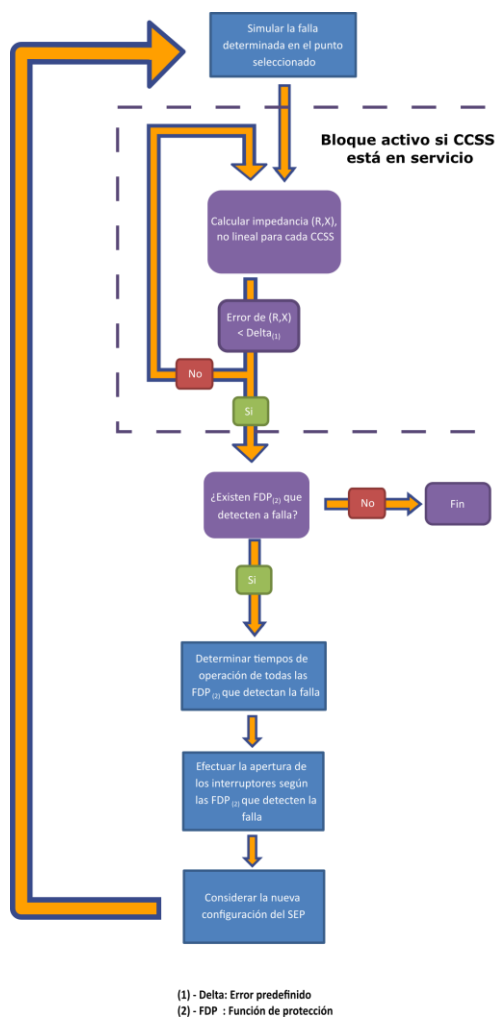


Figura 4.5 Diagrama Algoritmo de cálculo de cortocircuito y análisis de protecciones

- **Fallas consideradas:** Los estudios contemplaron fallas consistentes en cortocircuitos monofásicos con resistencia de falla de 0 Ohm (1F-0) y 25 Ohm (1F-25), bifásicos a tierra (2FT-0) y trifásicos (3F-0).
- **Localización de fallas:** Para las líneas de transmisión, la localización de la falla se consideró al 5%, 50% y 95% de su longitud.
- **Criterio de coordinación:** Como criterio, el paso de coordinación mínimo razonable se considera igual a 350 ms. Este valor considera un tiempo medio de activación del dispositivo de protección de 20 ms, un tiempo de apertura de interruptor de 80 ms y un tiempo de operación de 200 ms de la función de protección contra falla de interruptor (50BF), dejando un margen de seguridad de 50 ms.

4.4 Protecciones consideradas

Las protecciones consideradas en este estudio, corresponden a las denominadas no unitarias, cuyas características básicas son:

- a) Presentan selectividad relativa, es decir, detectan fallas en más de una zona de protección.
- b) Pueden actuar como protecciones de respaldo, al detectar fallas fuera de su zona de operación local.
- c) Sus magnitudes de operación son variables eléctricas tales como: corriente, tensión, impedancia, frecuencia y derivadas de estas, que permiten establecer el tiempo de respuesta de la protección.
- d) En general su coordinación requiere el ajuste de su tiempo de operación.

En la figura siguiente se muestra un diagrama unilineal del Sistema 500 kV Norte del SEN, con las protecciones consideradas en el análisis de verificación. En este diagrama se representa la topología base considerada para todos los escenarios de estudio. En la Tabla 4.4 se presenta una descripción de estas protecciones junto con sus respectivos transformadores de medida y en las tablas: Tabla 4.5, y Tabla 4.6 se detallan los ajustes considerados.

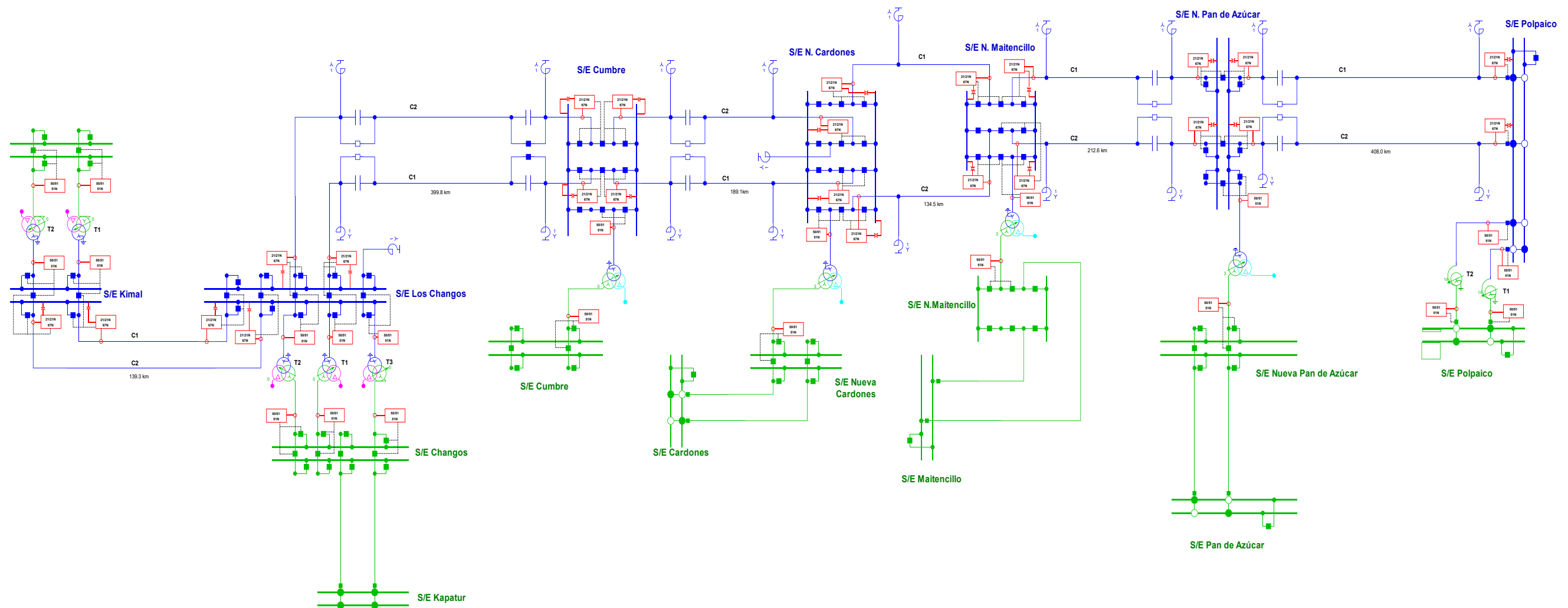


Figura 4.6 Diagrama unilineal con protecciones consideradas

Tabla 4.4 Protecciones consideradas

S/E	Paño	Modelo protección	Función de protección	TTCC [A pri./A sec.]	TTPP [kV pri./V sec.]
Kimal 500 kV	K2-K3 - Changos L1	SIEMENS 7SL87 (S1 y S2)	21_Kimal500/Changos1	3000/1	525/115
			21N_Kimal500/Changos1	3000/1	525/115
			67N_Kimal500/Changos1	3000/1	525/115
	K5-K6 - Changos L2	SIEMENS 7SL87 (S1 y S2)	21_Kimal500/Changos2	3000/1	525/115
			21N_Kimal500/Changos2	3000/1	525/115
			67N_Kimal500/Changos2	3000/1	525/115
	K1-K2 ATR1	SIEMENS 7UT86/7UT63 (S1 y S2)	50/51_Kimal500/ATR1	3000/1	---
			51N_Kimal500/ATR1	3000/1	---
	K4-K5 ATR2	SIEMENS 7UT86/7UT63 (S1 y S2)	50/51_Kimal500/ATR2	3000/1	---
			51N_Kimal500/ATR2	3000/1	---
Kimal 220 kV	J19-J20 ATR1	SIEMENS 7UT86/7UT63 (S1 y S2)	50/51_Kimal220/ATR1	4000/1	---
			51N_Kimal220/ATR1	4000/1	---
	J22-J23 ATR2	SIEMENS 7UT86/7UT63 (S1 y S2)	50/51_Kimal220/ATR2	4000/1	---
			51N_Kimal220/ATR2	4000/1	---
Los Changos 500 kV	K5-K6 - Cumbre L1	ALSTOM P546/GE L90 (S1 y S2)	21S1_Changos500/Cumbre1	2500/1	525/115
			21NS1_Changos500/Cumbre1	2500/1	525/115
			21S2_Changos500/Cumbre1	2500/1	525/115
			21NS2_Changos500/Cumbre1	2500/1	525/115
			67N_Changos500/Cumbre1	2500/1	525/115
	K8-K9 - Cumbre L2	ALSTOM P546/GE L90 (S1 y S2)	21S1_Changos500/Cumbre2	2500/1	525/115
			21NS1_Changos500/Cumbre2	2500/1	525/115
			21S2_Changos500/Cumbre2	2500/1	525/115
			21NS2_Changos500/Cumbre2	2500/1	525/115
			67N_Changos500/Cumbre2	2500/1	525/115
	K10-K11 - Kimal L1	SIEMENS 7SL87 (S1 y S2)	21_Changos500/Kimal1	3000/1	525/115
			21N_Changos500/Kimal1	3000/1	525/115
			67N_Changos500/Kimal1	3000/1	525/115
	K13-K14 - Kimal L2	SIEMENS 7SL87 (S1 y S2)	21_Changos500/Kimal2	3000/1	525/115
			21N_Changos500/Kimal2	3000/1	525/115
			67N_Changos500/Kimal2	3000/1	525/115
	K4-K5 ATR1	ALSTOM P645 (S1)	50/51_Changos500/ATR1	2500/1	---
			51N_Changos500/ATR1	2500/1	---
	K7-K8 ATR2	ALSTOM P645 (S1)	50/51_Changos500/ATR2	2500/1	---
			51N_Changos500/ATR2	2500/1	---
	K1-K2 ATR3	SIEMENS 7UT86/7UT63 (S1 y S2)	50/51_Changos500/ATR3	2500/1	---
			51N_Changos500/ATR3	2500/1	---
Los Changos 220 kV	J2-J3 ATR1	ALSTOM P645 (S2)	50/51_Changos220/ATR1	4000/1	---
			51N_Changos220/ATR1	4000/1	---
	J5-J6 ATR2	ALSTOM P645 (S2)	50/51_Changos220/ATR2	4000/1	---
			51N_Changos220/ATR2	4000/1	---
	J8-J9 ATR3	SIEMENS 7UT86/7UT63 (S1 y S2)	50/51_Changos220/ATR3	4000/1	---
			51N_Changos220/ATR3	4000/1	---

