



ESTUDIO DE COORDINACIÓN Y AJUSTES DE PROTECCIONES

ECAP N°037/2024

PROYECTO:

**S/E CACHAPOAL
REEMPLAZO PROTECCIONES PAÑOS BT1, BT2, B5, B4, B3, BR,
CT1, CT2, NUEVOS TTCC PAÑOS BT1, BT2, TTPP BARRA 66 KV**

NUP 4281

REVISIÓN A

MAYO 2024

Este documento fue preparado para CGE Transmisión por Harris & Fuentes Ltda.

Rev.	Fecha	Comentario	Realizó	Revisó	Aprobó
A	30-05-2024	Documento emitido para revisión	AHB	PFC	

Contenido

1. INTRODUCCION	5
2. OBJETIVO.....	10
3. MODELACIÓN DIGSILENT ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	11
4. PARAMETROS DEL SISTEMA.....	12
4.1 Líneas 66 kV del área de influencia.....	12
4.2 Datos de Transformadores	13
4.3 Transformadores de corriente para nuevas protecciones	15
4.4 Transformadores de potencial lado 66 kV para relés SEL 311C y SEL 311L.....	15
4.5 Ajustes actuales de protecciones analizadas en este estudio	16
5. TOPOLOGÍAS - RUTAS DE ANÁLISIS - INSTALACIONES A VERIFICAR	17
5.1 Definición de Topologías de Operación.....	17
5.2 Tipos de fallas para verificar coordinación	21
5.3 Instalaciones analizadas.....	21
5.4 Rutas de verificación para los escenarios propuestos	23
6. AJUSTES PROPUESTOS PARA NUEVAS PROTECCIONES ASOCIADAS AL TRANSFORMADOR N°1.....	46
6.1 S/E Cachapoal- Paño BT1- Relé SEL 311L Funciones 21T/21NT	47
6.2 S/E Cachapoal - Paño BT1 Relé SEL 311L Funciones 51/50/51N/50N Relé SEL 387 (W1 y W3) Funciones 51/50/51N/50N/51G	51
6.3 S/E Cachapoal Transformador T1 Relé SEL 387 Función 87T	56
6.4 S/E Cachapoal - Paño CT1 Relés SEL 387 (W2) y SEL 351A Funciones 51/50TD/51N.....	63
6.5 S/E Cachapoal - Paño CT1 - Relés 351A y SEL 387(W2) Función 50BF	67
7. AJUSTES PROPUESTOS PARA NUEVAS PROTECCIONES ASOCIADAS AL TRANSFORMADOR N°2.....	69
7.1 S/E Cachapoal - Paño BT2- Relé SEL 311L Funciones 21T/21NT	70
7.2 S/E Cachapoal - Paño BT2 Relé SEL 311L Funciones 51/50/51N/50N Relé SEL 387 (W1 y W3) Funciones 51/50/51N/50N/51G	74
7.3 S/E Cachapoal Transformador T2 Relé SEL 387 Función 87T	79
7.4 S/E Cachapoal - Paño CT2 Relés SEL 387 (W2) y SEL 351A Funciones 51/50TD/51N.....	86
7.5 S/E Cachapoal - Paño CT2 - Relés 351A y SEL 387(W2) Función 50BF	90
8. AJUSTES PROTECCIONES ASOCIADOS A PAÑOS 66 KV B3, B4, B5 Y BR	92
8.1 S/E Cachapoal - Paño B3 - Relé 351A Paño Interconexión Barra 66 kV con Barra Transformación	92
8.2 S/E Cachapoal - Paño B4 - Relés SEL 311C y SEL 311L LT 66 kV Cachapoal – Punta de Cortés N°2.....	94
8.2.1 Función de Distancia (21/21N)	101
8.2.2 Funciones de Sobrecorriente direccional de fase y residual (67/67N).....	106
8.2.3 Ecuación de trip sugerida	109
8.2.4 Sobrecorriente de emergencia (50E)	110
8.2.5 Función cierre contra falla (SOTF)	111
8.2.6 Reconexión automática (79).....	112
8.3 S/E Cachapoal - Paño B5 - Relés SEL 311C y SEL 311L LT 66 kV Cachapoal – Punta de Cortés N°1.....	113
8.3.1 Función de Distancia (21/21N)	114
8.3.2 Funciones de Sobrecorriente direccional de fase y residual (67/67N).....	119
8.3.3 Ecuación de trip sugerida	122
8.3.4 Sobrecorriente de emergencia (50E)	123
8.3.5 Función cierre contra falla (SOTF)	124
8.3.6 Reconexión automática (79).....	125
8.4 S/E Cachapoal - Paño BR - Relé SEL 311C Paño Acoplador de Transferencia 66 kV 126	
8.4.1 Grupo N°2 de Ajustes – Paño B2 Transferido LT 66 kV Cachapoal - Machalí....	127

8.4.2	Grupo N°4 de Ajustes – Paño B4 Transferido	Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés.....	130
8.4.3	Grupo N°5 de Ajustes – Paño B5 Transferido	Circuito N°1 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés.....	136
9.	AJUSTES PROPUESTOS PARA PROTECCIONES EXISTENTES		142
9.1	S/E Punta de Cortés - Paño B4 - Relé SEL 311C	Circuito N°1 LT 2x66 kV Punta de Cortés - Cachapoal	142
9.2	S/E Punta de Cortés - Paño B5 - Relé SEL 311C	Circuito N°2 LT 2x66 kV Punta de Cortés - Cachapoal	143
9.3	S/E Cachapoal Unidades de Control	Alimentadores Paños MT	144
9.3.1	S/E Cachapoal – Paño C1 – Unidad de Control SEL 351R	Alimentador El Cobre 146	
9.3.2	S/E Cachapoal – Paño C2 – Unidad de Control SEL 351R	Alimentador Brasil 147	
9.3.3	S/E Cachapoal – Paño C3 – Unidad de Control SEL 351R	Alimentador Astorga 148	
9.3.4	S/E Cachapoal – Paño C4 – Unidad de Control Cooper Power Form 4C	Alimentador Lo Conty	149
9.3.5	S/E Cachapoal – Paño C5 – Unidad de Control SEL 351R	Alimentador El Olivar 150	
9.3.6	S/E Cachapoal – Paño C6 – Unidad de Control SEL 351R	Alimentador Requinoa 151	
9.3.7	S/E Cachapoal – Paño C9 – Unidad de Control Cooper Power Form 4C	Alimentador La Puente Alta	152
9.3.8	S/E Cachapoal – Paño C10 – Unidad de Control Cooper Power Form 4C	Alimentador La Granja	153
10.	CURVAS TIEMPO CORRIENTE DE COORDINACIÓN PROPUESTAS.....		154
11.	CÁLCULO DE NIVELES DE CORTOCIRCUITO		171
12.	VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES		175
13.	MODELACIÓN RELÉS SEL 311C EN BD DigSILENT		177
14.	COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....		178
14.1	Topologías alimentación de S/E Cachapoal desde S/E Punta de Cortés		178
14.2	Topologías alimentación de S/E Cachapoal desde S/E Rancagua.....		180
14.3	Topologías alimentación barra 66 kV de S/E Punta de Cortés desde S/E Rancagua ..		180
15.	CONCLUSIONES.....		181
ANEXO A			182
ANEXO B			183
ANEXO C			184
ANEXO D			185
ANEXO E			189
ANEXO F.....			190

1. INTRODUCCION

El presente informe corresponde al ECAP desarrollado a propósito del proyecto NUP 4281 "S/E Cachapoal - Reemplazo protecciones paños BT1, BT2, B5, B4, B3, BR, CT1, CT2, nuevos TTCC paños BT1, BT2, TTPP barra 66 kV" consiste en el reemplazo de las protecciones asociadas a los paños antes indicados por protecciones digitales de tipo numérica, en la instalación de nuevos TTCC en los paños BT1 y BT2 y la instalación de nuevo TTPP en la barra auxiliar de 66 kV a la que se encuentran conectados los paños BT1 y BT2.

Los esquemas de protecciones que se retiran en S/E Cachapoal, son los siguientes:

- Paño T1 – Relés G.E. BDD
- Paño T2 – Relés G.E. BDD
- Paño CT1 - Relé G.E. IAC51/53
- Paño CT2 - Relé G.E. IAC51/53
- Paño B3 – Relés G.E. IAC52/54
- Paño B4 – Relés G.E. JBC52/JBCG54
- Paño B5 – Relés G.E. JBC52/JBCG54
- Paño BR – Relés G.E. IAC52/B4

Los esquemas de protecciones que se instalan en reemplazo de las anteriores en S/E Cachapoal y que requieren de especificación de ajustes sistémicos, son los siguientes:

Paño BT1 - Relé SEL 311L

Funciones: 21T/21NT/51/50/51N/50N

Paños BT1 - T1 - CT1 Relé SEL 387

Funciones:

- Lado 66kV: 51/50/51N/50N/51G (TC neutro lado 15kV transformador)
- Transformador: 87T
- Lado 15kV: 51/50TD/51N/50BF (52CT1→52BT1)

Paño CT1 Relé SEL 351A

Funciones: 51/50TD/51N/50BF (52CT1→52BT1)

Paño BT2 - Relé SEL 311L

Funciones: 21T/21NT/51/50/51N/50N

Paños BT2 – T2 – CT2 Relé SEL 387

Funciones:

- Lado 66kV: 51/50/51N/50N/51G (TC neutro lado 15kV transformador)
- Transformador: 87T
- Lado 15kV: 51/50TD/51N/50BF (52CT2→52BT2)

Paño CT2 Relé SEL 351A

Funciones: 51/50TD/51N/50BF (52CT2→52BT2)

Paño B3 Relé SEL 351A

Funciones: no consideradas en esta etapa del proyecto (ver motivos en sección 8.1).

Paño B4 Relés SEL 311C y SEL 311L

Funciones: 21/21N/67/67N/SOTF/51E/51NE/79

Paño B5 Relés SEL 311C y SEL 311L

Funciones: 21/21N/67/67N/SOTF/51E/51NE/79

Paño BR Relé SEL 311C

Funciones: 21/21N/50/67/67N/SOTF/51E/51NE/79

Considerando que la condición normal de operación de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal es, con ambos circuitos conectados en paralelo y alimentados radialmente desde S/E Punta de Cortés, este estudio considera que parte de los ajustes que se proponen para las nuevas protecciones de los paños B4 y B5 de S/E Cachapoal (que detectarán fallas en dirección hacia Punta de Cortés) estén condicionados por la detección de flujo de inverso de corriente (dirección Cachapoal) en el circuito sin falla, cuando la falla se presente en el circuito contrario.

Los ajustes condicionales tienen como propósito acelerar el disparo de la segunda zona de la función de distancia incluyendo además un elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido. Todo lo anterior con el objetivo de despejar de la manera más rápida posible el extremo Cachapoal del circuito en falla obteniéndose coordinación plena de las protecciones involucradas, condición que no es posible conseguir con las actuales protecciones de tipo electromecánicas instaladas en los paños B4 y B5 de S/E Cachapoal.

CAMBIOS DE AJUSTES EN PROTECCIONES ACTUALES

Se propones realizar modificaciones en los ajustes de protecciones instaladas en los siguientes paños, por los motivos que se indican:

a) Relés SEL 311C - Paños B4 y B5 de S/E Punta de Cortés

Actualmente, para fallas francas bifásicas a tierra y monofásicas a tierra, la primera zona de la característica cuadrilateral residual de la función de distancia alcanza la barra 66 kV de S/E Cachapoal con tiempo de operación instantáneo, provocando por lo tanto falta de coordinación con las protecciones actuales y proyectadas de los paños 66 kV en la citada subestación.

Lo anterior es motivado por un ajuste del factor de compensación de secuencia cero que no corresponde a las características de la línea.

Para corregir esta condición se propone modificar el factor de compensación de secuencia cero (k_0) de la primera zona adaptándolo al valor calculado para los circuitos N°1 y N°2 de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal.

b) Unidades de control SEL 351R y Cooper Power Form 4C instalados en cabeceras MT de S/E Cachapoal

Con el propósito de obtener plena coordinación con las nuevas protecciones de los paños CT1 y CT2 o normalizar los ajustes a los criterios actuales establecidos por CGET, para los paños de cabecera de media tensión de los alimentadores de S/E Cachapoal, cuando corresponda, se proponen las siguientes modificaciones, las que se detallan por cabecera en la sección correspondiente:

- Se modifica multiplicador de tiempo del elemento de sobrecorriente residual de tiempo inverso en unidades de control SEL 351R.
- Se modifica multiplicador de tiempo del elemento de sobrecorriente residual de tiempo inverso en la función Cold Load Pickup en unidades de control SEL 351R.
- Se elimina la emulación de reset electromecánico para las curvas tiempo corriente en las unidades de control SEL 351R.
- Se elimina la reconexión automática por operación de la función SEF (Sensitive Earth Fault) en las unidades de control Cooper Power Form 4C.
- Se modifica pickup y tiempo de operación de la función SEF.
- Se incluye activación de la función SEF para grupo alternativo de ajustes en unidades de control SEL 351R.
- Se habilita operación de elemento de sobrecorriente instantánea de fases para la segunda operación en unidades de control Cooper Power Form 4C.

En el estudio se verifica la adecuada coordinación de los ajustes que se proponen para las nuevas protecciones con los relés de los paños que se indican a continuación, para los escenarios e instalaciones que se detallarán en el capítulo 5 del presente documento:

- S/E Rancagua Paños BT4, B5 y B6
- S/E Punta de Cortés Paños BT1, BT2, BT3, B4 y B5
- S/E Alameda Paño B3
- S/E Cachapoal Paños B4, B5, BT1, BT2, CT1, CT2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C9 y C10

La siguiente tabla muestra los esquemas de protecciones que participan en la verificación de coordinación del presente estudio.