Cumbre 500 kV	K1-K2 - Changos L1	ALSTOM P546/GE L90 (S1 y S2)	21S1_Cumbre500/Changos1	2500/1	525/115
			21NS1_Cumbre500/Changos1	2500/1	525/115
			21S2_Cumbre500/Changos1	2500/1	525/115
			21NS2_Cumbre500/Changos1	2500/1	525/115
			67N_Cumbre500/Changos1	2500/1	525/115
	K4-K5- Changos L2	ALSTOM P546/GE L90 (S1 y S2)	21S1_Cumbre500/Changos2	2500/1	525/115
			21NS1_Cumbre500/Changos2	2500/1	525/115
			21S2_Cumbre500/Changos2	2500/1	525/115
			21NS2_Cumbre500/Changos2	2500/1	525/115
	K2-K3 - N.Cardones L1	ALSTOM P546/GE L90 (S1 y S2)	21S1_Cumbre500/N.Cardones1	2500/1	525/115
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones1	2500/1	525/115
			21S2_Cumbre500/N.Cardones1	2500/1	525/115
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones1	2500/1	525/115
			67N_Cumbre500/N.Cardones1	2500/1	525/115
	K5-K6 - N.Cardones L2	ALSTOM P546/GE L90 (S1 y S2)	21S1_Cumbre500/N.Cardones2	2500/1	525/115
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	2500/1	525/115
			21S2_Cumbre500/N.Cardones2	2500/1	525/115
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	2500/1	525/115
	K8-K9 - ATR1	SIEMENS 7UT63/7UT87 (S1 y S2)	51_Cumbre500/ATR1	2000/1	---
			51N_Cumbre500/ATR1	2000/1	---
Cumbre 220 kV	J2-J3 - ATR1	SIEMENS 7UT63/7UT87 (S1 y S2)	51_Cumbre220/ATR1	2000/1	---
			51N_Cumbre220/ATR1	2000/1	---
Nueva Cardones 500 kV	K2-K3 - N.Maitencillo L1	SIEMENS 7SL87/7SA87 (S1 y S2)	21_N.Cardones500/N.Maitencillo1	2500/1	500/110
			21N_N.Cardones500/Maitencillo1	2500/1	500/110
			67N_N.Cardones500/Maitencillo1	2500/1	500/110
	K5-K6 - N.Maitencillo L2	SIEMENS 7SL87/7SA87 (S1 y S2)	21_N.Cardones500/N.Maitencillo1	2500/1	500/110
			21N_N.Cardones500/Maitencillo1	2500/1	500/110
			67N_N.Cardones500/Maitencillo1	2500/1	500/110
	K11-K12 - Cumbre L1	ALSTOM P546/GE L90 (S1 y S2)	21S1_N.Cardones500/Cumbre1	2500/1	525/115
			21NS1_N.Cardones500/Cumbre1	2500/1	525/115
			21S2_N.Cardones500/Cumbre1	2500/1	525/115
			21NS2_N.Cardones500/Cumbre1	2500/1	525/115
			67N_N.Cardones500/Cumbre1	2500/1	525/115
	K8-K9 - Cumbre L2	ALSTOM P546/GE L90 (S1 y S2)	21S1_N.Cardones500/Cumbre2	2500/1	525/115
			21NS1_N.Cardones500/Cumbre2	2500/1	525/115
			21S2_N.Cardones500/Cumbre2	2500/1	525/115
			21NS2_N.Cardones500/Cumbre2	2500/1	525/115
	K8-K9 - ATR2	SIEMENS 7UT87 (S1 y S2)	51_N.Cardones500/ATR2	2500/1	---
			51N_N.Cardones500/ATR2	2500/1	---

Nueva Cardones 220 kV	J4-J5 - ATR2	SIEMENS 7UT87 (S1 y S2)	51_N.Cardones220/ATR2	2500/1	—
			51N_N.Cardones220/ATR2	2500/1	—
Nueva Maitencillo 500 kV	K11-K12 - N.Cardones L1	SIEMENS 7SL87/7SA87 (S1 y S2)	21_N.Maitencillo500/N.Cardones1	2500/1	500/110
			21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	2500/1	500/110
			67N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	2500/1	500/110
	K8-K9 - N.Cardones L2	SIEMENS 7SL87/7SA87 (S1 y S2)	21_N.Maitencillo500/N.Cardones2	2500/1	500/110
			21N_N.Maitencillo500/N.Cardones2	2500/1	500/110
			67N_N.Maitencillo500/N.Cardones2	2500/1	500/110
	K10-K11 - N.P.Azúcar L1	SIEMENS 7SL87/7SA87 (S1 y S2)	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	2500/1	500/110
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	2500/1	500/110
			67N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	2500/1	500/110
	K7-K8 - N.P.Azúcar L2	SIEMENS 7SL87/7SA87 (S1 y S2)	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	2500/1	500/110
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	2500/1	500/110
			67N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	2500/1	500/110
	K4-K5 - ATR2	SIEMENS 7UT87 (S1 y S2)	51_N.Maitencillo500/ATR2	2500/1	—
			51N_N.Maitencillo500/ATR2	2500/1	—
Nueva Maitencillo 220 kV	J4-J5 - ATR2	SIEMENS 7UT87 (S1 y S2)	51_N.Maitencillo220/ATR2	2500/1	—
			51N_N.Maitencillo220/ATR2	2500/1	—
Nueva Pan de Azúcar 500 kV	K8-K9 - N.Maitencillo L1	SIEMENS 7SL87/7SA87 (S1 y S2)	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	2500/1	500/110
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	2500/1	500/110
			67N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	2500/1	500/110
	K11-K12- N.Maitencillo L2	SIEMENS 7SL87/7SA87 (S1 y S2)	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2500/1	500/110
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2500/1	500/110
			67N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2500/1	500/110
	K7-K8 - Polpaico L1	SIEMENS 7SL87(S1 y S2)	21_N.P.Azúcar500/Polpaico1	2500/1	500/110
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	2500/1	500/110
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	2500/1	500/110
	K10-11- Polpaico L2	SIEMENS 7SL87(S1 y S2)	21_N.P.Azúcar500/Polpaico2	2500/1	500/110
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	2500/1	500/110
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	2500/1	500/110
	K4-K5 - ATR2	SIEMENS 7UT87 (S1 y S2)	51_N.P.Azúcar500/ATR2	2500/1	—
			51N_N.P.Azúcar500/ATR2	2500/1	—
	J4-J5 - ATR2	SIEMENS 7UT87 (S1 y S2)	51_N.P.Azúcar220/ATR2	2500/1	—
			51N_N.P.Azúcar220/ATR2	2500/1	—
Polpaico 500 kV	K3 - N.P.Azúcar L1	SIEMENS 7SL87(S1 y S2)	21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2000/1	500/110
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2000/1	500/110
			67N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2000/1	500/110
	K4 - N.P.Azúcar L2	SIEMENS 7SL87(S1 y S2)	21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2000/1	500/110
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2000/1	500/110
			67N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2000/1	500/110
	KT1 - ATR1	SIEMENS 7SJ611 (S2-2)	51_Polpaico500/ATR1	1600/1	—
			51N_Polpaico500/ATR1	1600/1	—
	KT2 - ATR2	SIEMENS 7SJ611 (S2-2)	51_Polpaico500/ATR2	1600/1	—
			51N_Polpaico500/ATR2	1600/1	—
Polpaico 220 kV	JT1 - ATR1	SIEMENS 7SJ611 (S2-2)	51_Polpaico220/ATR1	2000/1	—
			51N_Polpaico220/ATR1	2000/1	—
	JT2 - ATR1	SIEMENS 7SJ611 (S2-2)	51_Polpaico220/ATR2	2000/1	—
			51N_Polpaico220/ATR2	2000/1	—

Tabla 4.5 Ajustes funciones de protección de corriente

Subestación	Función de protección	Sistema	Pickup (51)	Tiempo Dial (51) (s)	Tiempo adicional (s)	Curva (51)	Pick Up (50)	Tiempo definido (50) (s)
			(A pri.)				(A pri.)	
Kimal 500 kV	67N_Kimal500/Changos1	S1 y S2	300	0.3	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Kimal500/Changos2	S1 y S2	300	0.3	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Kimal500/ATR1	S1 y S2	1170	0.12	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_Kimal500/ATR1	S1 y S2	330	0.22	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Kimal500/ATR2	S1 y S2	1155	0.12	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_Kimal500/ATR2	S1 y S2	330	0.22	0	IEC Normal Inverse	---	---
Kimal 220 kV	50/51_Kimal220/ATR1	S1 y S2	2640	0.12	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_Kimal220/ATR1	S1 y S2	760	0.26	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Kimal220/ATR2	S1 y S2	2640	0.12	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_Kimal220/ATR2	S1 y S2	760	0.26	0	IEC Normal Inverse	---	---
Los Changos 500 kV	67N_Changos500/Cumbre1	S1 y S2	250	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Changos500/Cumbre2	S1 y S2	250	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Changos500/Kimal1	S1 y S2	300	0.3	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Changos500/Kimal2	S1 y S2	300	0.3	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Changos500/ATR1	S1 y S2	1150	0.05	0	IEC Normal Inverse	2000	0.3
	51N_Changos500/ATR1	S1 y S2	325	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Changos500/ATR2	S1 y S2	1150	0.05	0	IEC Normal Inverse	2000	0.3
	51N_Changos500/ATR2	S1 y S2	325	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Changos500/ATR3	S1 y S2	1150	0.12	0	IEC Normal Inverse	5000	0.3
Los Changos 220 kV	51N_Changos500/ATR3	S1 y S2	325	0.22	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Changos220/ATR1	S1 y S2	2640	0.075	0	IEC Normal Inverse	8640	0.3
	51N_Changos220/ATR1	S1 y S2	760	0.15	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Changos220/ATR2	S1 y S2	2640	0.075	0	IEC Normal Inverse	8640	0.3
	51N_Changos220/ATR2	S1 y S2	760	0.15	0	IEC Normal Inverse	---	---
	50/51_Changos220/ATR3	S1 y S2	2400	0.12	0	IEC Normal Inverse	8720	0.3
Cumbre 500 kV	51N_Changos220/ATR3	S1 y S2	760	0.26	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Cumbre500/Changos1	S1 y S2	250	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Cumbre500/Changos2	S1 y S2	250	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Cumbre500/N.Cardones1	S1 y S2	250	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Cumbre500/N.Cardones2	S1 y S2	250	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51_Cumbre500/ATR1	S1 y S2	1080	0.12	0	IEC Normal Inverse	---	---
Cumbre 220 kV	51N_Cumbre500/ATR1	S1 y S2	340	0.25	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51_Cumbre220/ATR1	S1 y S2	2440	0.09	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_Cumbre220/ATR1	S1 y S2	760	0.3	0	IEC Normal Inverse	---	---
N.Cardones 500 kV	67N_N.Cardones500/Maitencillo1	S1 y S2	250	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.Cardones500/Maitencillo1	S1 y S2	250	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.Cardones500/Cumbre1	S1 y S2	250	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.Cardones500/Cumbre2	S1 y S2	250	0.2	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51_N.Cardones500/ATR2	S1 y S2	1075	0.12	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_N.Cardones500/ATR2	S1 y S2	325	0.22	0	IEC Normal Inverse	---	---

N.Cardones 220 kV	51_N.Cardones220/ATR2	S1 y S2	2450	0.09	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_N.Cardones220/ATR2	S1 y S2	750	0.26	0	IEC Normal Inverse	---	---
N.Maitencillo 500 kV	67N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	S1 y S2	250	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.Maitencillo500/N.Cardones2	S1 y S2	250	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	S1 y S2	250	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	S1 y S2	250	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	51_N.Maitencillo500/ATR2	S1 y S2	1075	0.11	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_N.Maitencillo500/ATR2	S1 y S2	325	0.25	0	IEC Normal Inverse	---	---
N.Maitencillo 220 kV	51_N.Maitencillo220/ATR2	S1 y S2	2450	0.07	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_N.Maitencillo220/ATR2	S1 y S2	750	0.32	0	IEC Normal Inverse	---	---
N.Pan de Azucar 500 kV	67N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	S1 y S2	250	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	S1 y S2	250	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	S1 y S2	200	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	S1 y S2	200	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	51_N.P.Azúcar500/ATR2	S1 y S2	1075	0.12	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_N.P.Azúcar500/ATR2	S1 y S2	325	0.22	0	IEC Normal Inverse	---	---
N.Pan de Azucar 220 kV	51_N.P.Azúcar220/ATR2	S1 y S2	2450	0.09	0	IEC Normal Inverse	---	---
	51N_N.P.Azúcar220/ATR2	S1 y S2	750	0.26	0	IEC Normal Inverse	---	---
Polpaico 500 kV	67N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	S1 y S2	200	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	67N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	S1 y S2	200	0.05	1	IEC Normal Inverse	---	---
	50_Polpaico500/ATR1	S1	---	---	---	---	1040	2.4
	50N_Polpaico500/ATR1	S1	---	---	---	---	320	2.4
	50_Polpaico500/ATR2	S1	---	---	---	---	1040	2.4
	50N_Polpaico500/ATR2	S1	---	---	---	---	320	2.4
Polpaico 220 kV	51_Polpaico220/ATR1	S1	---	---	---	---	2360	2.4
	51N_Polpaico220/ATR1	S1	---	---	---	---	400	2.4
	51_Polpaico220/ATR2	S1	---	---	---	---	2360	2.4
	51N_Polpaico220/ATR2	S1	---	---	---	---	400	2.4

Tabla 4.6 Ajustes funciones de protección de distancia

Subestación	Función de protección	Sistema	Característica	K0	Zona	Z f4	Z f4	X	R f4	R f4	Tiempo (s)	Direccionalidad	Zona De carga		
						[Ohm pri.]	[Ohm pri.]	[Ohm pri.]	[Ohm pri.]	[Ohm pri.]			Z< [Ohm pri.]	✂ [°]	block: V< [kV]
Kimal 500 kV	21_Kimal500/Changos1 21N_Kimal500/Changos1 21_Kimal500/Changos2 21N_Kimal500/Changos2	S1 y S2	Cuad <85°	1.260 < -12.00°	1	---	---	22.126	44.237	22.126	0.15	Forward	---	---	---
				2.130 < -12.00°	2	---	---	51.617	103.234	51.617	0.30	Forward	---	---	---
					3	---	---	81.109	162.217	81.109	1.50	Forward	---	---	---
					4	---	---	22.126	110.007	54.996	2.00	Reverse	---	---	---
Los Changos 500 kV	21S1_Changos500/Cumbre1 21S2_Changos500/Cumbre1 21NS1_Changos500/Cumbre1 21NS2_Changos500/Cumbre1 21S1_Changos500/Cumbre2 21S2_Changos500/Cumbre2 21NS1_Changos500/Cumbre2 21NS2_Changos500/Cumbre2	S1	Mho <50°	1.96 < -12.00°	1	33.783	33.783	---	---	---	0.15	Forward	107.99	20.0	210
				2	145.173	145.173	---	---	---	0.60	Forward				
				3	186.261	186.261	---	---	---	1.30	Forward				
				4	25.748	25.748	---	---	---	2.00	Reverse				
		S2	Cuad <84°	Z0/Z1 = 6.87 < -10°	1	---	---	29.710	29.710	59.420	0.15	Forward	107.99	20.0	210
					2	---	---	128.009	128.009	256.018	0.60	Forward			
					3	---	---	164.549	164.549	329.098	1.30	Forward			
					4	---	---	23.173	139.057	278.114	2.00	Reverse			
	21_Changos500/Kimal1 21N_Changos500/Kimal1 21_Changos500/Kimal2 21N_Changos500/Kimal2	S1 y S2	Cuad <85°	1.260 < -12.00°	1	---	---	22.126	44.237	22.126	0.15	Forward	---	---	---
				2.130 < -12.00°	2	---	---	51.617	103.234	51.617	0.30	Forward	---	---	---
					3	---	---	75.615	151.230	75.615	1.50	Forward	---	---	---
					4	---	---	22.126	110.007	54.996	2.00	Reverse	---	---	---
Cumbre 500 kV	21S1_Cumbre500/Changos1 21S2_Cumbre500/Changos1 21NS1_Cumbre500/Changos1 21NS2_Cumbre500/Changos1 21S1_Cumbre500/Changos2 21S2_Cumbre500/Changos2 21NS1_Cumbre500/Changos2 21NS2_Cumbre500/Changos2	S1	Mho <50°	1.96 < -12.00°	1	34.130	34.130	---	---	---	0.15	Forward	107.99	20.0	210
				2	145.083	145.083	---	---	---	0.60	Forward				
				3	187.722	187.722	---	---	---	1.30	Forward				
				4	34.130	34.130	---	---	---	2.00	Reverse				
		S2	Cuad <84°	Z0/Z1 = 6.87 < -10°	1	---	---	29.710	29.710	59.421	0.15	Forward	107.99	20.0	210
					2	---	---	128.009	128.009	256.017	0.60	Forward			
					3	---	---	165.900	165.900	330.522	1.00	Forward			
					4	---	---	30.185	135.824	271.667	2.00	Reverse			
	21S1_Cumbre500/N.Cardones1 21S2_Cumbre500/N.Cardones1 21NS1_Cumbre500/N.Cardones1 21NS2_Cumbre500/N.Cardones1 21S1_Cumbre500/N.Cardones2 21S2_Cumbre500/N.Cardones2 21NS1_Cumbre500/N.Cardones2 21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	S1	Mho <50°	1.63 < -12.00°	1	46.072	46.072	---	---	---	0.15	Forward	107.99	20.0	210
				2	68.862	68.862	---	---	---	0.30	Forward				
				3	104.817	104.817	---	---	---	1.00	Forward				
				4	72.404	72.404	---	---	---	2.00	Reverse				
		S2	Cuad <84°	Z0/Z1 = 5.86 < -10°	1	---	---	40.357	40.357	80.713	0.15	Forward	107.99	20.0	210
					2	---	---	60.535	60.535	121.070	0.30	Forward			
					3	---	---	91.834	91.834	183.485	1.00	Forward			
					4	---	---	63.840	63.840	136.957	2.00	Reverse			
N.Cardones 500 kV	21_N.Cardones500/N.Maitencillo1 21N_N.Cardones500/Maitencillo1 21_N.Cardones500/N.Maitencillo1 21N_N.Cardones500/Maitencillo1	S1 y S2	Cuad <85.2°	kr=2.00, kx= 0.66	1	---	---	24.620	61.509	61.509	0.00	Forward	---	---	---
				kr=2.00, kx=1.41	2	---	---	45.731	64.000	64.000	0.60	Forward	---	---	---
					3	---	---	79.771	64.000	64.000	1.00	Forward	---	---	---
					4	---	---	79.771	64.000	64.000	2.00	Reverse	---	---	---
	21S1_N.Cardones500/Cumbre1 21S2_N.Cardones500/Cumbre1 21NS1_N.Cardones500/Cumbre1 21NS2_N.Cardones500/Cumbre1 21S1_N.Cardones500/Cumbre2 21S2_N.Cardones500/Cumbre2 21NS1_N.Cardones500/Cumbre2 21NS2_N.Cardones500/Cumbre2	S1	Mho <50°	1.63 < -12.00°	1	21.273	21.273	---	---	---	0.15	Forward	107.99	20.0	210
				2	69.373	69.373	---	---	---	0.60	Forward				
				3	196.487	196.487	---	---	---	1.30	Forward				
				4	53.176	53.176	---	---	---	2.00	Reverse				
		S2	Cuad <84°	Z0/Z1 = 5.86 < -10°	1	---	---	18.097	18.097	36.193	0.15	Forward	107.99	20.0	210
					2	---	---	61.174	61.174	121.050	0.60	Forward			
					3	---	---	172.802	172.802	361.560	1.30	Forward			
					4	---	---	46.565	69.848	139.690	2.00	Reverse			