Se resaltan los relés que presentan modificación de sus ajustes, los equipos que se retiran y los nuevos esquemas de protecciones que se habilitan con ocasión del proyecto:

Quien Desarrolla	SE	Paño	Sistema (S1-S2-S3-etc)	Relé (Marca)	Relé (Modelo)	ID INFOTÉCNICA	Nombre ID (INFOTÉCNICA)	Función	Ajustes Modificados (sí/no)
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	AT4-BT4	S1	SEL	387	2571	SP S/E RANCAGUA AT4-S1	87/51/50/51N/50N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	BT4	Principal	SEL	311C	2329	SP S/E RANCAGUA BT4	21/21N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	B5	S1	MCOM	P543	25957	SP S/E RANCAGUA B5-S1	87L/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	B5	S2	SEL	311C	722	SP S/E RANCAGUA B5-S2	21/21N/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	B5	S3	SEL	351A	No tiene	No tiene	51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	B6	S1	MCOM	P543	25958	SP S/E RANCAGUA B6-S1	87L/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	B6	S2	SEL	311C	723	SP S/E RANCAGUA B6-S2	21/21N/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	A9-BT1	S2	G.E.	T60	19338	SP S/E PUNTA DE CORTES A9-S2	87/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	A12-BT2	S2	G.E.	T60	19342	SP S/E PUNTA DE CORTES A12-S2	87/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	A15-BT3	S2	G.E.	T60	19346	SP S/E PUNTA DE CORTES A15-S2	87/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	BT1	S1	SEL	311C	520	SP S/E PUNTA DE CORTES BT1	21/21N/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	BT2	S1	SEL	311C	516	SP S/E PUNTA DE CORTES BT2	21/21N/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	BT3	S1	SEL	311C	12003	SP S/E PUNTA DE CORTES BT3	21/21N/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	B2	S1	SEL	311C	521	SP S/E PUNTA DE CORTES B2	21/21N/51/50N	No
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	B4	Principal	SEL	311C	515	SP S/E PUNTA DE CORTES B4	21/21N/51/67N	Si
Harris Fuentes Ltda	Punta de Cortés	B5	Principal	SEL	311C	519	SP S/E PUNTA DE CORTES B5	21/21N/51/67N	Si
Harris Fuentes Ltda	Alameda	B3	S1	MCOM	P443	23886	SP S/E ALAMEDA B3-S1	21/21N/67/67N	No
Harris Fuentes Ltda	Alameda	B3	S2	MCOM	P437	23887	SP S/E ALAMEDA B3-S2	21/21N/67/67N	No
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	B3	S1	SEL	351A	26247	SP S/E CACHAPOAL B3-S1	Sin ajustes	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	B4	Principal	GE	JBC/JBCG	238	SP S/E CACHAPOAL B4	67/67N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	B4	S1	SEL	311C	26237	SP S/E CACHAPOAL B4-S1	21/21N/67/67N	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	B4	S2	SEL	311L	26238	SP S/E CACHAPOAL B4-S2	21/21N/67/67N	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	B5	Principal	GE	JBC/JBCG	234	SP S/E CACHAPOAL B5	67/67N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	B5	S1	SEL	311C	26239	SP S/E CACHAPOAL B5-S1	21/21N/67/67N	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	B5	S2	SEL	311L	26240	SP S/E CACHAPOAL B5-S2	21/21N/67/67N	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BR	Principal	GE	IAC	237	SP S/E CACHAPOAL BR	51/51N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BR	S1	SEL	311C	26236	SP S/E CACHAPOAL BR-S1	21/21N/51/67/67N	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BT1	S1	GE	BDD	2398	SP S/E CACHAPOAL BT1-S1	87	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BT1(en paño B3)	S2	GE	IAC	2397	SP S/E CACHAPOAL BT1-S2	51/50/51N/50N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BT1	S1	SEL	387	26241	SP S/E CACHAPOAL BT1-S1	87/51/50/51N/50N/51G/50BF	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BT1	S2	SEL	311L	26242	SP S/E CACHAPOAL BT1-S2	21/21T/51/50/51N/50N	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BT2	S1	GE	BDD	2399	SP S/E CACHAPOAL BT2-S1	87	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BT1(en paño B3)	S2	GE	IAC	19466	SP S/E CACHAPOAL BT2-S2	51/50/51N/50N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BT2	S1	SEL	387	26243	SP S/E CACHAPOAL BT2-S1	87/51/50/51N/50N/51G/50BF	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	BT2	S2	SEL	311L	26244	SP S/E CACHAPOAL BT2-S2	21/21T/51/50/51N/50N	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	CT1	Principal	GE	IAC	236	SP S/E CACHAPOAL CT1	51/51N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	CT1	S1	SEL	351A	26245	SP S/E CACHAPOAL CT1-S1	51/50/51N/50BF	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	CT2	Principal	GE	IAC	235	SP S/E CACHAPOAL CT2	51/51N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	CT2	S1	SEL	351A	26246	SP S/E CACHAPOAL CT2-S1	51/50/51N/50BF	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	C1	Principal	SEL	351R	No tiene	No tiene	51/50/51N/SEF/79	Si
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	C2	Principal	SEL	351R	No tiene	No tiene	51/50/51N/SEF/79	Si
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	C3	Principal	SEL	351R	No tiene	No tiene	51/50/51N/SEF/79	Si
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	C4	Principal	C. Power	Form 4C	No tiene	No tiene	51/50/51N/SEF/79	Si
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	C5	Principal	SEL	351R	No tiene	No tiene	51/50/51N/SEF/79	Si
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	C6	Principal	SEL	351R	No tiene	No tiene	51/50/51N/SEF/79	Si
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	C9	Principal	C. Power	Form 4C	No tiene	No tiene	51/50/51N/SEF/79	Si
Harris Fuentes Ltda	Cachapoal	C10	Principal	C. Power	Form 4C	No tiene	No tiene	51/50/51N/SEF/79	Si

2. OBJETIVO

El objetivo de este informe es mostrar el Estudio de Coordinación y Ajustes de Protecciones que considera el proyecto NUP 4281 “S/E Cachapoal - Reemplazo protecciones paños BT1, BT2, B5, B4, B3, BR, CT1, CT2, nuevos TTCC paños BT1, BT2, TTPP barra 66 kV” consiste en el reemplazo de las protecciones asociadas a los paños antes indicados por protecciones digitales de tipo numérica.

El alcance del estudio es determinar los ajustes a implementar para las nuevas protecciones que se instalan en S/E Cachapoal y verificar que exista adecuada coordinación de las protecciones principales de la instalación en falla con los relés distantes localizados hasta dos niveles de adyacencia.

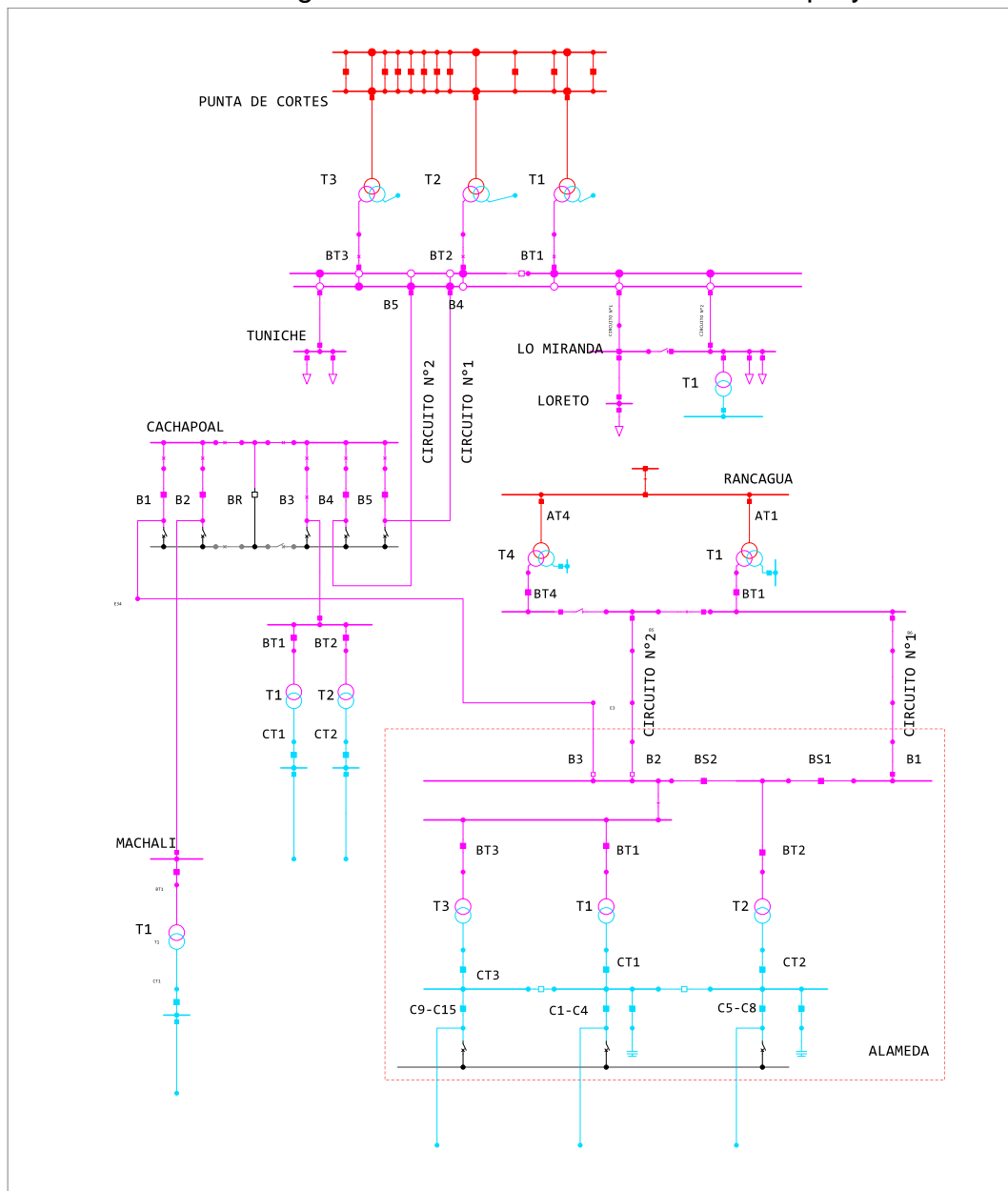
El estudio se desarrolla realizando simulaciones con el software DlgSILENT 2023 SP5, a partir de la base de datos proporcionada por el CEN en su página web. La base de datos utilizadas es (2311-BD-OP-COORD-DMAP), correspondiente a Noviembre de 2023.

3. MODELACIÓN DIGSILENT ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Se presentan las instalaciones modeladas en detalla en la base de datos DlgSILENT para el desarrollo del estudio.

En el anexo E, documento emitido por separado, se presenta el diagrama unilineal funcional del proyecto.

Modelación DlgSILENT de la zona de influencia del proyecto



4. PARAMETROS DEL SISTEMA

Las instalaciones existentes del área de influencia del proyecto fueron modeladas en detalle en la base de datos DIgSILENT, obteniéndose sus parámetros desde la plataforma Infotécnica del CEN, **excepto donde se indica**.

4.1 Líneas 66 kV del área de influencia

Líneas de Transmisión Zonal																	
Línea	Tramo	Id Infotécnica	Nivel Tensión [kV]	Conductor	Longitud Conductor [Km]	R1 [Ohms]	X1 [Ohms]	B1 [μS]	R0 [Ohms]	X0 [Ohms]	B0 [μS]	R1 [Ohms/km]	X1 [Ohms/km]	B1 [μS/km]	R0 [Ohms/km]	X0 [Ohms/km]	B0 [μS/km]
RANCAGUA - ALAMEDA C1 66KV	RANCAGUA - ALAMEDA 66KV C1	363	66	2 x AAAC BUTTE	0.1790	0.018974	0.047614	0.780977	0.044571	0.233595	0.302689	0.10600	0.26600	4.3630	0.24900	1.30500	1.6910
RANCAGUA - ALAMEDA C2 66KV	RANCAGUA - ESTRUCTURA 3 66KV C2	344	66	Cu 3/0 AWG	0.1700	0.036539	0.006339	0.524806	0.028722	0.266822	0.211588	0.21500	0.03730	3.0880	0.16900	1.57000	1.2450
	ESTRUCTURA 3 - ALAMEDA C2	4401	66	2 x AAAC Cairo	0.1300	0.009230	0.033800	0.577460	0.027950	0.180700	0.243230	0.07100	0.26000	4.4420	0.21500	1.39000	1.8710
ALAMEDA - CACHAPOAL	ALAMEDA - ESTRUCTURA N°3	4402	66	2 x AAAC Cairo	0.1300	0.009230	0.033800	0.577460	0.027950	0.180700	0.243230	0.07100	0.26000	4.4420	0.21500	1.39000	1.8710
	ESTRUCTURA 3 - ESTRUCTURA 34 66KV C1	346	66	Cu 3/0 AWG	3.0592	0.657732	1.107438	9.774208	1.095201	4.567415	3.958631	0.21500	0.36200	3.1950	0.35800	1.49300	1.2940
	ESTRUCTURA 34 - CACHAPOAL 66KV C1	345	66	AAAC BUTTE	0.7559	0.160251	0.272881	2.431740	0.266834	1.071870	0.991745	0.21200	0.36100	3.2170	0.35300	1.41800	1.3120
CACHAPOAL - MACHALI 66KV	CACHAPOAL - MACHALI 66KV C1	553	66	AAAC CAIRO	10.7450	1.536535	3.545850	38.252200	3.073070	16.719220	13.667640	0.14300	0.33000	3.5600	0.28600	1.55600	1.2720
PUNTA DE CORTES - CACHAPOAL 66KV	PUNTA DE CORTES - CACHAPOAL 66KV C1	348	66	AAAC BUTTE	8.6900	1.842280	3.241370	27.156250	3.093640	13.234870	14.877280	0.21200	0.37300	3.1250	0.35600	1.52300	1.7120
PUNTA DE CORTES - CACHAPOAL 66KV	PUNTA DE CORTES - CACHAPOAL 66KV C2	668	66	AAAC BUTTE	8.6900	1.842280	3.241370	27.156250	3.093640	13.234870	14.877280	0.21200	0.37300	3.1250	0.35600	1.52300	1.7120
PUNTA DE CORTES - LO MIRANDA 66KV L1	PUNTA DE CORTES - LO MIRANDA 66KV L1 C1	350	66	Cu 2 AWG	5.2430	2.852192	2.091957	15.241401	3.622913	9.238166	6.773956	0.5440	0.3990	2.9070	0.691	1.762	1.2920
	EST. 44 - LO MIRANDA L1 C1	4790	66	AAAC Butte	0.6500	0.137150	0.221000	2.233400	0.232700	1.119300	0.878800	0.2110	0.3400	3.4360	0.358	1.722	1.3520
PUNTA DE CORTES - LO MIRANDA 66KV L2	PUNTA DE CORTES - LO MIRANDA 66KV L2 C1	351	66	AAAC BUTTE	6.0200	1.270220	2.155160	19.378380	2.149140	10.143700	8.205260	0.2110	0.3580	3.2190	0.357	1.685	1.3630
PUNTA DE CORTES - TUNICHE 66KV	PUENTE ALTA - TUNICHE 66KV C1	354	66	AAAC BUTTE	8.0600	1.704690	2.889510	26.161954	2.860494	12.141584	10.785892	0.2115	0.3585	3.2459	0.3549	1.5064	1.3382
	PUNTA DE CORTES - PUENTE ALTA 66KV C1	355	66	Cu 2 AWG	4.7400	2.490870	2.018766	14.415288	3.176748	7.235610	7.093410	0.5255	0.4259	3.0412	0.6702	1.5265	1.4965
LO MIRANDA - LORETO 66KV	LO MIRANDA - LORETO 66KV C1	358	66	AAAC 3/0 AWG	15.2600	6.012440	5.646200	48.069000	8.240400	25.789400	19.685400	0.394	0.37	3.1500	0.54	1.69	1.2900

4.2 Datos de Transformadores

Los parámetros de impedancia del transformador T1, T2 y T3 de S/E Punta de Cortés y de los transformadores T1 y T2 de S/E Cachapoal se encuentran objetados en la plataforma Infotécnica.

Sobre lo anterior, para efectos de la modelación en detalle, se han considerado los siguientes valores:

- Impedancia de secuencia positiva obtenidas de fotos de placa de los equipos.
- Para el caso del T1 de S/E Punta de Cortés, impedancia de secuencia cero obtenida de foto de placa del equipo.
- Para el caso de los transformadores T2 y T3 de S/E Punta de Cortés y los transformadores T1 y T2 de S/E Cachapoal, impedancias de secuencia cero calculadas como el 85% de la impedancia de secuencia positiva, de acuerdo a lo indicado en la guía técnica “Información Técnica del Sistema Eléctrico Nacional, Descripción y Respaldo de Parámetros “ del CEN.

En el Anexo D se presentan extractos de las placas de los transformadores T1, T2 y T3 de S/E Punta de Cortés y de los transformadores T1 y T2 de S/E Cachapoal.