N.Maitencillo 500 kV	21_N.Maitencillo500/N.Cardones1 21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1 21_N.Maitencillo500/N.Cardones2 21N_N.Maitencillo500/N.Cardones2	S1 y S2	Cuad <85°	0.68 < -9.8°	1	---	---	24.620	61.500	61.500	0.00	Forward	---	---	---
				2	---	---	45.730	64.000	64.000	0.30	Forward	---	---	---	
				1.46 < -11.00°	3	---	---	93.040	64.000	64.000	1.00	Forward	---	---	---
					4	---	---	93.040	64.000	64.000	2.00	Reverse	---	---	---
	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1 21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1 21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2 21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	S1 y S2	Cuad <85°	0.68 < -9.8°	1	---	---	20.400	64.000	64.000	0.15	Forward	---	---	---
				2	---	---	73.400	64.000	64.000	0.30	Forward	---	---	---	
				1.46 < -11.00°	3	---	---	97.700	64.000	64.000	1.00	Forward	---	---	---
					4	---	---	97.700	64.000	64.000	2.00	Reverse	---	---	---
N.Pan de Azucar 500 kV	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1 21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1 21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2 21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	S1 y S2	Cuad <85°	0.68 < -9.8°	1	---	---	20.400	64.000	64.000	0.15	Forward	---	---	---
				2	---	---	73.400	64.000	64.000	0.30	Forward	---	---	---	
				1.46 < -11.00°	3	---	---	96.900	64.000	64.000	1.00	Forward	---	---	---
					4	---	---	96.900	64.000	64.000	2.00	Reverse	---	---	---
	21_N.P.Azúcar500/Polpaico1 21N_N.P.Azúcar500/Polpaico1 21_N.P.Azúcar500/Polpaico2 21N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	S1 y S2	Cuad <85.3°	k=2.00, kx= 0.78	1	---	---	35.090	50.000	50.000	0.15	Forward	---	---	---
				2	---	---	141.000	50.000	50.000	0.60	Forward	---	---	---	
				k=2.00, kx=1.41	3	---	---	173.000	50.000	50.000	1.50	Forward	---	---	---
					4	---	---	173.000	50.000	50.000	2.00	Reverse	---	---	---
Polpaico 500 kV	21_Polpaico500/N.P.Azúcar1 21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1 21_Polpaico500/N.P.Azúcar2 21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	S1 y S2	Cuad <85°	k=2.00, kx= 0.78	1	---	---	35.000	50.000	50.000	0.15	Forward	---	---	---
				2	---	---	141.000	50.000	50.000	0.60	Forward	---	---	---	
				k=2.00, kx=1.41	3	---	---	173.000	50.000	50.000	1.00	Forward	---	---	---
					4	---	---	173.000	50.000	50.000	2.00	Reverse	---	---	---

4.5 Ubicaciones de fallas

En la figura siguiente se muestran las ubicaciones de falla seleccionadas para realizar la verificación. En la Tabla 4.7 se describen dichas ubicaciones y se indican los nombres abreviados que se utilizan posteriormente para la presentación de resultados.

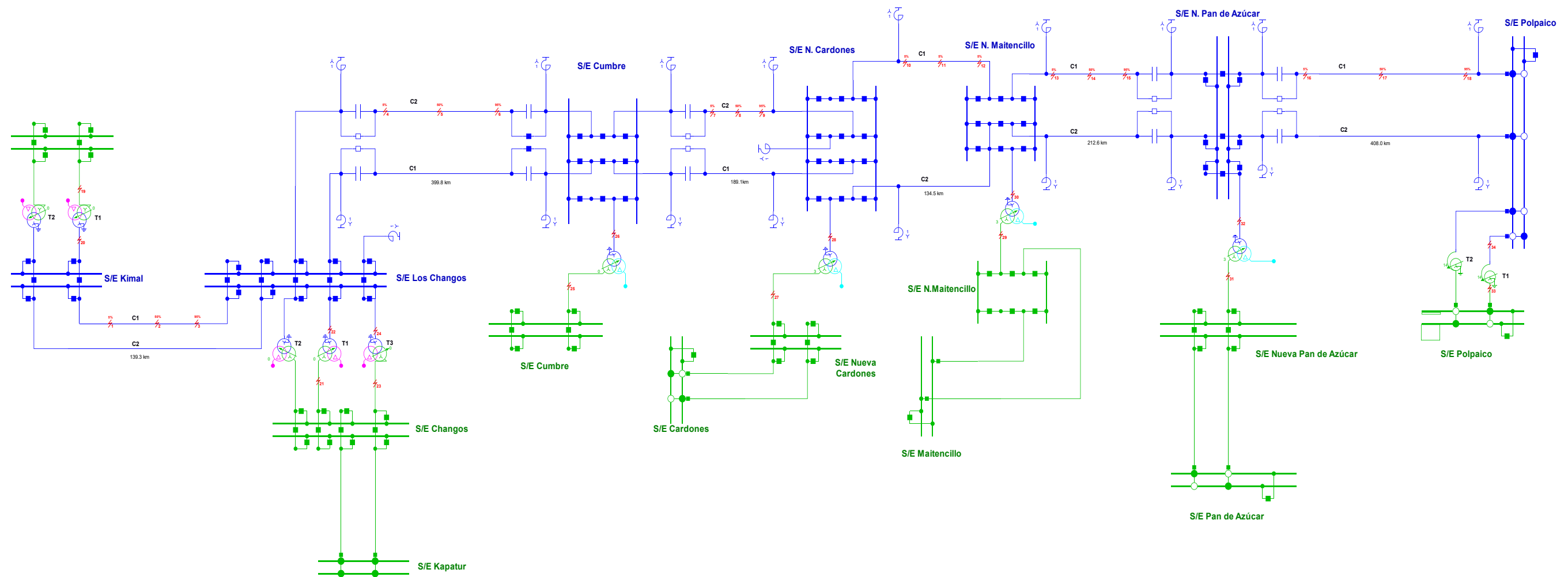


Figura 4.7 Ubicaciones de fallas

Tabla 4.7 Ubicaciones de fallas

Nro.	Nombre abreviado	Descripción
1	C1_Kimal-Los Chagos 500kV	Línea 500 kV Kimal-Los Chagos, circuito 1. Falla al 5% desde Kimal 500 kV.
2	C1_Kimal-Los Chagos 500kV	Línea 500 kV Kimal-Los Chagos, circuito 1. Falla al 50% desde Kimal 500 kV.
3	C1_Kimal-Los Chagos 500kV	Línea 500 kV Kimal-Los Chagos, circuito 1. Falla al 95% desde Kimal 500 kV.
4	C2_Los Chagos - Cumbre 500kV	Línea 500 kV Los Chagos - Cumbre, circuito 2. Falla al 5% desde Los Chagos 500 kV.
5	C2_Los Chagos - Cumbre 500kV	Línea 500 kV Los Chagos - Cumbre, circuito 2. Falla al 50% desde Los Chagos 500 kV.
6	C2_Los Chagos - Cumbre 500kV	Línea 500 kV Los Chagos - Cumbre, circuito 2. Falla al 95% desde Los Chagos 500 kV.
7	C2_Cumbre-N.Cardones 500kV	Línea 500 kV Cumbre-N.Cardones, circuito 2. Falla al 5% desde Cumbre 500 kV.
8	C2_Cumbre-N.Cardones 500kV	Línea 500 kV Cumbre-N.Cardones, circuito 2. Falla al 50% desde Cumbre 500 kV.
9	C2_Cumbre-N.Cardones 500kV	Línea 500 kV Cumbre-N.Cardones, circuito 2. Falla al 95% desde Cumbre 500 kV.
10	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV	Línea 500 kV N.Cardones-N.Maitencillo, circuito 1. Falla al 5% desde N.Cardones 500 kV.
11	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV	Línea 500 kV N.Cardones-N.Maitencillo, circuito 1. Falla al 50% desde N.Cardones 500 kV.
12	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV	Línea 500 kV N.Cardones-N.Maitencillo, circuito 1. Falla al 95% desde N.Cardones 500 kV.
13	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV	Línea 500 kV N.Maitencillo-N.P.de Azúcar, circuito 1. Falla al 5% desde N.Maitencillo 500 kV.
14	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV	Línea 500 kV N.Maitencillo-N.P.de Azúcar, circuito 1. Falla al 50% desde N.Maitencillo 500 kV.
15	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV	Línea 500 kV N.Maitencillo-N.P.de Azúcar, circuito 1. Falla al 95% desde N.Maitencillo 500 kV.
16	C1_N.P.de Azúcar-Polpaico 500kV	Línea 500 kV N.P.de Azúcar-Polpaico, circuito 1. Falla al 5% desde N.P.de Azúcar 500 kV.
17	C1_N.P.de Azúcar-Polpaico 500kV	Línea 500 kV N.P.de Azúcar-Polpaico, circuito 1. Falla al 50% desde N.P.de Azúcar 500 kV.
18	C1_N.P.de Azúcar-Polpaico 500kV	Línea 500 kV N.P.de Azúcar-Polpaico, circuito 1. Falla al 95% desde N.P.de Azúcar 500 kV.
19	Kimal 220kV_T1_int	Falla interna lado 220 kV, Trafo 1 500/220 kV Kimal
20	Kimal 500kV_T1_int	Falla interna lado 500 kV, Trafo 1 500/220 kV Kimal
21	Chagos 220kV_T1_int	Falla interna lado 220 kV, Trafo 1 500/220 kV Los Chagos
22	Chagos 500kV_T1_int	Falla interna lado 500 kV, Trafo 1 500/220 kV Los Chagos
23	Chagos 220kV_T3_int	Falla interna lado 220 kV, Trafo 3 500/220 kV Los Chagos
24	Chagos 500kV_T3_int	Falla interna lado 500 kV, Trafo 3 500/220 kV Los Chagos
25	Cumbre 220kV_T_int	Falla interna lado 220 kV, Trafo 500/220 kV Cumbre
26	Cumbre 500kV_T_int	Falla interna lado 500 kV, Trafo 500/220 kV Cumbre
27	N.Cardones 220kV_T_int	Falla interna lado 220 kV, Trafo 500/220 kV N.Cardones
28	N.Cardones 500kV_T_int	Falla interna lado 500 kV, Trafo 500/220 kV N.Cardones
29	N.Maitencillo 220kV_T_int	Falla interna lado 220 kV, Trafo 500/220 kV N.Maitencillo
30	N.Maitencillo 500kV_T_int	Falla interna lado 500 kV, Trafo 500/220 kV N.Maitencillo
31	N.P. de Az. 220kV_T_int	Falla interna lado 220 kV, Trafo 500/220 kV N. Pan de Azúcar
32	N.P. de Az. 500kV_T_int	Falla interna lado 500 kV, Trafo 500/220 kV N. Pan de Azúcar
33	Polpaico 220kV_T1_int	Falla interna lado 220 kV, Trafo 1 500/220 kV Polpaico
34	Polpaico 500kV_T1_int	Falla interna lado 500 kV, Trafo 1 500/220 kV Polpaico