S/E RANCAGUA – TRANSFORMADOR T4

S/E Rancagua Transformador 4 Crompton Greaves 154/69/14,8 kV 45/60/75 MVA YN0yn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica		Modelacion DigSilent		Infotécnica		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-MV	Zps	15,070	75	15,070	75	7,864	75	7,864	75
MV-LV	Zst	3,050	25	3,050	25	4,667	75	1,556	25
HV-LV	Zpt	8,690	25	8,690	25	13,294	75	4,431	25

S/E PUNTA DE CORTÉS – TRANSFORMADOR T1

S/E Punta de Cortés Transformador 1 IEM 154/69/13,8 kV 35/45/56 MVA Y0vn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-MV	Zps	11,080	45	13,788	56	12,330	45	15,344	56
MV-LV	Zst	8,020	45	7,307	41	7,950	45	7,243	41
HV-LV	Zpt	22,880	45	20,846	41	22,360	45	20,372	41

S/E PUNTA DE CORTÉS – TRANSFORMADOR T2

S/E Punta de Cortés Transformador 2 ABB 154/69/14,8 kV 36/48/60 MVA Y0vn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-MV	Zps	7,910	36	13,183	60	6,724	36	11,206	60
MV-LV	Zst	5,070	36	2,817	20	4,310	36	2,394	20
HV-LV	Zpt	14,180	36	7,878	20	12,053	36	6,696	20

S/E PUNTA DE CORTÉS – TRANSFORMADOR T3

S/E Punta de Cortés Transformador 3 SEA 154/69/14,8 kV 60/75 MVA Y0vn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-MV	Zps	9,327	60	11,659	75	7,928	60	9,910	75
MV-LV	Zst	5,718	60	2,383	25	4,860	60	2,025	25
HV-LV	Zpt	15,771	60	6,571	25	13,405	60	5,586	25

S/E CACHAPOAL – TRANSFORMADOR T1

S/E Cachapoal Transformador T1 Tusan 69/15kV 15/20/25 MVA Dyn1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-LV	Zps	10,45	15	10,450	15	8,883	15	8,883	15

S/E CACHAPOAL – TRANSFORMADOR T2

S/E Cachapoal Transformador T2 Tusan 69/15kV 15/20/25 MVA Dyn1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-LV	Zps	10,03	15	10,030	15	8,526	15	8,526	15

4.3 Transformadores de corriente para nuevas protecciones

Se presentan las características de los transformadores de corriente que serán utilizados por los esquemas de protecciones proyectados y su relación de transformación operativa considerada:

Paño sobre el que opera la función del relé	Relé	Función Protección	Relación operativa	Ubicación TT/CC	Denominación TT/CC	Núcleo	Precisión	Burden
B3	SEL 351A	No consideradas en esta etapa	400 /5 A	Paño B3	TCB3	N2	T400	100 VA
B4	SEL 311C	21/21N/67/67N	400 /5 A	Paño B4	TCB4	N2	T400	100 VA
B4	SEL 311L	21/21N/67/67N	400 /5 A	Paño B4	TCB4	N3	T400	100 VA
B5	SEL 311C	21/21N/67/67N	400 /5 A	Paño B5	TCB5	N2	10P20	60 VA
B5	SEL 311L	21/21N/67/67N	400 /5 A	Paño B5	TCB5	N3	10P20	60 VA
BR	SEL 311C	21/21N/67/67N	400 /5 A	Paño BR	TCBR	N2	T400	100 VA

Paño sobre el que opera la función del relé	Relé	Función Protección	Relación operativa	Ubicación TT/CC	Denominación TT/CC	Núcleo	Precisión	Burden
BT1	SEL 311L	21T/21NT 51/50/51N/50N	300 /5 A	Paño BT1	TCBT1-1	N4	10P20	60 VA
BT1	SEL 387	87 51/50/51N/50N	300 /5 A	Paño BT1	TCBT1-1	N3	10P20	60 VA
BT1		51G	1200 /5 A	Bushing neutro X0 Lado 15 kV T1	TCCT1N tb	p20	10P20	30 VA
CT1		87 51/50TD/51N 50BF (a 52BT1)	1600 /5 A	Paño CT1	TCCT1-2	N2	10P20	30 VA
CT1	SEL 351A	51/50TD/51N 50BF (a 52BT1)	1200 /5 A	Paño CT1 (52CT1)	TCCT1-4 t.b.	N1	NI	NI

Paño sobre el que opera la función del relé	Relé	Función Protección	Relación operativa	Ubicación TT/CC	Denominación TT/CC	Núcleo	Precisión	Burden
BT2	SEL 311L	21T/21NT 51/50/51N/50N	300 /5 A	Paño BT2	TCBT2-1	N4	10P20	60 VA
BT2	SEL 387	87 51/50/51N/50N	300 /5 A	Paño BT2	TCBT2-1	N3	10P20	60 VA
BT2		51G	1200 /5 A	Bushing neutro X0 Lado 15 kV T2	TCCT2N tb	p20	10P20	30 VA
CT2		87 51/50TD/51N 50BF (a 52BT2)	1600 /5 A	Paño CT2	TCCT2-2	N2	10P20	30 VA
CT2	SEL 351A	51/50TD/51N 50BF (a 52BT2)	1200 /5 A	Paño CT2 (52CT2)	TCCT2-4 t.b.	N1	NI	NI

4.4 Transformadores de potencial lado 66 kV para relés SEL 311C y SEL 311L

Para los transformadores de potencial lado 66kV se considera la siguiente relación de transformación operativa para ser utilizada por los relés SEL 311L asociados a los paños BT1 y BT2:

$$\text{Relación de transformación } 66/\sqrt{3}:0.110/\sqrt{3} \text{ kV} = \mathbf{600}$$

4.5 Ajustes actuales de protecciones analizadas en este estudio

En el Anexo A, documento que se emite por separado, se presenta en detalle la información con los ajustes actuales de las protecciones analizadas en este estudio.

5. TOPOLOGÍAS - RUTAS DE ANÁLISIS - INSTALACIONES A VERIFICAR

Se realizan verificaciones de coordinación de protecciones para el siguiente escenario base y topologías de operación.

5.1 Definición de Topologías de Operación

Se considera el escenario de demanda alta para día laboral en la base de datos del coordinador y se crean las topologías de acuerdo a las condiciones que se desea analizar.

a) Topologías 1 (TO1_PCT1, TO1_PCT2 y TO1_PCT3)

S/E Cachapoal conectada de manera radial desde S/E Punta de Cortés con los circuitos N°1 y N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal operando en paralelo. La línea 1x66 kV Alameda – Cachapoal abierta en el extremo Alameda. Los transformadores N°1 y N°2 de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

- Topología **TO1_PCT1**: Alimentación desde el transformador N°1 de S/E Punta de Cortés.
- Topología **TO1_PCT2**: Alimentación desde el transformador N°2 de S/E Punta de Cortés.
- Topología **TO1_PCT3**: Alimentación desde el transformador N°3 de S/E Punta de Cortés.

Además, para verificar por operación secuencial la coordinación de las protecciones de los paños B4 y B5 de SS/EE Punta de Cortés y Cachapoal, para fallas en el circuito N°2 de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal, se consideran las siguientes topologías adicionales:

- Topología **TO1_PCT1a**: Topología TO1_PCT1, pero con el extremo Punta de Cortés del circuito N°2 abierto (pañó B5).
- Topología **TO1_PCT2a**: Topología TO1_PCT2, pero con el extremo Punta de Cortés del circuito N°2 abierto (pañó B5).
- Topología **TO1_PCT3a**: Topología TO1_PCT3, pero con el extremo Punta de Cortés del circuito N°2 abierto (pañó B5).

b) Topologías 2 (TO2_PCT1, TO2_PCT2 y TO2_PCT3)

S/E Cachapoal conectada de manera radial desde S/E Punta de Cortés a través del circuito N°1 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal. El circuito N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal se encuentra fuera de servicio, abierto ambos extremos. La línea 1x66 kV Alameda – Cachapoal abierta en el extremo Alameda. Los transformadores N°1 y N°2 de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

- Topología **TO2_PCT1**: Alimentación desde el transformador N°1 de S/E Punta de Cortés.
- Topología **TO2_PCT2**: Alimentación desde el transformador N°2 de S/E Punta de Cortés.
- Topología **TO2_PCT3**: Alimentación desde el transformador N°3 de S/E Punta de Cortés.

c) Topologías 3 (TO3_PCT1, TO3_PCT2 y TO3_PCT3)

S/E Cachapoal conectada de manera radial desde S/E Punta de Cortés a través del circuito N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal. El circuito N°1 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal se encuentra fuera de servicio, abierto ambos extremos. La línea 1x66 kV Alameda – Cachapoal abierta en el extremo Alameda. Los transformadores N°1 y N°2 de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

- Topología **TO3_PCT1**: Alimentación desde el transformador N°1 de S/E Punta de Cortés.
- Topología **TO3_PCT2**: Alimentación desde el transformador N°2 de S/E Punta de Cortés.
- Topología **TO3_PCT3**: Alimentación desde el transformador N°3 de S/E Punta de Cortés.

d) Topología 4 (TO4_ RAT4)

S/E Cachapoal conectada de manera radial desde el transformador N°4 de S/E Rancagua a través del circuito N°1 de la línea 2x66 kV Rancagua - Alameda, estando el circuito N°2 abierto en el extremo de S/E Alameda. La línea 1x66 kV Alameda - Cachapoal cerrada en ambos extremos. Los circuitos N°1 y N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal abiertos en el extremo Cachapoal . Los transformadores de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

e) Topología 5 (TO5_ RAT4)

S/E Cachapoal conectada de manera radial desde el transformador N°4 de S/E Rancagua a través del circuito N°2 de la línea 2x66 kV Rancagua – Alameda. En S/E Alameda se encuentra abierto el interruptor 52BS2 por lo que el circuito N°1 alimenta los consumos del T2 de Alameda. La línea 1x66 kV Alameda - Cachapoal cerrada en ambos extremos. Los circuitos N°1 y N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal abiertos en el extremo Cachapoal . Los transformadores de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

Las siguientes topologías consideran la alimentación bajo condiciones excepcionales, dadas las limitaciones de capacidad de transformación en S/E Rancagua, los consumos de SS/EE Cachapoal y Machalí y los consumos a capacidad restringida del T2 de S/E Lo Miranda, considerando para este último que la transformación 154/66 kV de S/E Punta de Cortés está indisponible y se utiliza solamente el circuito N°2 de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda.

f) Topología 6 (TO6_ RAT4)

S/E Cachapoal y barra 66 kV de S/E Punta de Cortés conectada de manera radial desde el transformador N°4 de S/E Rancagua a través del circuito N°1 de la línea 2x66 kV Rancagua – Alameda, estando el circuito N°2 abierto en el extremo de S/E Alameda. La línea 1x66 kV Alameda - Cachapoal cerrada en ambos extremos. Los circuitos N°1 y N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal cerrados en ambos extremos. La barra 66 kV de S/E Punta de Cortés, por indisponibilidad de su transformación 154/66 kV, alimenta exclusivamente los consumos del circuito N°2 de la línea 2x 66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda. Los transformadores de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

g) Topología 7 (TO7_ RAT4)

S/E Cachapoal y barra 66 kV de S/E Punta de Cortés conectada de manera radial desde el transformador N°4 de S/E Rancagua a través del circuito N°2 de la línea 2x66 kV Rancagua – Alameda. En S/E Alameda se encuentra abierto el interruptor 52BS2 por lo que el circuito N°1 alimenta los consumos del T2 de Alameda. La línea 1x66 kV Alameda - Cachapoal cerrada en ambos extremos. Los circuitos N°1 y N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal cerrados en ambos extremos. La barra 66 kV de S/E Punta de Cortés, por indisponibilidad de su transformación 154/66 kV, alimenta exclusivamente los consumos del circuito N°2 de la línea 2x 66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda. Los transformadores de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

h) Topología 8 (TO8_ RAT4)

S/E Cachapoal y barra 66 kV de S/E Punta de Cortés conectada de manera radial desde el transformador N°4 de S/E Rancagua a través del circuito N°2 de la línea 2x66 kV Rancagua – Alameda. En S/E Alameda se encuentra abierto el interruptor 52BS2 por lo que el circuito N°1 alimenta los consumos del T2 de Alameda. La línea 1x66 kV Alameda - Cachapoal cerrada en ambos extremos. El circuito N°1 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal cerrado en ambos extremos. El circuito N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal abierto en ambos extremos. La barra 66 kV de S/E Punta de Cortés, por indisponibilidad de su transformación 154/66 kV, alimenta exclusivamente los consumos del circuito N°2 de la línea 2x 66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda. Los transformadores de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

i) Topología 9 (TO9_ RAT4)

S/E Cachapoal y barra 66 kV de S/E Punta de Cortés conectada de manera radial desde el transformador N°4 de S/E Rancagua a través del circuito N°2 de la línea 2x66 kV Rancagua – Alameda. En S/E Alameda se encuentra abierto el interruptor 52BS2 por lo que el circuito N°1 alimenta los consumos del T2 de Alameda. La línea 1x66 kV Alameda - Cachapoal cerrada en ambos extremos. El circuito N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal cerrado en ambos extremos. El circuito N°1 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal abierto en ambos extremos. La barra 66 kV de S/E Punta de Cortés, por indisponibilidad de su transformación 154/66 kV, alimenta exclusivamente los consumos del circuito N°2 de la línea 2x 66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda. Los transformadores de S/E Cachapoal operando de forma independiente.

5.2 Tipos de fallas para verificar coordinación

Los siguientes tipos de fallas serán analizados, realizando los cálculos de cortocircuito según el método IEC 60909 (2001), para verificar la coordinación de protecciones:

- Trifásica (3F)
- Bifásica (2F)
- Bifásica a tierra (2FT)
- Bifásica a tierra con resistencia de falla de 25 Ohms (1FTR25)
- Bifásica a tierra con resistencia de falla de 50 Ohms (1FTR50)
- Monofásica (1FT)
- Monofásica con resistencia de falla de 25 Ohms (1FTR25)
- Monofásica con resistencia de falla de 50 Ohms (1FTR50)

5.3 Instalaciones analizadas

Se realizan verificaciones de coordinación de protecciones en las siguientes instalaciones, según topología a analizar:

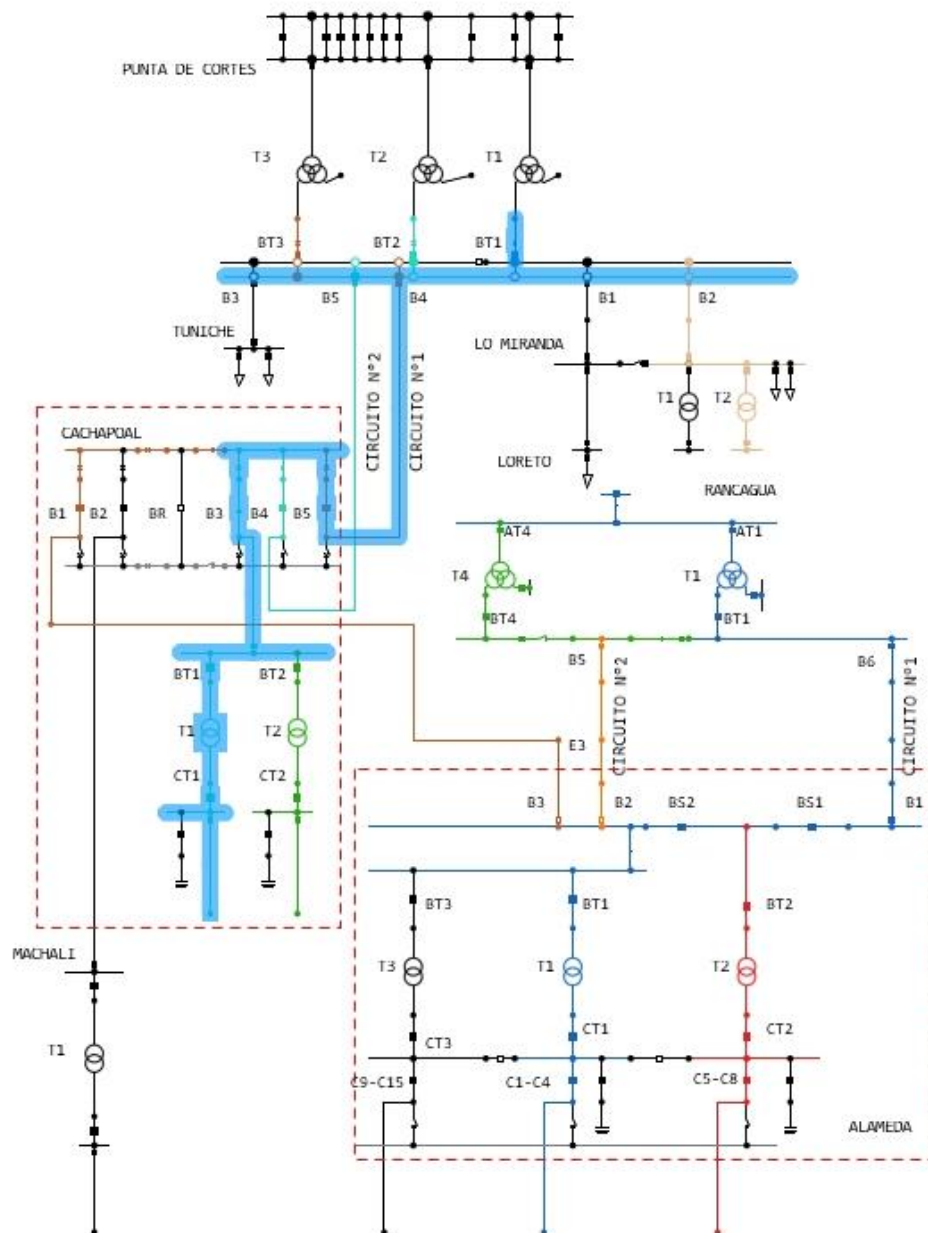
- Línea 2x66 kV Punta de Cortés - Cachapoal al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%.
- Línea 1x66 kV Cachapoal - Alameda al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%.
- Línea 2x66 kV Rancagua – Alameda al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%.
- Circuito N°2 de la línea Punta de Cortés – Lo Miranda al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%.
- Barra 66 kV de S/E Punta de Cortés
- Barra 66 kV de S/E Rancagua
- Barra 66 kV de S/E Lo Miranda

- Barra 66 kV de S/E Alameda
- Barra 66 kV de S/E Cachapoal
- Devanados de alta y media tensión de los transformadores T1 y T2 de S/E Cachapoal
- Barra 15 kV de S/E Cachapoal
- Alimentador 15 kV genérico de S/E Cachapoal, 10 km de extensión, cable de cobre 2/0 AWG, al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%, sobre el cual se modelaron las protecciones de todas las cabeceras con el propósito de realizar análisis simultáneo.

5.4 Rutas de verificación para los escenarios propuestos

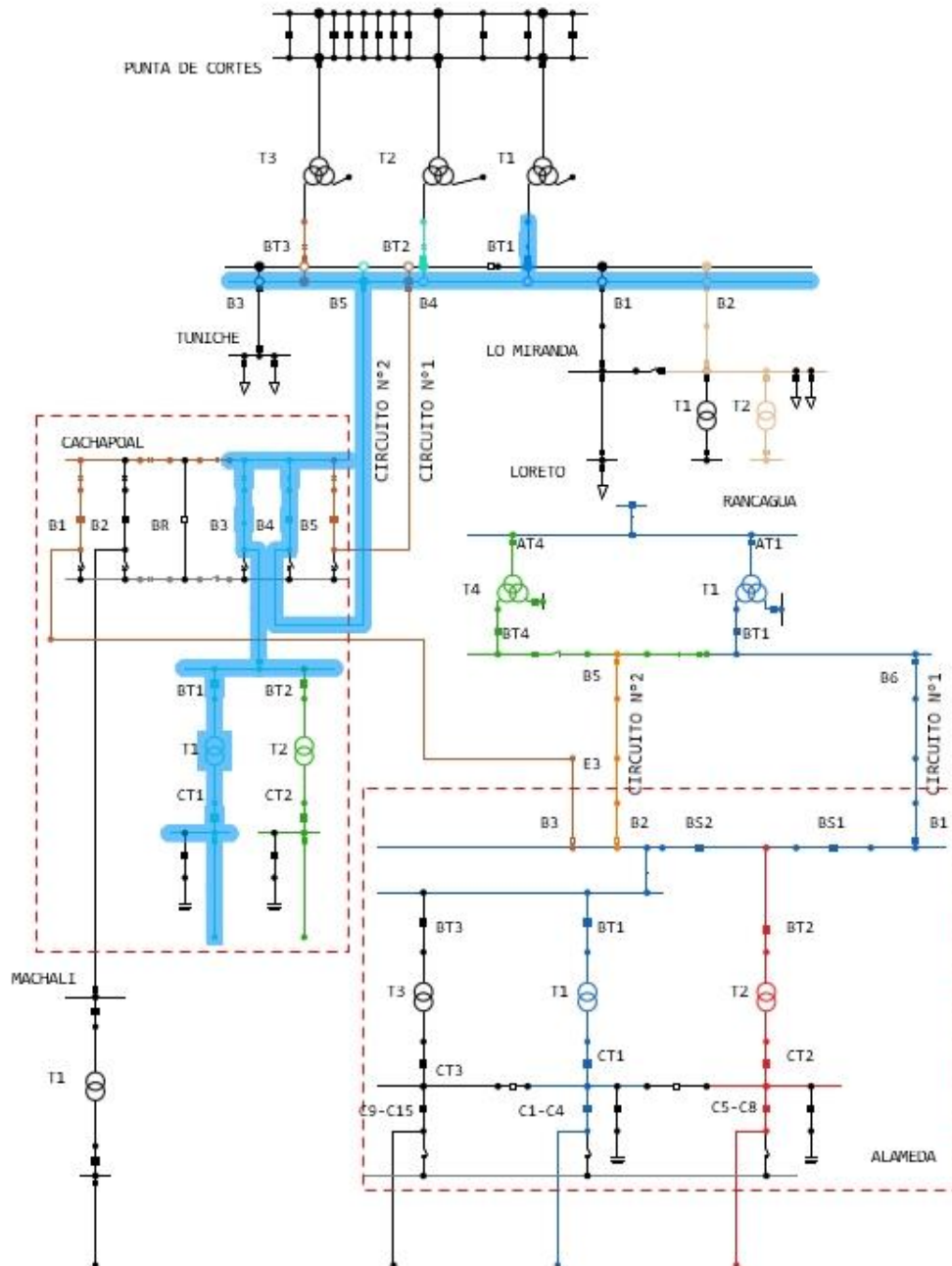
Ruta 1

- S/E Punta de Cortés: BT1 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV – B3 – Barra Transformación 66 kV - BT1 – T1 – CT1 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



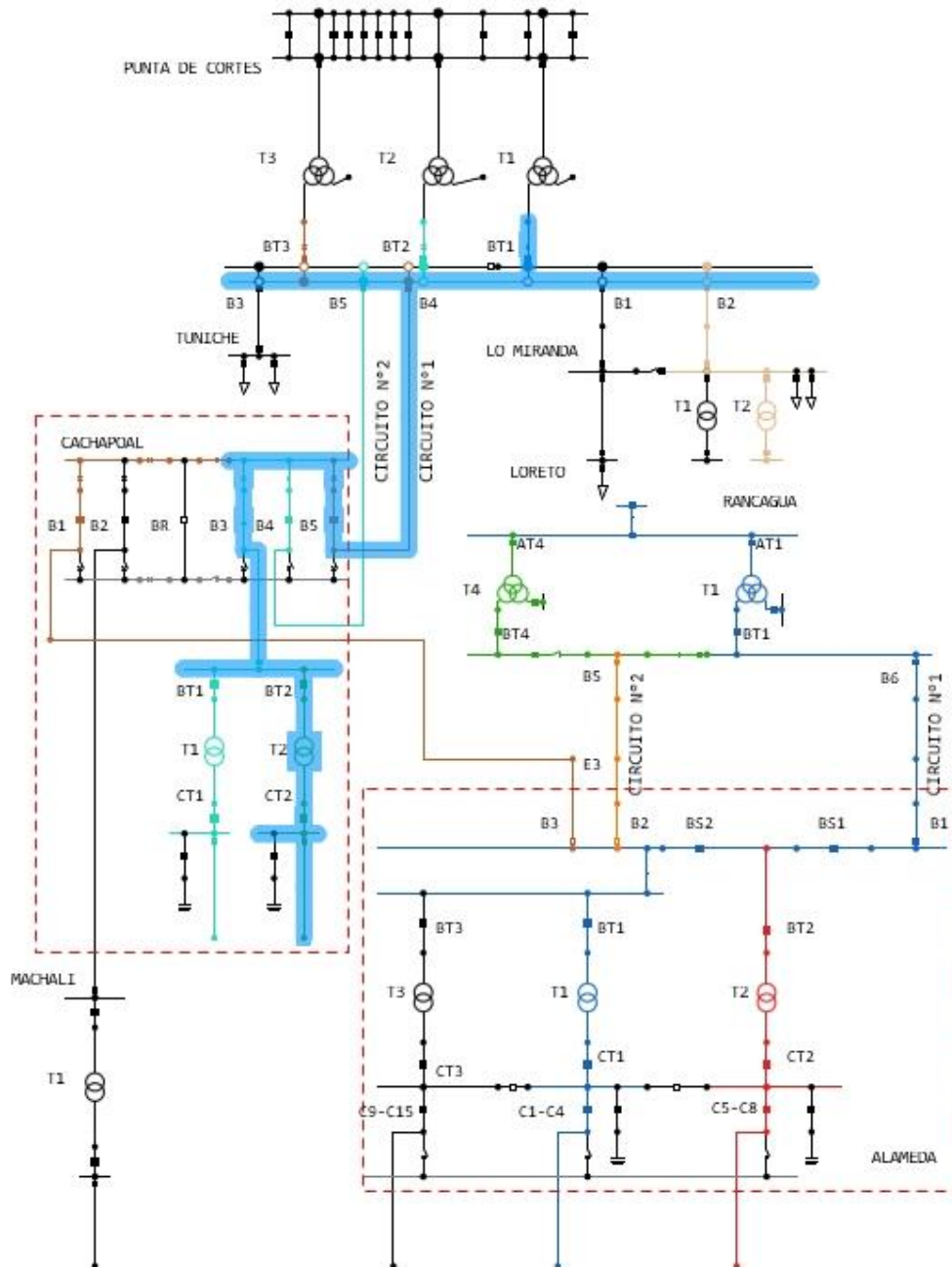
Ruta 2

- S/E Punta de Cortés: BT1 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B4 - Barra 66 kV – B3 – Barra Transformación 66 kV - BT1 – T1 – CT1 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



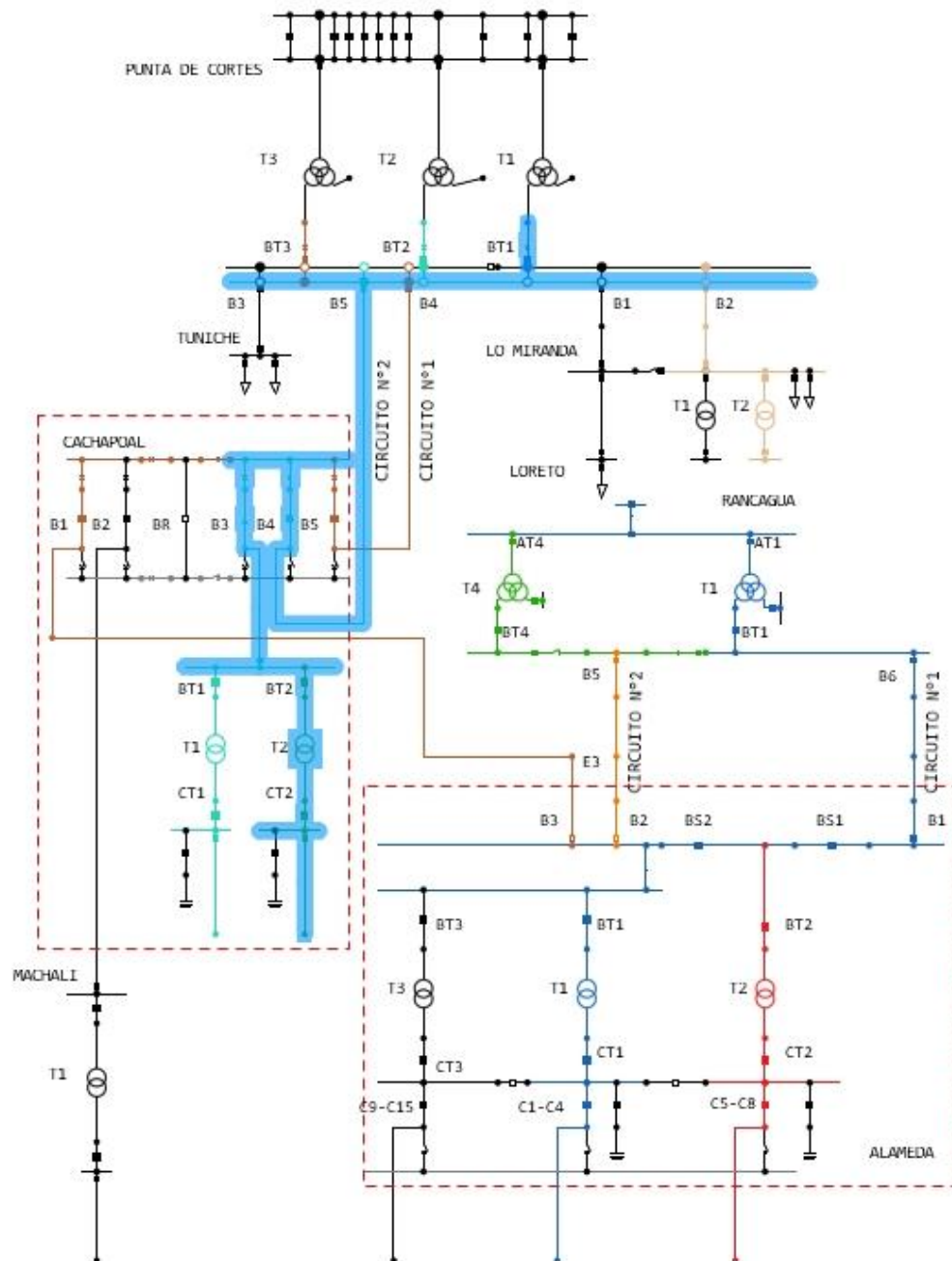
Ruta 3

- S/E Punta de Cortés: BT1 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT2 – T2 – CT2 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