4.6 Resultados del análisis de verificación

En el Anexo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan detalladamente los resultados del análisis de verificación. Para cada escenario de operación analizado se presenta una tabla con los tiempos de operación de las protecciones ante cada falla simulada y para cada paso de tiempo determinado por los instantes de apertura de los equipos de interrupción. Para los interruptores se supuso un tiempo de apertura de 80 ms.

En el análisis de la eventual descoordinación de los sistemas de protección se ha considerado la siguiente clasificación:

- Insuficiente paso de coordinación:** Corresponde al caso en que la falla es correctamente detectada por la protección local y por la protección de respaldo remoto, pero el paso de coordinación entre ellas es insuficiente.
- Descoordinación en respaldo:** Corresponde al caso en que la falla es correctamente despejada por la protección local, pero la detección de la protección de respaldo remoto es inadecuada.
- Descoordinación principal:** Corresponde al caso en que la falla es incorrectamente despejada por alguna de las protecciones de respaldo remoto, operando la protección local con posterioridad a esta o no alcanzando a operar.

En la Tabla 4.8 y la Tabla 4.9 se resumen los casos en que se presentan insuficientes pasos de coordinación (I.P.C.), descoordinaciones principales (D.P.) y descoordinaciones en respaldo (D.E.R.), para los escenarios de alto y bajo nivel de cortocircuito considerados. En cada caso se indica la protección que descoordina o que opera con tiempo de paso insuficiente y los tipos de falla para los que se dan estas deficiencias de coordinación.

Tabla 4.8 Resumen resultados Escenario 01_Alto Nivel CC

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
1	C1_Kimal-Los Chagos 500kV_5%	I.P.C.	21_Chagos500/Kimal2	3F-0,2FT-0
			21_N_Chagos500/Kimal2	1F-0,2FT-0
			21_N_Kimal500/Chagos2	1F-0,1F-25,2FT-0
2	C1_Kimal-Los Chagos 500kV_50%	I.P.C.	21_N_Chagos500/Kimal2	1F-25
3	C1_Kimal-Los Chagos 500kV_95%	D.P.	21_N_Chagos500/Kimal2	1F-25
		I.P.C.	21_Kimal500/Chagos2	3F-0,2FT-0
			21_N_Chagos500/Kimal2	1F-0,2FT-0
4	C2_Los Chagos - Cumbre 500kV_5%	D.P.	21_N_Kimal500/Chagos1	1F-0
			21_N_Kimal500/Chagos2	1F-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
			21NS1_Cumbre500/Changos1	1F-0,1F-25
			21NS2_Cumbre500/Changos1	1F-0,1F-25,2FT-0
		I.P.C.	50/51_Changos500/ATR1	1F-0,1F-25,2FT-0
			50/51_Changos500/ATR2	1F-0,1F-25,2FT-0
			50/51_Changos220/ATR1	1F-0
			50/51_Changos220/ATR2	1F-0
			21_N_Kimal500/Changos1	2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos2	2FT-0
			21_Changos500/Kimal1	2FT-0
			21_Changos500/Kimal2	2FT-0
			21NS1_Changos500/Cumbre1	2FT-0
			21NS2_Changos500/Cumbre1	2FT-0
6	C2_Los Changos - Cumbre 500kV_95%	I.P.C.	21NS1_Cumbre500/Changos1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21NS2_Cumbre500/Changos1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21NS1_Changos500/Cumbre1	1F-0,1F-25
			21NS2_Changos500/Cumbre1	1F-0,1F-25,2FT-0
7	C2_Cumbre-N.Cardones 500kV_5%	D.P.	21NS2_Cumbre500/N.Cardones1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21NS1_N.Cardones500/Cumbre1	1F-0
			21NS2_N.Cardones500/Cumbre1	1F-0,1F-25
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones1	2FT-0
		I.P.C.	50/51_N.Cardones500/ATR2	1F-25
8	C2_Cumbre-N.Cardones 500kV_50%	D.P.	21NS2_Cumbre500/N.Cardones1	1F-0
			50/51_N.Cardones500/ATR2	1F-0
		I.P.C.	21NS1_Cumbre500/N.Cardones1	1F-25
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones1	1F-25
			21NS2_N.Cardones500/Cumbre1	1F-25
9	C2_Cumbre-N.Cardones 500kV_95%	D.P.	21S1_Cumbre500/N.Cardones1	3F-0
			21S2_Cumbre500/N.Cardones1	3F-0,2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones1	2FT-0
		I.P.C.	21_N.Maitencillo500/N.Cardones1	3F-0,2FT-0
			21_N.Maitencillo500/N.Cardones2	3F-0,2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones1	1F-0
			21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	2FT-0
10	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV_5%	D.P.	21N_N.Maitencillo500/N.Cardones2	2FT-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	2FT-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
		I.P.C.	21S1_Cumbre500/N.Cardones1	3F-0
			21S2_Cumbre500/N.Cardones1	3F-0,2FT-0
			21S1_Cumbre500/N.Cardones2	3F-0
			21S2_Cumbre500/N.Cardones2	3F-0,2FT-0
			21_N.Maitencillo500/N.Cardones2	3F-0,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	3F-0,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0,2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0,2FT-0
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0,1F-25,2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones1	1F-0,2FT-0
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.Cardones2	1F-0,2FT-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	1F-25
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
11	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV_50%	D.P.	21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	1F-25
		I.P.C.	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	3F-0,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
			21S1_Cumbre500/N.Cardones1	2FT-0
			21S1_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
12	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV_95%	D.P.	21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	1F-25
		I.P.C.	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	3F-0,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	1F-0,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	1F-0,2FT-0
13	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV_5%	D.P.	21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-25
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	1F-25
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
		I.P.C.	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0,2FT-0
			21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	3F-0,2FT-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	3F-0,2FT-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	3F-0,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	1F-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2FT-0
14	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV_50%	I.P.C.	21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	3F-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	3F-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	1F-0,1F-25,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
15	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV_95%	D.P.	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0,1F-25
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	1F-0,2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/Polpaico1	2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/Polpaico2	2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
		I.P.C.	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	3F-0,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	1F-0
			50/51_N.P.Azucar500/ATR2	1F-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	2FT-0
16	C1_N.P.de Azúcar-Polpaico 500kV_5%	D.P.	21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-0,2FT-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	1F-0,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/Polpaico2	1F-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	1F-0,2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0,2FT-0
			50/51_N.P.Azucar500/ATR2	1F-0,2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-25,2FT-0
			21_N.Maitencillo500/N.Cardones1	2FT-0
			21_N.Maitencillo500/N.Cardones2	2FT-0
		I.P.C.	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	3F-0
			21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	3F-0
			50/51_N.Maitencillo220/ATR2	1F-0
			50/51_N.Maitencillo500/ATR2	1F-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	1F-25
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-25
			21_N.P.Azúcar500/Polpaico2	2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
17	C1_N.P.de Azúcar-Polpaico 500kV_50%	D.P.	21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0
		I.P.C.	21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	1F-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0
18	C1_N.P.de Azúcar-Polpaico 500kV_95%	D.P.	21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0,1F-25
		I.P.C.	21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	3F-0
19	Kimal 220kV_T1_int	D.P.	50/51_Kimal220/ATR2	2FT-0
		I.P.C.	50/51_Kimal220/ATR2	1F-0
			50/51_Kimal500/ATR2	1F-0,2FT-0
20	Kimal 500kV_T1_int	D.P.	21_Changos500/Kimal1	3F-0,2FT-0
			21_Changos500/Kimal2	3F-0,2FT-0
			21_N_Changos500/Kimal1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21_N_Changos500/Kimal2	1F-0,1F-25,2FT-0
		I.P.C.	50/51_Kimal500/ATR2	1F-0,1F-25,2FT-0
21	Changos 220kV_T1_int	I.P.C.	50/51_Changos220/ATR2	1F-0,2FT-0
22	Changos 500kV_T1_int	I.P.C.	21_Kimal500/Changos1	3F-0,2FT-0
			21_Kimal500/Changos2	3F-0,2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos1	1F-0,2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos2	1F-0,2FT-0
			50/51_Changos500/ATR2	1F-0,2FT-0
23	Changos 220kV_T3_int	D.P.	50/51_Changos220/ATR1	1F-0,2FT-0
			50/51_Changos220/ATR2	1F-0,2FT-0
		I.P.C.	21S2_Cumbre500/Changos1	3F-0,2FT-0
			21S2_Cumbre500/Changos2	3F-0,2FT-0
24	Changos 500kV_T3_int	D.P.	50/51_Changos500/ATR1	1F-0,2FT-0
			50/51_Changos500/ATR2	1F-0,2FT-0
		I.P.C.	21_Kimal500/Changos1	3F-0,2FT-0
			21_Kimal500/Changos2	3F-0,2FT-0
			21S1_Cumbre500/Changos1	3F-0,2FT-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
			21S1_Cumbre500/Changos2	3F-0,2FT-0
			21S2_Cumbre500/Changos1	3F-0,2FT-0
			21S2_Cumbre500/Changos2	3F-0,2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos1	1F-0,2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos2	1F-0,2FT-0
			50/51_Changos220/ATR1	1F-0,1F-25,2FT-0
			50/51_Changos220/ATR2	1F-0,1F-25,2FT-0
26	Cumbre 500kV_T_int	D.P.	21NS1_Changos500/Cumbre1	1F-25
			21NS1_Changos500/Cumbre2	1F-25
			21NS2_N.Cardones500/Cumbre1	1F-25
			21NS2_N.Cardones500/Cumbre2	1F-25
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones1	2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
		I.P.C.	21S1_Changos500/Cumbre1	3F-0
			21S1_Changos500/Cumbre2	3F-0
			21S2_Changos500/Cumbre1	3F-0,2FT-0
			21S2_Changos500/Cumbre2	3F-0,2FT-0
			21S1_N.Cardones500/Cumbre1	3F-0
			21S1_N.Cardones500/Cumbre2	3F-0
			21S2_N.Cardones500/Cumbre1	3F-0
			21S2_N.Cardones500/Cumbre2	3F-0
			21NS1_Changos500/Cumbre1	1F-0,2FT-0
			21NS1_Changos500/Cumbre2	1F-0,2FT-0
			21NS2_Changos500/Cumbre1	1F-0
			21NS2_Changos500/Cumbre2	1F-0
			21NS1_N.Cardones500/Cumbre1	1F-0
			21NS1_N.Cardones500/Cumbre2	1F-0
			21NS2_N.Cardones500/Cumbre1	1F-0
			21NS2_N.Cardones500/Cumbre2	1F-0
28	N.Cardones 500kV_T_int	D.P.	21S1_Cumbre500/N.Cardones1	3F-0
			21S1_Cumbre500/N.Cardones2	3F-0
			21S2_Cumbre500/N.Cardones1	3F-0,2FT-0
			21S2_Cumbre500/N.Cardones2	3F-0,2FT-0
			21_N.Maitencillo500/N.Cardones1	3F-0,2FT-0
			21_N.Maitencillo500/N.Cardones2	3F-0,2FT-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	3F-0,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0,2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones1	1F-0,2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0,2FT-0
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.Cardones2	1F-0,1F-25,2FT-0
			50/51_N.Maitencillo220/ATR2	1F-0
			50/51_N.Maitencillo500/ATR2	1F-25
29	N.Maitencillo 220kV_T_int	I.P.C.	21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	1F-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2FT-0
30	N.Maitencillo 500kV_T_int	D.P.	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	3F-0,2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-25,2FT-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	1F-25,2FT-0
		I.P.C.	21_N.Cardones500/N.Maitencillo1	3F-0
			21_N.Cardones500/N.Maitencillo2	3F-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo2	1F-0
31	N.P. de Az. 220kV_T_int	D.P.	21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	3F-0,2FT-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	3F-0,2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0,2FT-0
32	N.P. de Az. 500kV_T_int	D.P.	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	3F-0
			21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	3F-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0,1F-25,2FT-0
		I.P.C.	21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	3F-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	3F-0
33	Polpaico 220kV_T1_int	D.P.	50/51_Polpaico500/ATR2	3F-0,1F-0,1F-25,2FT-0
			50/51_Polpaico220/ATR2	3F-0,1F-0,1F-25,2FT-0
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	1F-0
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	1F-0
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	2FT-0
34	Polpaico 500kV_T1_int	D.P.	21_N.P.Azúcar500/Polpaico1	3F-0
			21_N.P.Azúcar500/Polpaico2	3F-0
			50/51_Polpaico500/ATR2	3F-0,1F-0,1F-25,2FT-0
			50/51_Polpaico220/ATR2	3F-0,1F-0,1F-25,2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	1F-0
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	1F-0
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	1F-25
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	1F-25
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2FT-0