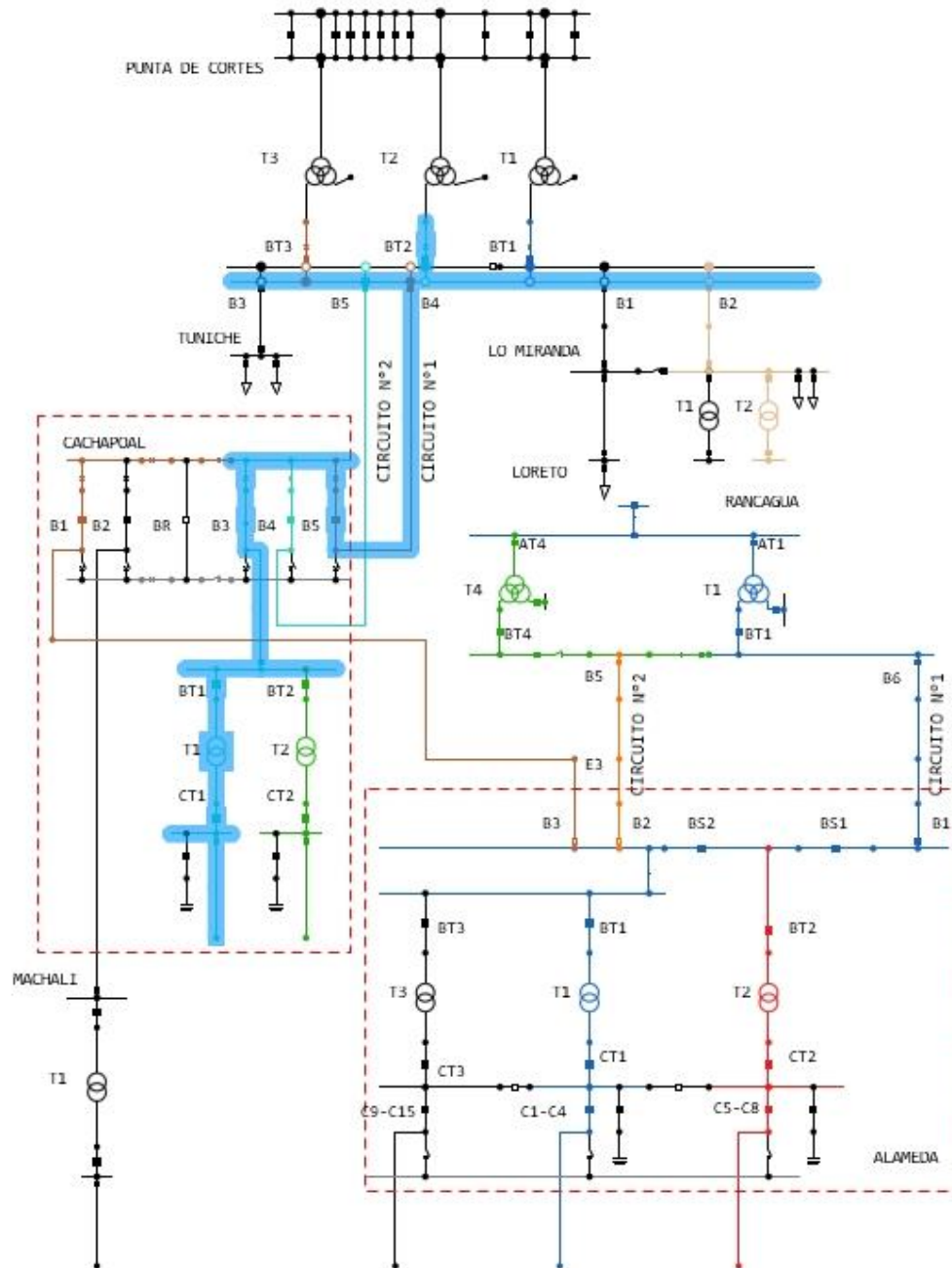
Ruta 4

- S/E Punta de Cortés: BT1 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B4 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT2 – T2 – CT2 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



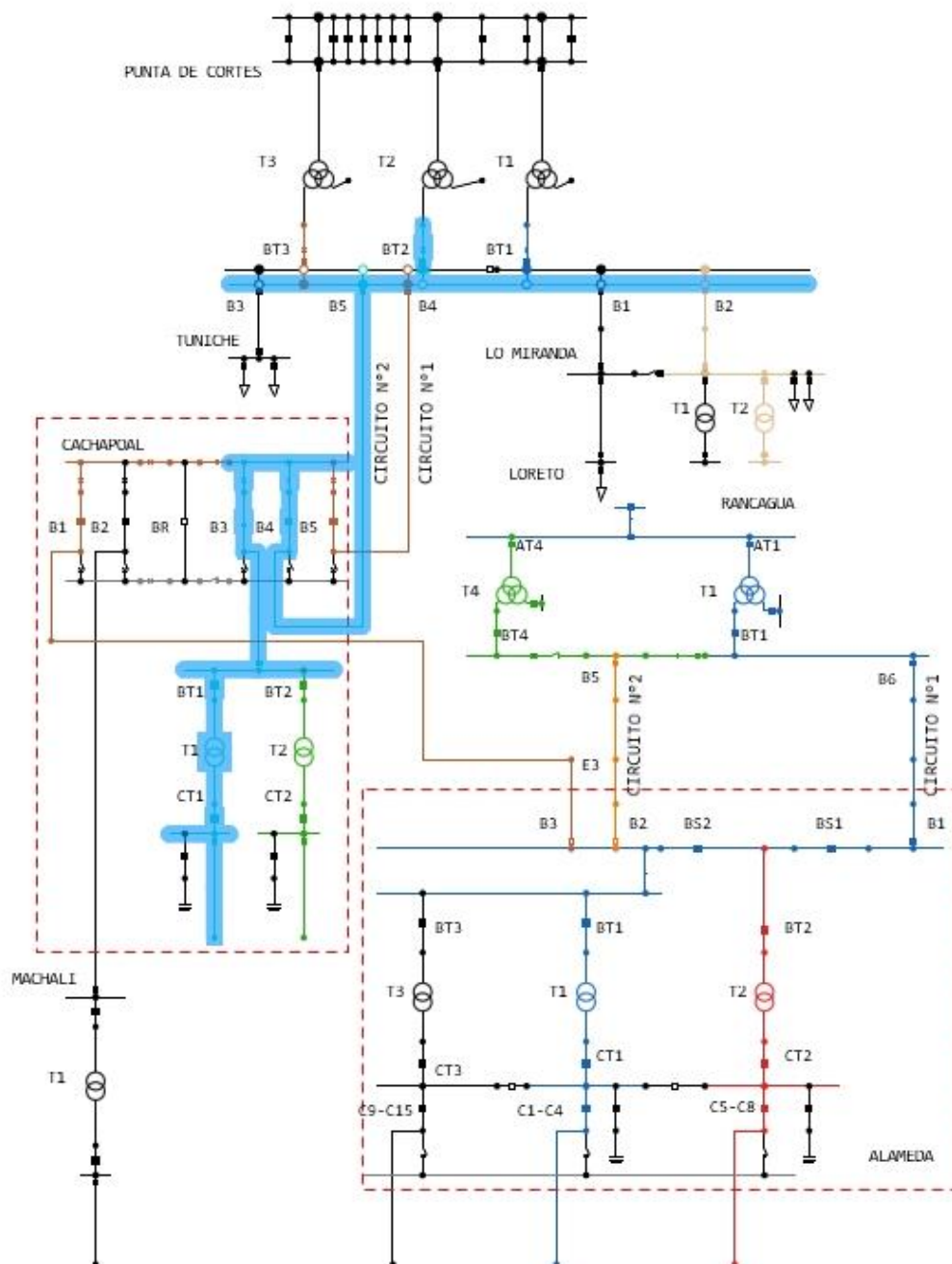
Ruta 5

- S/E Punta de Cortés: BT2 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT1 – T1 – CT1 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



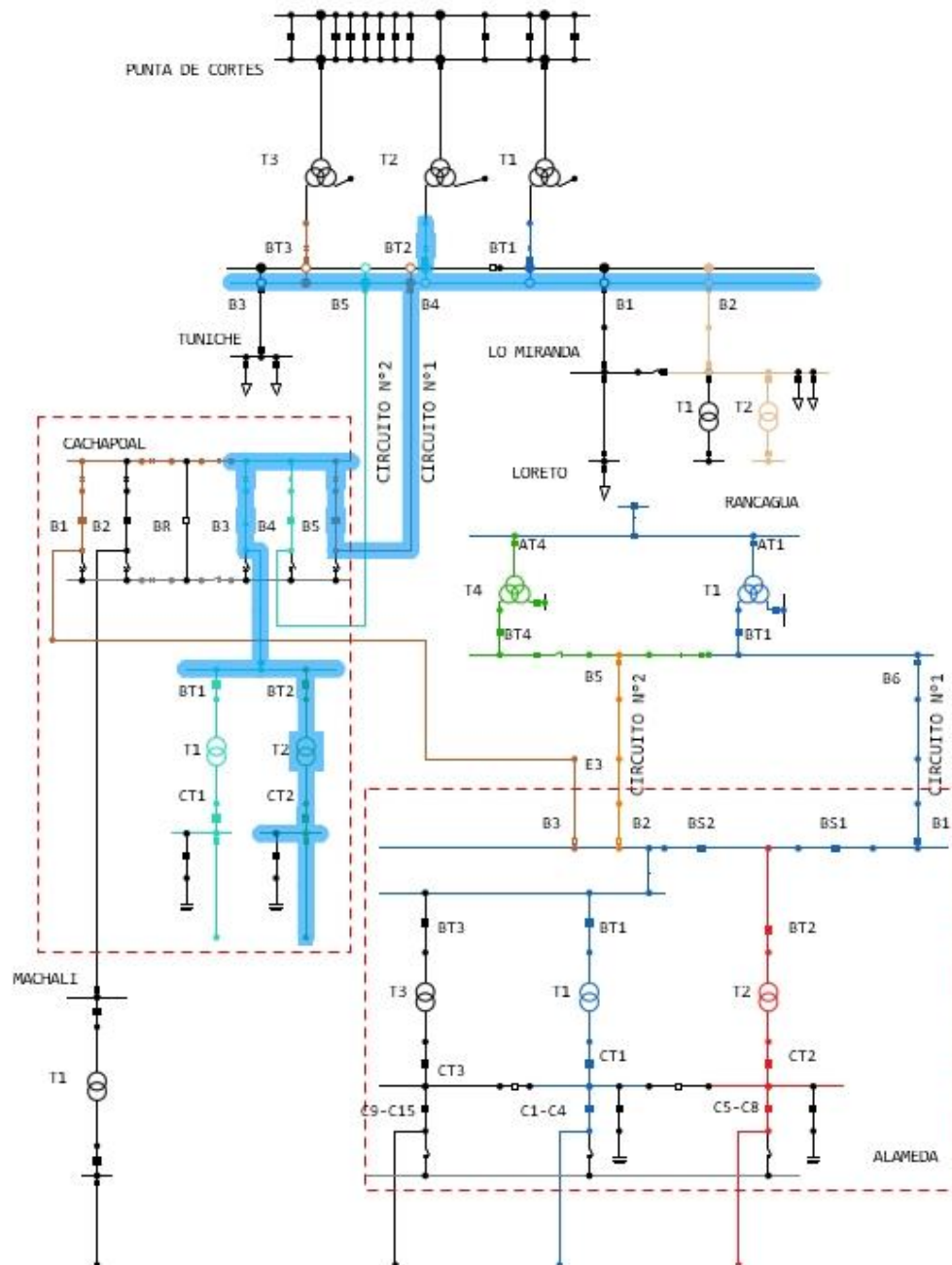
Ruta 6

- S/E Punta de Cortés: BT2 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B4 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT1 – T1 – CT1 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



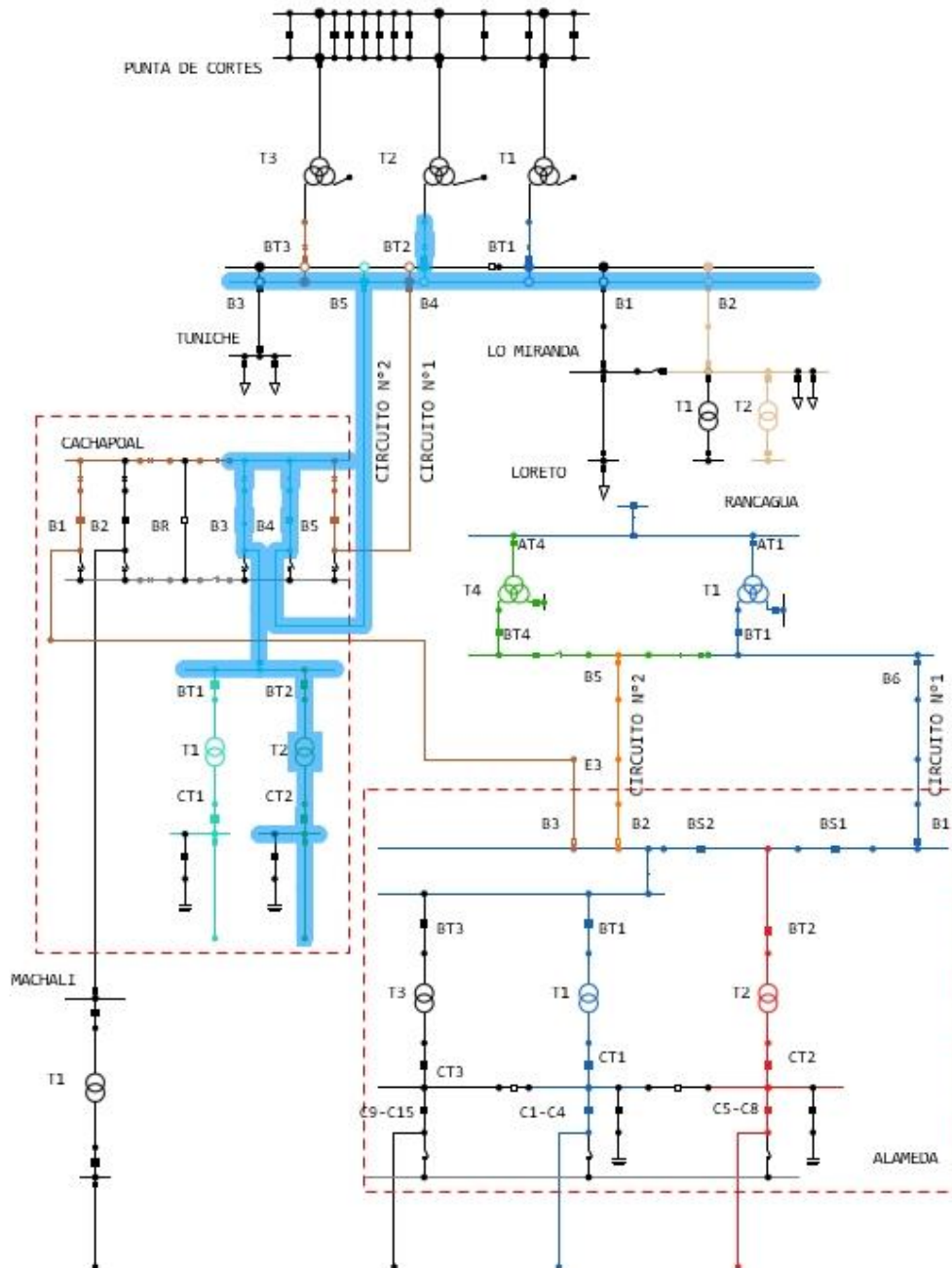
Ruta 7

- S/E Punta de Cortés: BT2 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT2 – T2 – CT2 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



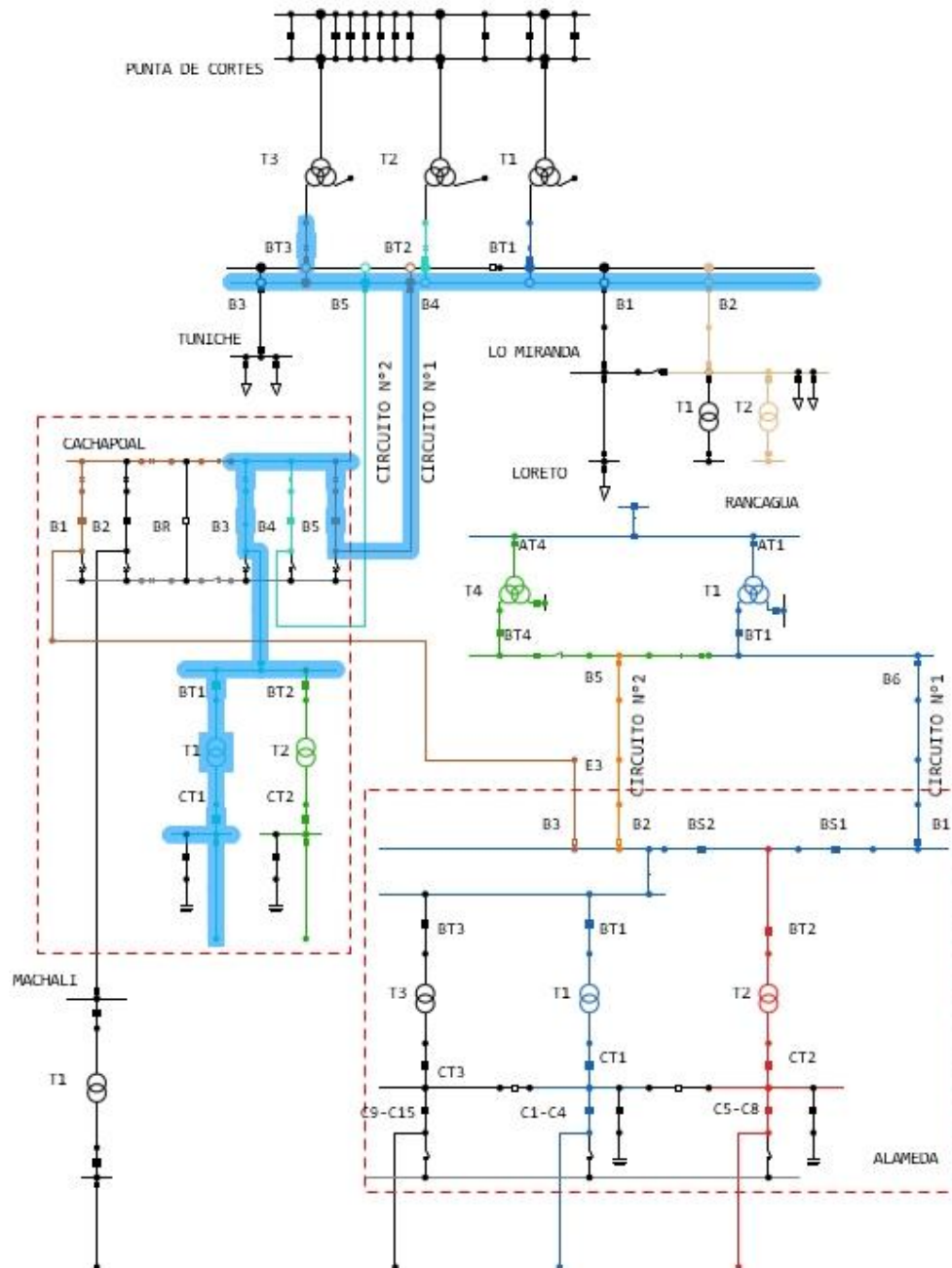
Ruta 8

- S/E Punta de Cortés: BT2 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B4 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT2 – T2 – CT2 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



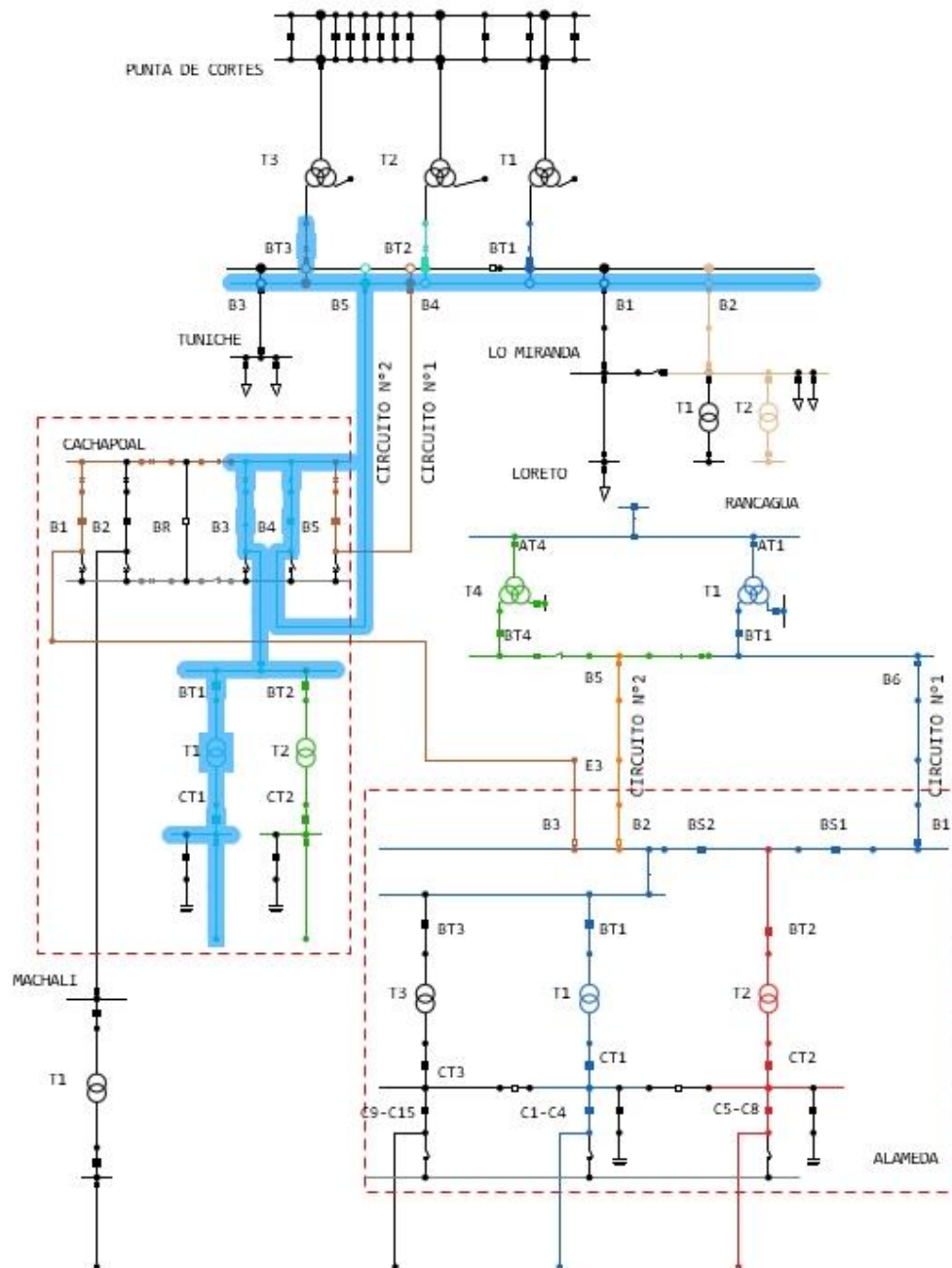
Ruta 9

- S/E Punta de Cortés: BT3 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV- B3 – Barra Transformación 66 kV – BT1 – T1 – CT1 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



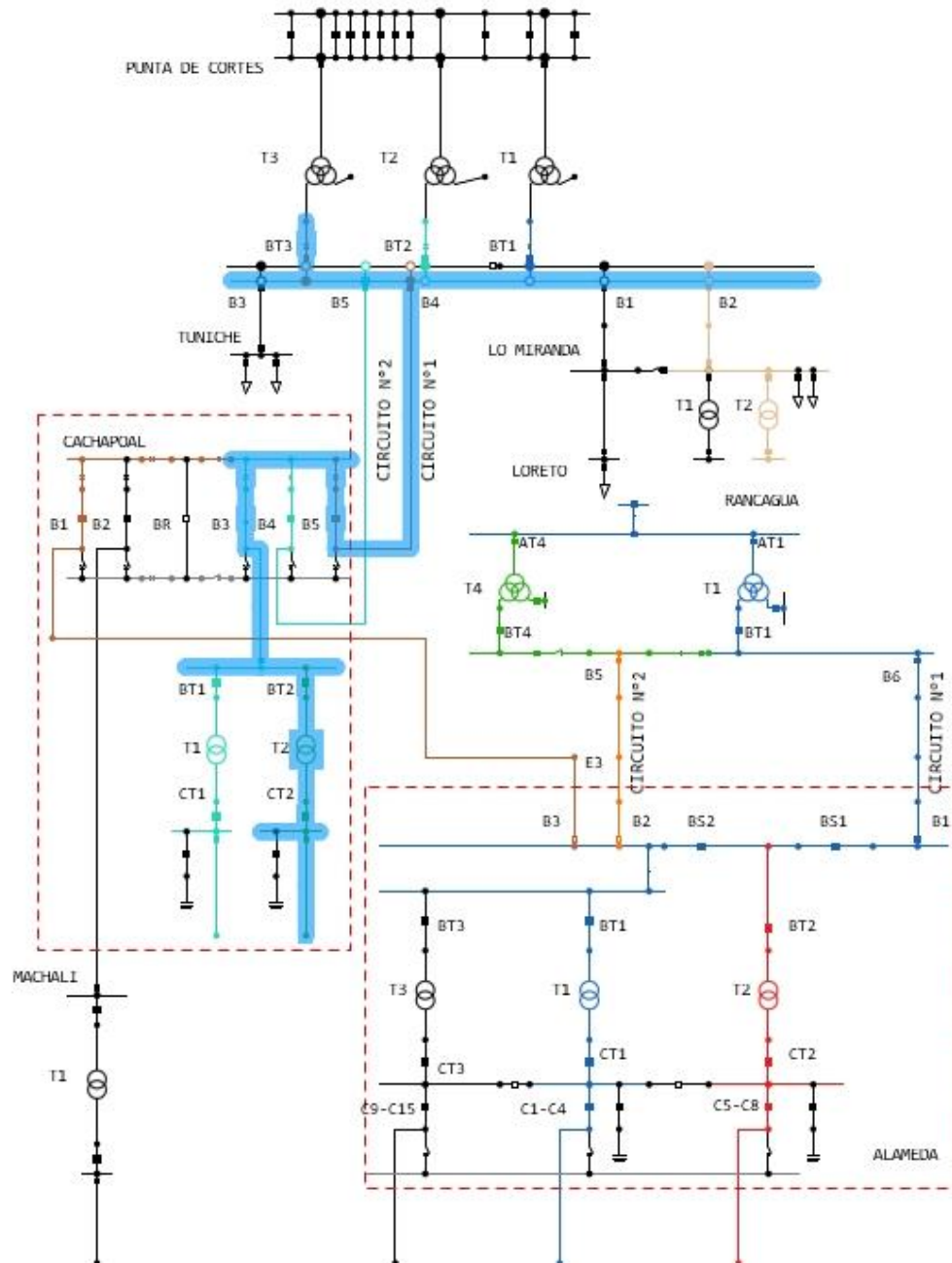
Ruta 10

- S/E Punta de Cortés: BT3 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B4 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT1 – T1 – CT1 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



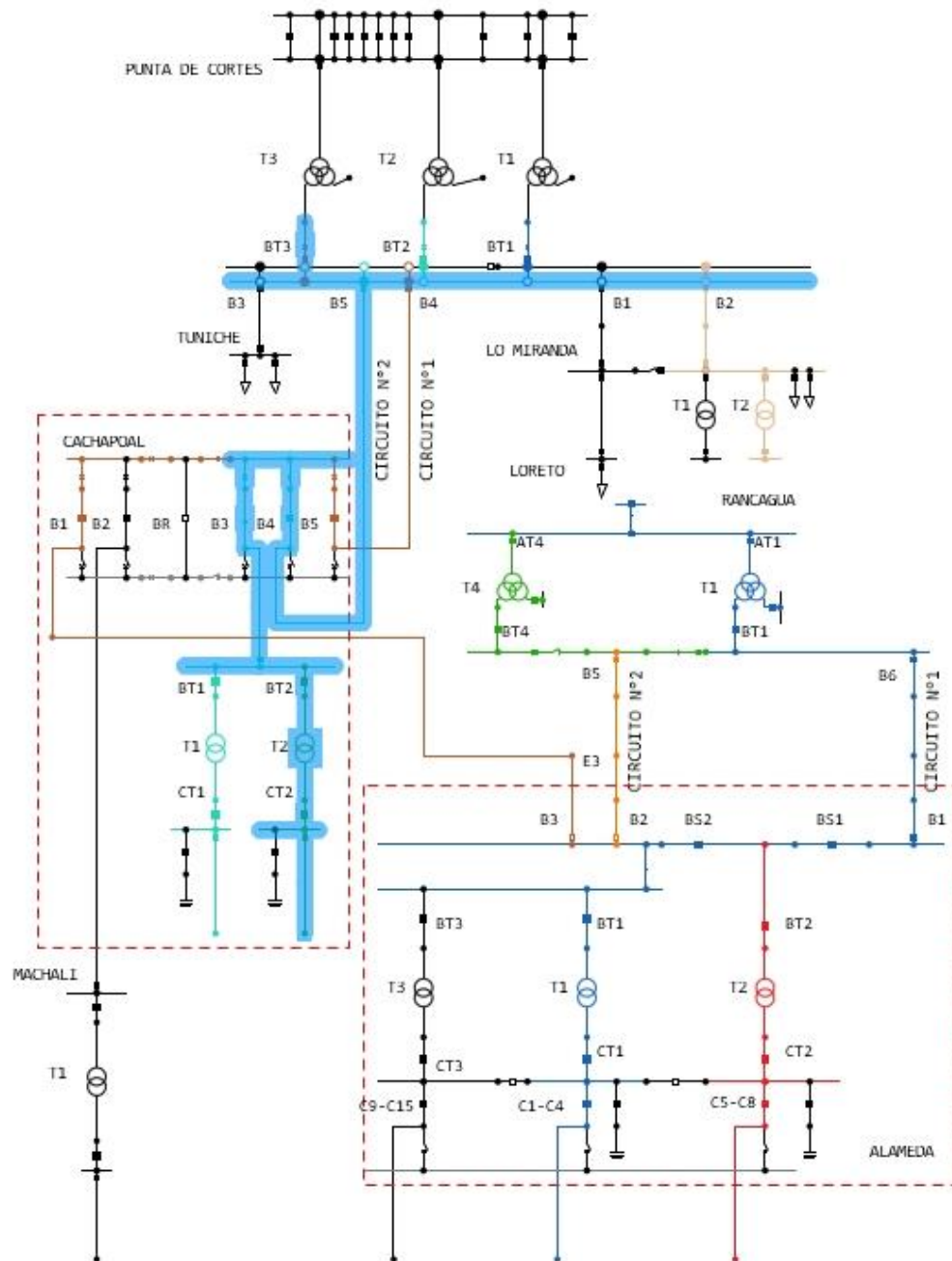
Ruta 11

- S/E Punta de Cortés: BT3 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT2 – T2 – CT2 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