Tabla 4.9 Resumen resultados Escenario 02_Bajo Nivel CC

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
1	C1_Kimal-Los Chagos 500kV_5%	I.P.C.	21_Chagos500/Kimal2	3F-0, 2FT-0
			21_N_Chagos500/Kimal2	1F-0; 1F-0
			21_N_Kimal500/Chagos2	1F-0; 1F-25; 1F-0
2	C1_Kimal-Los Chagos 500kV_50%	I.P.C.	21_N_Chagos500/Kimal2	1F-25
3	C1_Kimal-Los Chagos 500kV_95%	D.P.	21_N_Chagos500/Kimal2	1F-0, 1F-25
		I.P.C.	21_Kimal500/Chagos2	3F-0, 2FT-0
4	C2_Los Chagos - Cumbre 500kV_5%	D.P.	21NS1_Chagos500/Cumbre1	1F-25, 2FT-0
			21NS2_Chagos500/Cumbre1	
			21NS2_Cumbre500/Chagos1	
		I.P.C.	21NS2_Chagos500/Cumbre1	1F-0
			21NS2_Cumbre500/Chagos1	

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
6	C2_Los Chingos - Cumbre 500kV_95%	I.P.C.	21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0; 1F-25
			21NS1_Changos500/Cumbre1	1F-0; 1F-25
			21NS2_Changos500/Cumbre1	1F-0; 1F-25
			21NS2_Cumbre500/Changos1	1F-0; 1F-25; 2FT-0
			21NS1_Cumbre500/Changos1	1F-25
7	C2_Cumbre-N.Cardones 500kV_5%	I.P.C.	67N_Cumbre500/N.Cardones1	1F-0, 1F-25, 2FT-0
9	C2_Cumbre-N.Cardones 500kV_95%	I.P.C.	21_N.Maitencillo500/N.Cardones1	3F-0; 2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	1F-0, 1F-25; 2FT-0
10	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV_5%	I.P.C.	21S1_Cumbre500/N.Cardones2	3F-0
			21S2_Cumbre500/N.Cardones2	3F-0; 2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0, 1F-25; 2FT-0
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0, 1F-25; 2FT-0
11	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV_50%	I.P.C.	21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	1F-25; 2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
12	C1_N.Cardones-N.Maitencillo 500kV_95%	I.P.C.	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0; 2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	3F-0; 2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	1F-0; 2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	1F-0; 2FT-0
13	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV_5%	D.P.	21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-0; 1F-25; 2FT-0
		I.P.C.	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0
14	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV_50%	I.P.C.	21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2FT-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-25; 2FT-0
15	C1_N.Maitencillo-N.P.de Azúcar 500kV_95%	D.P.	21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	1F-0; 2FT-0
		D.P.	21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0; 2FT-0
		I.P.C.	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	3F-0
16	C1_N.P.de Azúcar-Polpaico 500kV_5%	D.P.	21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2FT-0
		I.P.C.	21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	1F-25
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-25
18	C1_N.P.de Azúcar-Polpaico 500kV_95%	D.P.	21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0, 1F-25, 2FT-0
19	Kimal 220kV_T1_int	D.P.	50/51_Kimal220/ATR2	2FT-0
20	Kimal 500kV_T1_int	D.P.	21_Changos500/Kimal1	3F-0; 2FT-0
			21_Changos500/Kimal2	3F-0; 2FT-0
			21_N_Changos500/Kimal1	1F-0, 1F-25; 2FT-0
			21_N_Changos500/Kimal2	1F-0, 1F-25; 2FT-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
22	Changos 500kV_T1_int	I.P.C.	21_Kimal500/Changos1	3F-0; 2FT-0
			21_Kimal500/Changos2	3F-0; 2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos1	1F-0; 2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos2	1F-0; 2FT-0
			50/51_Changos500/ATR2	2FT-0
23	Changos 220kV_T3_int	D.P.	50/51_Changos220/ATR1	1F-0; 2FT-0
			50/51_Changos220/ATR2	1F-0; 2FT-0
24	Changos 500kV_T3_int	D.P.	50/51_Changos500/ATR1	1F-0; 2FT-0
			50/51_Changos500/ATR2	1F-0; 2FT-0
		I.P.C.	21_Kimal500/Changos1	3F-0; 2FT-0
			21_Kimal500/Changos2	3F-0; 2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos1	1F-0; 2FT-0
			21_N_Kimal500/Changos2	1F-0; 2FT-0
25	Cumbre 220kV_T_int	D.P.	21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
26	Cumbre 500kV_T_int	D.P.	21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0; 1F-25
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
			21S1_Changos500/Cumbre1	2FT-0
			21S2_Changos500/Cumbre1	2FT-0
			21S1_Changos500/Cumbre2	2FT-0
			21S2_Changos500/Cumbre2	2FT-0
		I.P.C.	21S1_Changos500/Cumbre1	3F-0
			21S2_Changos500/Cumbre1	3F-0
			21S2_N.Cardones500/Cumbre2	3F-0
			21S1_N.Cardones500/Cumbre2	3F-0
			21S1_Changos500/Cumbre2	3F-0
			21S2_Changos500/Cumbre2	3F-0
27	N.Cardones 220kV_T_int	D.P.	21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	1F-0
			21S1_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0
			67N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	1F-25
		I.P.C.	21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
			21S1_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
			67N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	2FT-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
			67N_Cumbre500/N.Cardones2	2FT-0
28	N.Cardones 500kV_T_int	D.P.	21S1_Cumbre500/N.Cardones2	3F-0
			21_N.Maitencillo500/N.Cardones1	3F-0; 2FT-0
			21S2_Cumbre500/N.Cardones2	3F-0
			21NS2_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0; 1F-25; 2FT-0
			21NS1_Cumbre500/N.Cardones2	1F-0; 1F-25; 2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	1F-0; 1F-25; 2FT-0
		I.P.C.	21N_N.Maitencillo500/N.Cardones1	1F-0; 1F-25
29	N.Maitencillo 220kV_T_int	D.P.	21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-0; 2FT-0
			67N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-25
		I.P.C.	21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-0
30	N.Maitencillo 500kV_T_int	D.P.	21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	3F-0; 1F-25; 2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	3F-0; 1F-25; 2FT-0
			21_N.Cardones500/N.Maitencillo1	3F-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-0; 1F-25
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	1F-0; 2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	1F-0; 2FT-0
		I.P.C.	21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	1F-0; 2FT-0
			21N_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	1F-0; 2FT-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo1	2FT-0
			21_N.P.Azúcar500/N.Maitencillo2	2FT-0
31	N.P. de Az. 220kV_T_int	D.P.	21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2FT-0
32	N.P. de Az. 500kV_T_int	D.P.	21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	3F-0
			21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	3F-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0; 1F-25; 2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	1F-0; 1F-25; 2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	1F-0; 1F-25
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0; 1F-25
		I.P.C.	21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	3F-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	3F-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	1F-0; 2FT-0
			21N_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	1F-0; 2FT-0
			21N_N.Cardones500/N.Maitencillo1	1F-25
			21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar2	2FT-0