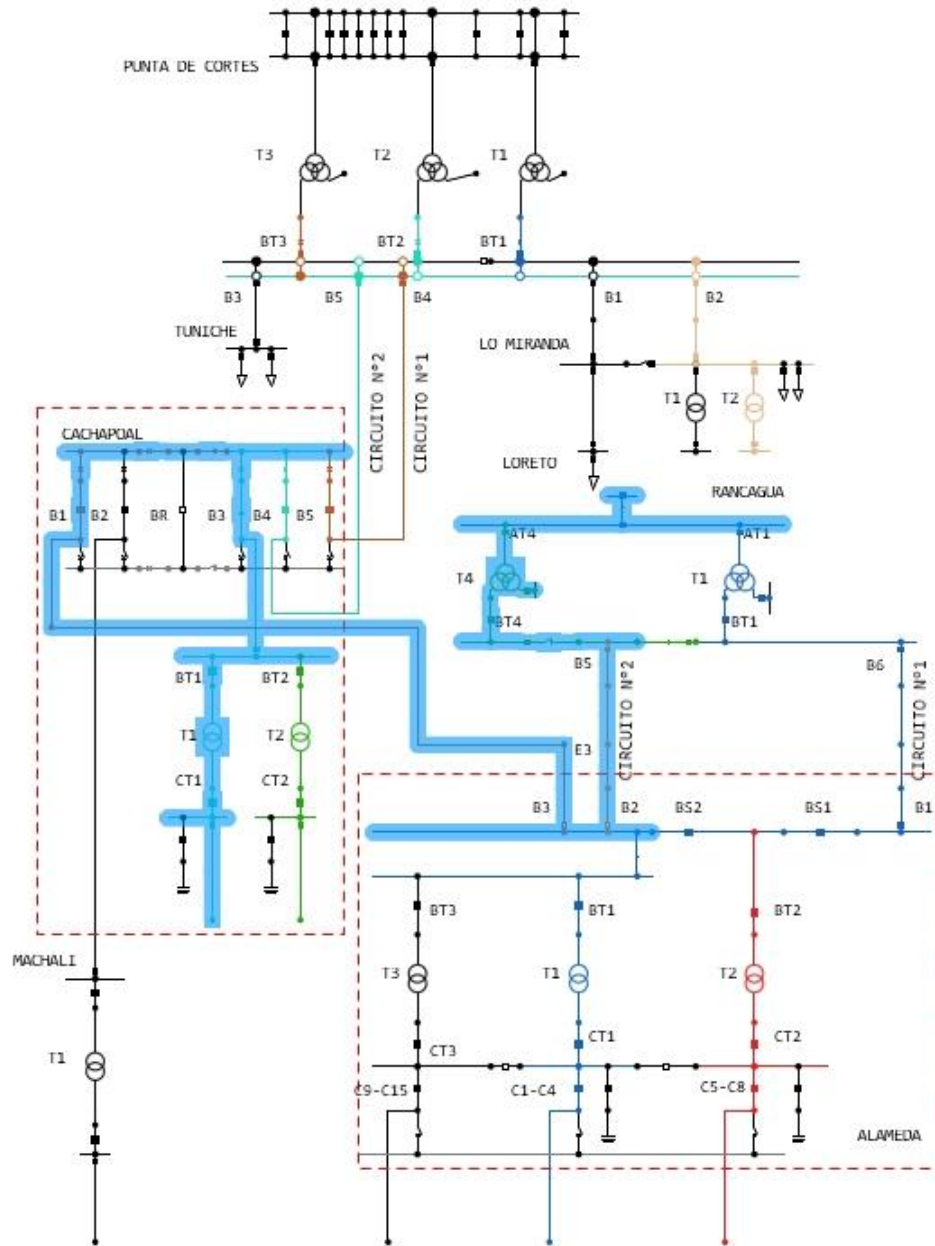
Ruta 12

- S/E Punta de Cortés: BT3 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B4 - Barra 66 kV - B3 – Barra Transformación 66 kV – BT2 – T2 – CT2 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



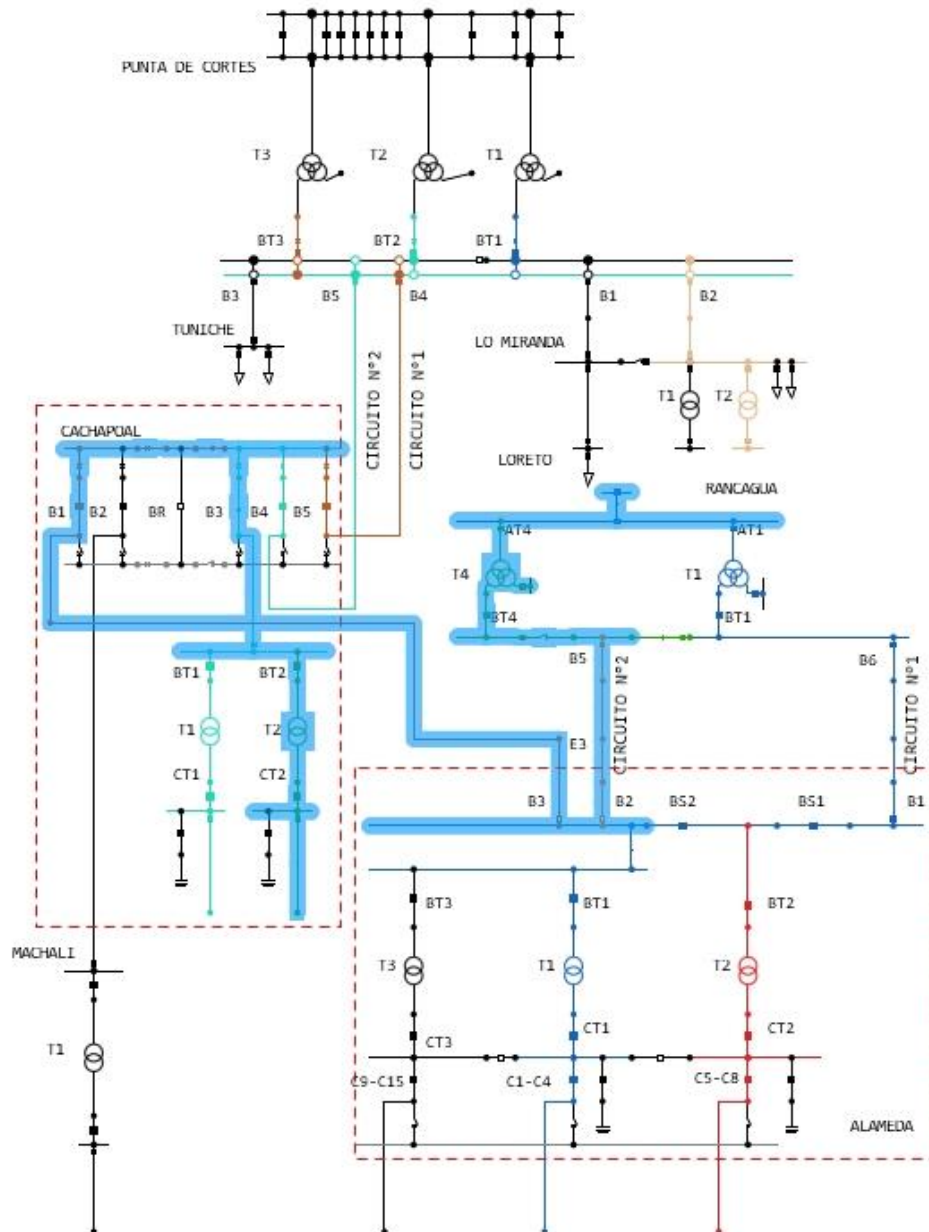
Ruta 13

- S/E Rancagua: BT4 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Rancagua - Alameda.
- S/E Alameda: B2 – Barra 66 kV - B3.
- LT 66 kV Alameda – Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B1 - Barra 66 kV – B3 – Barra Transformación 66 kV – BT1 – T1 – CT1 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



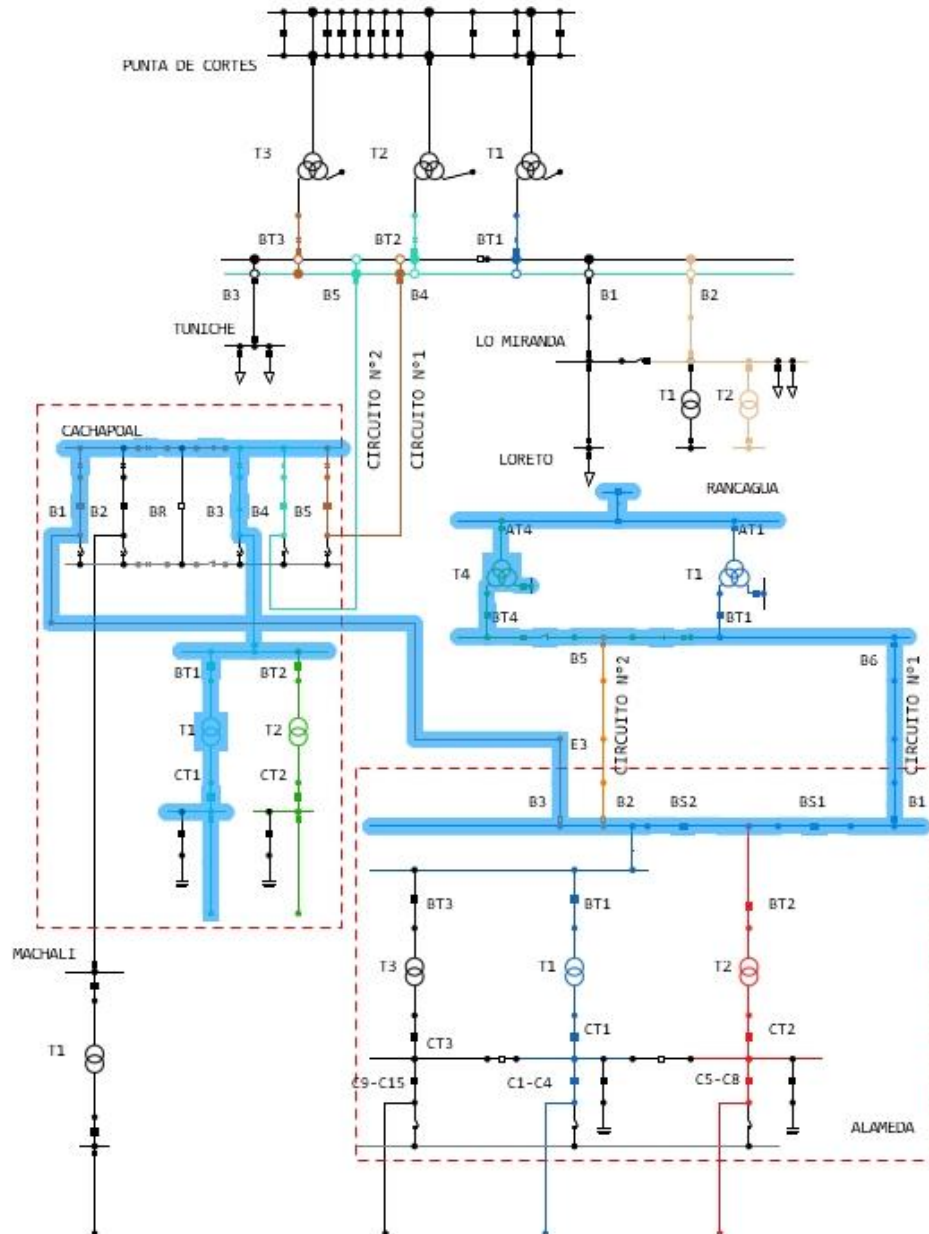
Ruta 14

- S/E Rancagua: BT4 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Rancagua - Alameda.
- S/E Alameda: B2 – Barra 66 kV - B3.
- LT 66 kV Alameda – Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B1 - Barra 66 kV – B3 – Barra Transformación 66 kV – BT2 – T2 – CT2 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



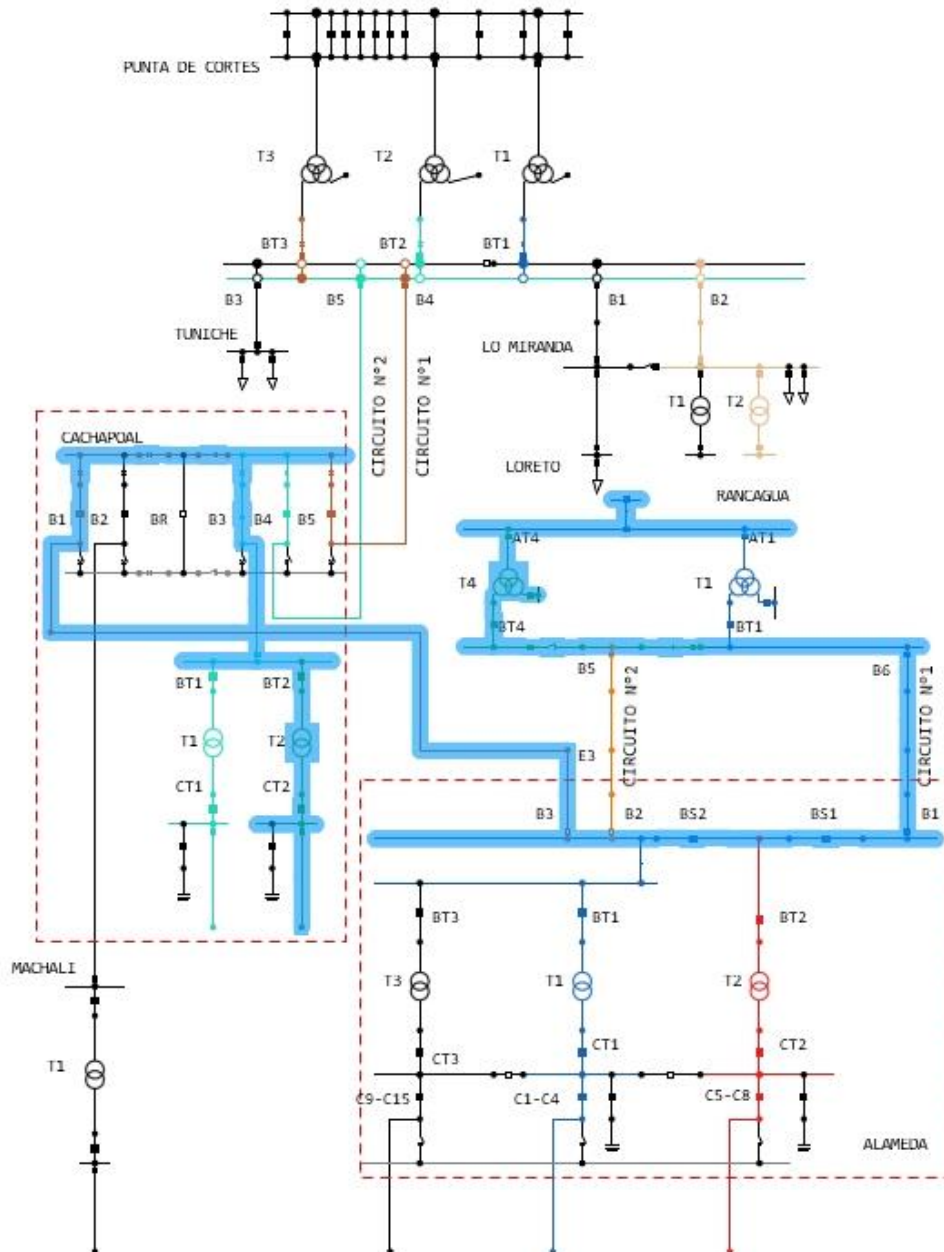
Ruta 15

- S/E Rancagua: BT4 – B6.
- Circuito N°1 LT 66 kV Rancagua - Alameda.
- S/E Alameda: B1 – Barra 66 kV - B3.
- LT 66 kV Alameda – Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B1 - Barra 66 kV – B3 – Barra Transformación 66 kV – BT1 – T1 – CT1 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