Ubicación falla		Fenómeno	Protección	Tipo de falla
Nro.	Nombre abreviado			
			21_N.Maitencillo500/N.P.Azúcar1	2FT-0
33	Polpaico 220kV_T1_int	D.P.	21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	3F-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	3F-0
			50/51_Polpaico500/ATR2	3F-0; 1F-0; 1F-25; 2FT-0
			50/51_Polpaico220/ATR2	1F-0; 1F-25; 2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	1F-0; 2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	1F-0; 2FT-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2FT-0
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	2FT-0
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	2FT-0
34	Polpaico 500kV_T1_int	D.P.	21_N.P.Azúcar500/Polpaico1	3F-0
			21_N.P.Azúcar500/Polpaico2	3F-0
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	1F-0
			21N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	1F-0
			50/51_Polpaico500/ATR2	3F-0; 1F-0; 1F-25; 2FT-0
			50/51_Polpaico220/ATR2	1F-0; 2FT-0
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico2	1F-25
			67N_N.P.Azúcar500/Polpaico1	1F-25
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar1	2FT-0
			21N_Polpaico500/N.P.Azúcar2	2FT-0

4.7 Análisis de resultados y recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio de verificación de coordinación de protecciones, las conclusiones se pueden consolidar en lo siguiente:

a) Alto nivel de cortocircuito:

Se producen **descoordinaciones principales** para fallas en líneas, que involucran a las protecciones del circuito paralelo al circuito fallado. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Falla 1F-25 al 95% de la línea Kimal – Los Changos, en donde operan las protecciones 21N del circuito paralelo en el extremo Los Changos.
- Fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 al 5% de la línea Los Changos – Cumbre, en donde operan las protecciones 21N del circuito paralelo en el extremo Cumbres.
- Diversas fallas de todo tipo a lo largo de la línea Cumbre – Nueva Cardones, en donde operan las protecciones 21/21N del circuito paralelo en ambos extremos.
- Fallas 2FT-0 al 5% y fallas 1F-25 al 50% y 95% de la línea Nueva Cardones – Nueva Maitencillo, en donde operan las protecciones 21N del circuito paralelo en el extremo Nueva Cardones.
- Fallas 2FT-0 al 5% y 95% de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, en donde operan las protecciones 21N del circuito paralelo en el extremo Nueva Pan de Azúcar.
- Fallas 1F-0 y 1F-25 al 95% de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, en donde operan las protecciones 21/21N del circuito paralelo en el extremo Nueva Maitencillo.
- Diversas fallas a tierra a lo largo de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en donde operan las protecciones 21N del circuito paralelo en el extremo Polpaico.
- Fallas 1F-0 al 5% de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en donde operan las protecciones 21 del circuito paralelo en el extremo Nueva Pan de Azúcar.

Se producen **descoordinaciones principales** para fallas en líneas, que involucran a protecciones de otras líneas y/o de transformadores adyacentes a la línea fallada. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Falla 1F-0 al 5% de la línea Los Changos – Cumbre, en donde operan las protecciones 21N Kimal→Los Changos.
- Falla 1F-0 al 50% de la línea Cumbre – Nueva Cardones, en donde operan las protecciones 50/51 del transformador Nueva Cardones.
- Falla 1F-25 al 5% de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, en donde operan las protecciones 21N Nueva Cardones→Nueva Maitencillo.
- Falla 1F-0 y 2FT-0 al 95% de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, en donde operan las protecciones 21N Polpaico→Nueva Pan de Azúcar.
- Falla 2FT-0 al 95% de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, en donde operan las protecciones 21/21N Nueva Pan de Azúcar→Polpaico.
- Falla 1F-0 y 2FT-0 al 5% de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en donde operan las protecciones 21N Nueva Cardones→Nueva Maitencillo, 21N Nueva Maitencillo→Nueva Pan de Azúcar y 50/51 del transformador Nueva Pan de Azúcar.

- Falla 2FT-0 al 5% de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en donde operan las protecciones 21 Nueva Maitencillo→Nueva Cardones.

Se producen **descoordinaciones principales** para fallas en transformadores, que involucran a las protecciones de los transformadores en paralelo al transformador fallado. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Falla 2FT-0 en el lado de 220 kV del transformador T1 de la S/E Kimal, en donde operan las protecciones 50/51 del transformador T2.
- Falla 1F-0 y 2FT-0 en ambos lados del transformador T3 de la S/E Los Changos, en donde operan las protecciones 50/51 de los transformadores T1 y T2.
- Todo tipo de fallas en ambos lados del transformador T1 de la S/E Polpaico, en donde operan las protecciones 50/51 del transformador T2.

Se producen **descoordinaciones principales** para fallas en transformadores, que involucran a protecciones de líneas o de transformadores de otras subestaciones. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Todo tipo de fallas en el lado de 500 kV del transformador T1 de la S/E Kimal, en donde operan las protecciones 21/21N Los Changos→Kimal.
- Fallas 1F-25 en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Cumbre, en donde operan las protecciones 21N Los Changos→Cumbre y 21N Nueva Cardones→Cumbre.
- Fallas 2FT-0 en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Cumbre, en donde operan las protecciones 21N Cumbre→Nueva Cardones.
- Todo tipo de fallas en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Nueva Cardones, en donde operan las protecciones 21/21N Cumbre→Nueva Cardones y 21/21N Nueva Maitencillo→Nueva Cardones. Para fallas 3F-0 y 2FT-0 en la misma ubicación también operan las protecciones 21 Nueva Pan de Azúcar→Nueva Maitencillo, mientras que para fallas 1F-0 y 1F-25 también operan las protecciones 50/51 del transformador de la S/E Nueva Maitencillo.
- Todo tipo de fallas en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Nueva Maitencillo, en donde operan las protecciones 21/21N Nueva Pan de Azúcar→Nueva Maitencillo. Para fallas 1F-25 y 2FT-0 en la misma ubicación también operan las protecciones 21N Nueva Cardones→Nueva Maitencillo.
- Todo tipo de fallas en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Nueva Pan de Azúcar, en donde operan las protecciones 21/21N Nueva Maitencillo→Nueva Pan de Azúcar.
- Todo tipo de fallas a tierra en el lado de 500 kV y fallas 3F-0, 1F-0 y 2FT-0 en el lado de 220 kV del transformador de la S/E Nueva Pan de Azúcar, en donde operan las protecciones 21/21N Polpaico→Nueva Pan de Azúcar.
- Fallas 3F-0 y 1F-0 en el lado de 500 kV y 2FT-0 en el lado de 220 kV del transformador T1 de la S/E Polpaico, en donde operan las protecciones 21/21N Nueva Pan de Azúcar→Polpaico.
- Fallas 1F-25 en el lado de 500 kV y 1F-0 en el lado de 220 kV del transformador T1 de la S/E Polpaico, en donde operan las protecciones 67N Nueva Pan de Azúcar→Polpaico.

- Fallas 2FT-0 en el lado de 500 kV del transformador T1 de la S/E Polpaico, en donde operan las protecciones 21N Polpaico→Nueva Pan de Azúcar y 21N Nueva Maitencillo→Nueva Pan de Azúcar.

Cabe señalar que se detectan **insuficientes pasos de coordinación** para numerosas y diversas fallas a lo largo de todas las líneas analizadas y en la mayoría de los transformadores analizados, que involucran tanto a las protecciones del circuito o transformadores paralelos al circuito o transformador fallado, como a protecciones de otras líneas y transformadores.

b) Bajo nivel de cortocircuito:

Se producen **descoordinaciones principales** en líneas, que involucran a las protecciones del circuito paralelo al circuito fallado. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Falla 1F-25 al 95% del circuito 1 de la línea Kimal – Los Changos, en donde operan al mismo tiempo la protección 21N del circuito 1 de la línea mencionada, en el extremo Kimal, y la protección 21N del circuito 2 en el extremo Los Changos.
- Fallas 1F-25 al 5% del circuito 2 de la línea Los Changos - Cumbre, en donde operan al mismo tiempo la protección 21N del circuito 1 de la línea mencionada, en ambos extremos, y la protección 21N del circuito 2 en el extremo Cumbres.
- Fallas 2FT-0 al 5% y fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 al 95% del circuito 1 de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en donde operan al mismo tiempo la protección 21N del circuito 1 de la línea mencionada, en el extremo Nueva Pan de Azúcar, y la protección 21N del circuito 2 en el extremo Polpaico.

Se producen **descoordinaciones principales** en líneas, que involucran a las protecciones de una línea adyacente a la línea fallada. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 al 5% del circuito 1 de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, en donde la protección 21N del circuito 1 de la línea Nueva Cardones – Nueva Maitencillo, en el extremo Nueva Cardones, opera antes que las protecciones locales del circuito fallado
- Fallas 1F-0 y 2FT-0 al 95% del circuito 1 de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, donde operan al mismo tiempo la protección 21N del circuito 1 de la línea mencionada y las protecciones 21N del circuito 1 y 2 de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en el extremo Polpaico.

Se producen **descoordinaciones principales** en transformadores, que involucran a las protecciones del transformador paralelo al transformador fallado. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Fallas 2FT-0 en el lado de 220 kV del transformador T1 de la S/E Kimal, en donde opera la protección de sobrecorriente del lado de 220 kV del transformador T2 antes que las protecciones locales del transformador fallado.
- Fallas 1F-0 y 2FT-0 en los lados de 220 kV y 500 kV del transformador T3 de la S/E Los Changos, en donde las protecciones de sobrecorriente de los transformadores T1 y T2 operan al mismo tiempo que las protecciones de sobrecorriente del T3.

Se producen **descoordinaciones principales** en transformadores que involucran protecciones de líneas. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Fallas 3F-0, 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 en el lado de 500 kV del transformador T1 de la S/E Kimal, en donde operan la protección 21 del circuito 1 de la línea Los Changos – Kimal en el extremo Los Changos para las fallas 3F-0 y 2FT-0, y la protección 21N de la línea mencionada para las fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0.
- Fallas 1F-0 y 2FT-0 en el lado de 220 kV del transformador de la S/E Cumbres, en donde la protección 21NS2 del circuito 2 de la línea Cumbre – Nueva Cardones opera antes que las protecciones locales del transformador.
- Fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Cumbres. Para fallas 2FT-0 operan las protecciones 21NS1 del segundo circuito de la línea Cumbres – Nueva Cardones, en el extremo Nueva Cardones y las protecciones 21S1 y 21S2 de ambos circuitos de la línea Changos – Cumbres, en el extremo Changos. Para fallas 1F-0 y 1F-25 opera la protección 21NS2 del segundo circuito de la línea Cumbre – Nueva Cardones, en el extremo Cumbres.
- Fallas 1F-0 Y 1F-25 en el lado de 220 kV del transformador de la S/E Nueva Cardones. Para fallas 1F-0 operan la protección 21N del circuito 1 de la línea Nueva Cardones – Nueva Maitencillo, extremo Nueva Maitencillo, y la protección 21 del circuito 2 de la línea Cumbre – Nueva Cardones, extremo Cumbres, mientras que para la falla 1F-25 opera la protección 67N del circuito 1 de la línea Nueva Cardones – Nueva Maitencillo, extremo Nueva Maitencillo.
- Fallas 3F-0, 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Nueva Cardones. Para fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0, opera las protecciones 21NS1 y 21NS2 del segundo circuito de la línea Cumbre – Nueva Cardones, extremo Cumbres, y en particular para la falla 2FT-0 también opera la protección 21 del circuito 1 de la línea Nueva Cardones - Nueva Maitencillo, extremo Nueva Maitencillo. Para la falla 3F-0, operan las protecciones 21S1 y 21S2 del segundo circuito de la línea Cumbre – Nueva Cardones, extremo Cumbres, y la protección 21 del primer circuito de la línea Nueva Cardones – Nueva Maitencillo, extremo Nueva Maitencillo.
- Fallas 1F-0, 2FT-0 y 1F-25 en el lado de 220 kV del transformador de la S/E Nueva Maitencillo. Para fallas 1F-0 y 2FT-0 operan la protección 21N del circuito 1 de la línea Nueva Cardones – Nueva Maitencillo, extremo Nueva Maitencillo, y para la falla 1F-25 opera la protección 67N del circuito 1 de la línea Nueva Cardones – Nueva Maitencillo, extremo Nueva Cardones.
- Fallas 3F-0, 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Nueva Maitencillo. En cuanto a las protecciones de línea, se observa que operan las protecciones 21 para falla 3F-0, y 21N para fallas 1F-0 y 1F-25, del primer circuito de la línea Nueva Cardones – Nueva Maitencillo, en el extremo Nueva Cardones. Por su parte, también opera las protecciones 21 para fallas 3F-0, 1F-25 y 2FT-0, y 21N para fallas 1F-0 y 2FT-0, de ambos circuitos de la línea Nueva Maitencillo - Nueva Pan de Azúcar, en el extremo Nueva Pan de Azúcar.
- Fallas 2FT-0 en el lado de 220 kV del transformador de la S/E Nueva Pan de Azúcar, en donde operan las protecciones 21N de ambos circuitos de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en el extremo Nueva Pan de Azúcar.
- Fallas 3F-0, 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 en el lado de 500 kV del transformador de la S/E Nueva Pan de Azúcar. Para la falla 3F-0, opera la protección 21 de ambos circuitos de la línea Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, extremo Nueva Maitencillo, mientras que para falla 2FT-0

opera la protección 21N de ambos circuitos de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, extremo Nueva Pan de Azúcar. Por su parte, para fallas 1F-0 y 1F-25, operan las protecciones 21N de ambos circuitos de las líneas Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar, extremo Nueva Maitencillo, y Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, extremo Nueva Pan de Azúcar.

Se producen **descoordinaciones principales** en transformadores que involucran tanto protecciones de transformadores en paralelo como protecciones de líneas. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Fallas 3F-0, 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 en el lado de 220 kV del transformador T1 de la S/E Polpaico. En cuanto a protecciones de transformadores en paralelo, para todas las fallas mencionadas opera la protección de sobrecorriente del lado de 500 kV del transformador T2 de Polpaico, mientras que para fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 opera la protección de sobrecorriente del lado de 220 kV del transformador T2 de Polpaico. Por su parte, en cuanto a protecciones de línea, operan las protecciones 21 y 21N, para fallas 3F-0 y 1F-0 respectivamente, del primer circuito de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, extremo Polpaico. Estas protecciones también operan para falla 2FT-0, junto con las protecciones 67N de la línea mencionada, pero en el extremo Nueva Pan de Azúcar.
- Fallas 3F-0, 1F-0, 1F-25 y 2FT-0 en el lado de 500 kV del transformador T1 de la S/E Polpaico. En cuanto a protecciones de transformadores en paralelo, para todas las fallas mencionadas opera la protección de sobrecorriente del lado de 500 kV del transformador T2 de Polpaico, mientras que para fallas 1F-0 y 2FT-0 operan las protecciones de sobrecorriente del lado de 220 kV del transformador T2 de Polpaico. Por su parte, en cuanto a protecciones de línea, operan las protecciones 21, 21N y 67N para fallas 3F-0, 1F-0 y 1F-25 respectivamente, de ambos circuitos de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en el extremo Nueva Pan de Azúcar. Finalmente, para 2FT-0 operan las protecciones 21N de ambos circuitos de la línea Nueva Pan de Azúcar – Polpaico, en el extremo Polpaico.

Cabe señalar que además se detectan **insuficientes pasos de coordinación** para numerosas y diversas fallas a lo largo de todas las líneas y en la mayoría de los transformadores analizados, que involucran tanto a las protecciones de un circuito paralelo al circuito fallado o de un transformador paralelo al transformador fallado.

5 Comentarios y Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en los estudios desarrollados se puede concluir lo siguiente:

- Se producen descoordinaciones principales para fallas en líneas, esencialmente fallas 1F-0, 1F-25 y 2FT-0, que involucran a las protecciones del circuito paralelo al circuito fallado, a protecciones de otras líneas y/o a protecciones de transformadores adyacentes a la línea fallada. La mayor parte de este tipo de descoordinaciones se producen en el escenario de alto nivel de cortocircuito con todos los circuitos del sistema de 500 kV en servicio.
- Se producen descoordinaciones principales para fallas internas en transformadores, para todos los tipos de falla analizados, que involucran a las protecciones de los transformadores paralelos al equipo fallado y/o a protecciones de líneas. Estas descoordinaciones ocurren tanto en el escenario de bajo nivel de cortocircuito como en el de alto nivel de cortocircuito.
- Se detectan insuficientes pasos de coordinación para numerosas y diversas fallas a lo largo de todas las líneas analizadas y en la mayoría de los transformadores analizados, que involucran tanto a las protecciones del circuito o transformadores paralelos al circuito o transformador fallado, como a protecciones de otras líneas y transformadores.

En conformidad con lo anterior, se recomienda efectuar un Estudio de Coordinación y Ajustes de Protecciones para las instalaciones del sistema de 500 kV analizado, que posibilite la adecuada coordinación de sus sistemas de protecciones, en particular considerando:

- La posibilidad de inhabilitar las primeras zonas de las protecciones de distancia de las líneas de 500 kV, tomando en cuenta que cuando se encuentran operativos los bancos de condensadores serie estas zonas pueden operar indeseablemente, como se verifica en el escenario de alto nivel de cortocircuito analizado, en el cual gran parte de las descoordinaciones encontradas se deben a que dichas primeras zonas operan para fallas en el circuito paralelo o en una línea o transformador adyacente.
- La posibilidad de habilitar elementos de sobrecorriente de tiempo inverso en las protecciones de los transformadores de 500/220 kV de la S/E Polpaico, lo que podría evitar las descoordinaciones que se producen para todo tipo de fallas internas en ambos lados de dichos transformadores. Asimismo, se recomienda revisar los ajustes de sobrecorriente de tiempo inverso y tiempo definido del resto de los transformadores.

Como acotación final, es necesario señalar que el sistema eléctrico analizado en este estudio, posee además de los sistemas de protecciones considerados, un conjunto principal de funciones de protección unitarias (no coordinables con otros sistemas de protección: 87L, 87T, 87B, 50BF y teleprotecciones) que permitirían detectar y despejar fallas locales, por lo cual las recomendaciones y conclusiones de este estudio se deben considerar en este contexto, no obstante, y de acuerdo a los resultados obtenidos es conveniente evaluar la necesidad y pertinencia de eventuales modificaciones a los ajustes de las funciones de protecciones estudiadas.

6 Anexos

Documento: “Anexo EVCP 2020.xlsx”, de **Resultados Estudio de Verificación de Coordinación de Protecciones Sistema 500 kV Norte**, en formato Excel.