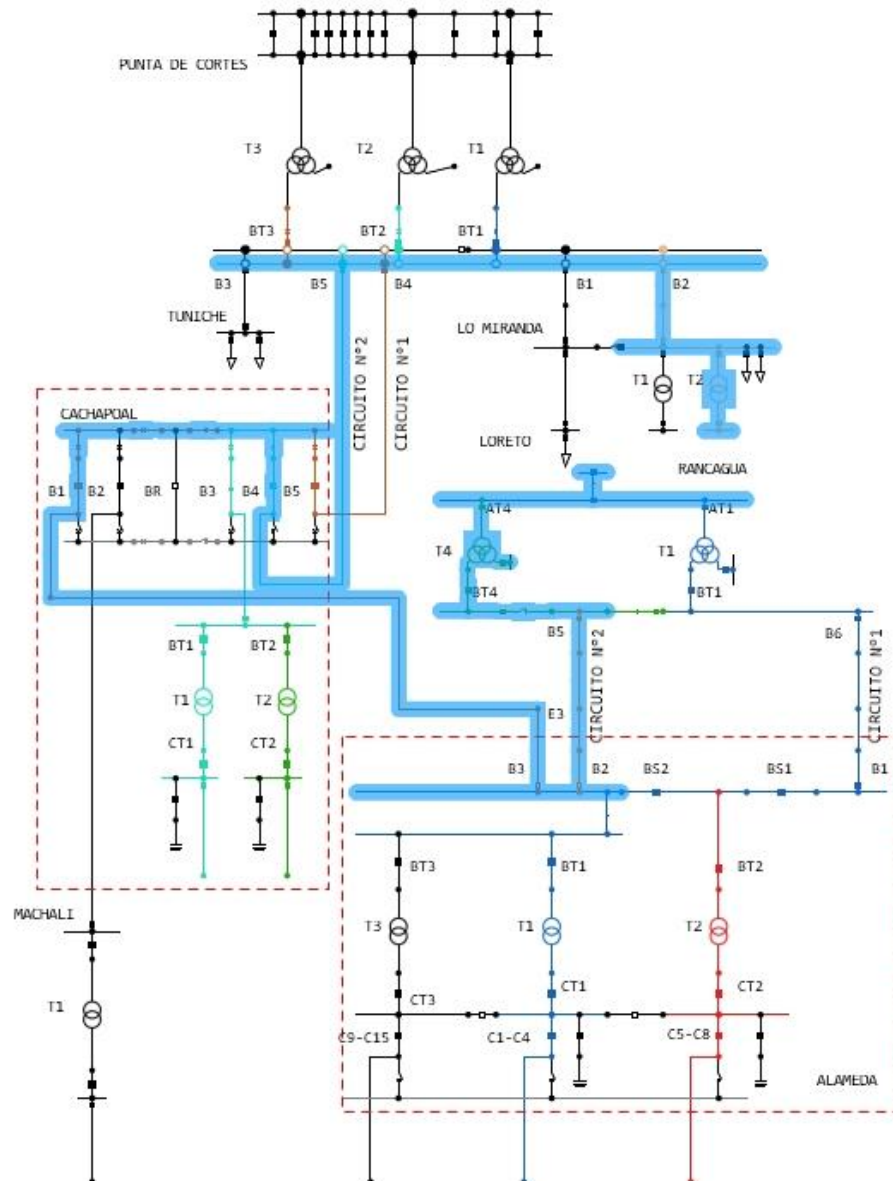
Ruta 16

- S/E Rancagua: BT4 – B6.
- Circuito N°1 LT 66 kV Rancagua - Alameda.
- S/E Alameda: B1 – Barra 66 kV - B3.
- LT 66 kV Alameda – Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B1 - Barra 66 kV – B3 – Barra Transformación 66 kV – BT2 – T2 – CT2 – C1/C2/C3/C4/C5/C6/C9/C10– 10 km red MT Cable Cu 2/0 AWG.



Ruta 17

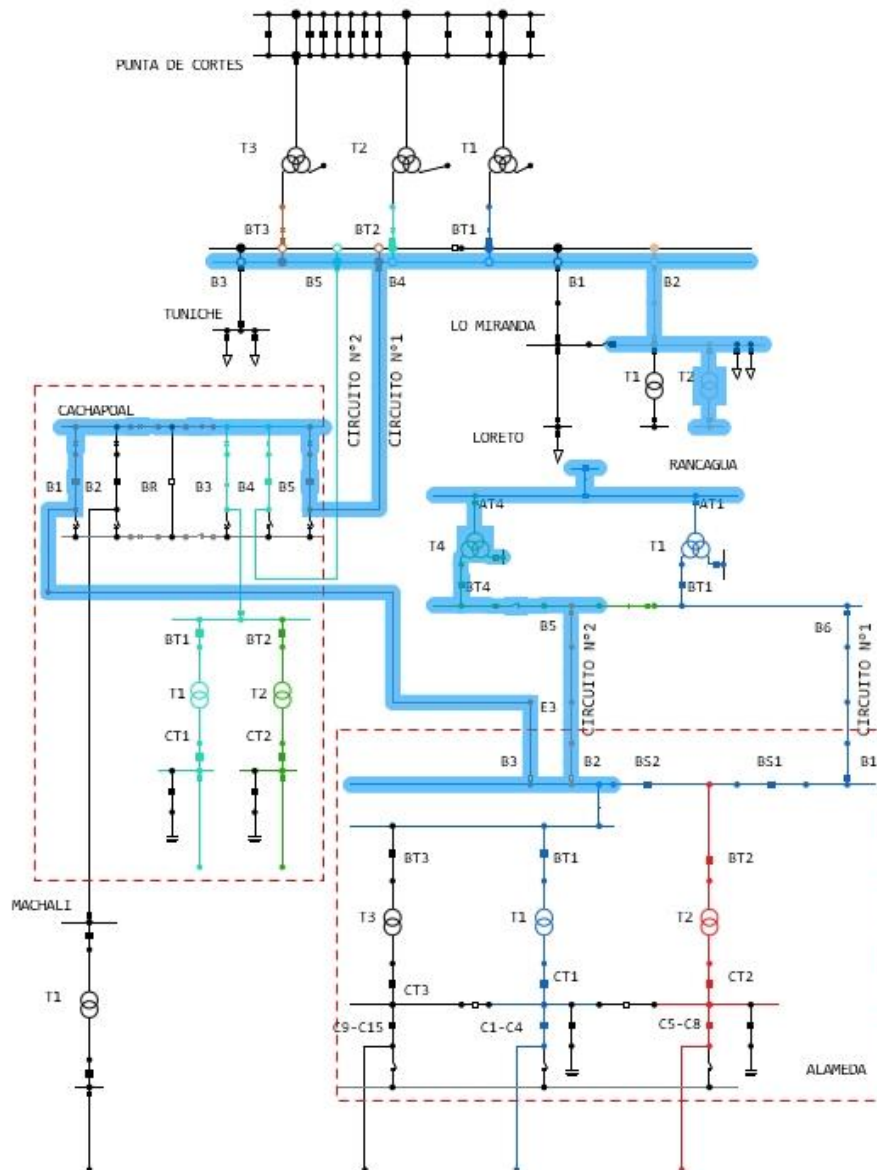
- S/E Rancagua: BT4 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Rancagua - Alameda.
- S/E Alameda: B2 – Barra 66 kV - B3.
- LT 66 kV Alameda – Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B1 - Barra 66 kV – B4.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Punta de Cortés: B5 – Barra 66 kV – B2.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda.
- S/E Lo Miranda: Barra 66 kV.



○

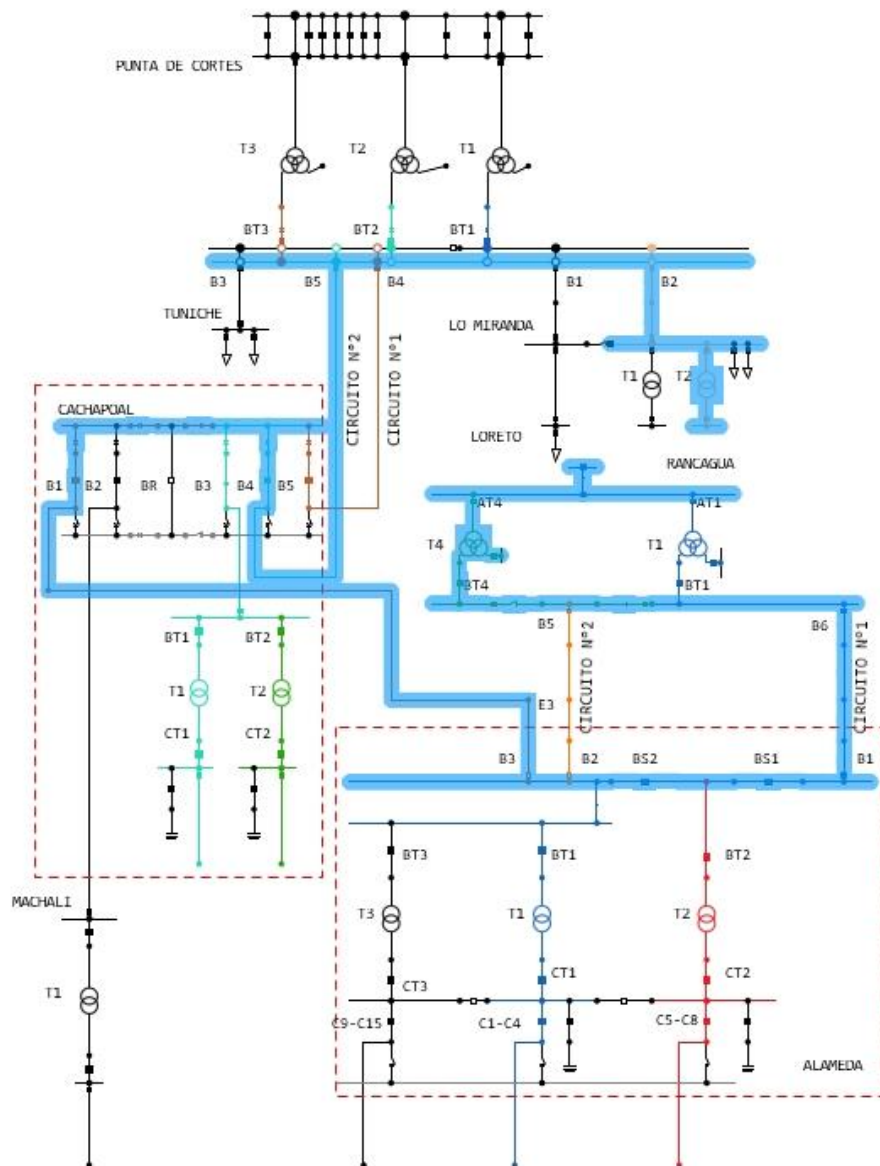
Ruta 18

- S/E Rancagua: BT4 – B5.
- Circuito N°2 LT 66 kV Rancagua - Alameda.
- S/E Alameda: B2 – Barra 66 kV - B3.
- LT 66 kV Alameda – Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B1 - Barra 66 kV – B5.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Punta de Cortés: B4 – Barra 66 kV – B2.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda.
- S/E Lo Miranda: Barra 66 kV.



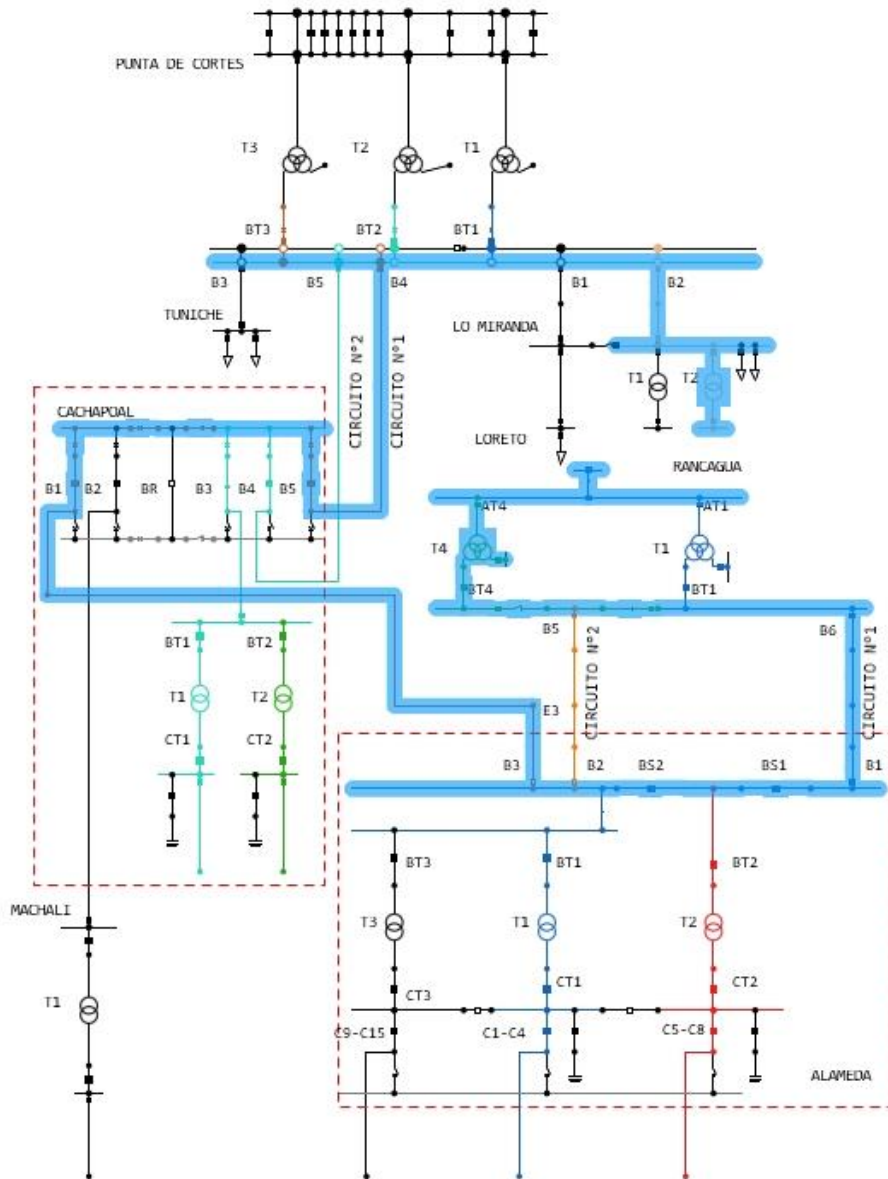
Ruta 19

- S/E Rancagua: BT4 – B6.
- Circuito N°1 LT 66 kV Rancagua - Alameda.
- S/E Alameda: B1 – Barra 66 kV - B3.
- LT 66 kV Alameda – Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B1 - Barra 66 kV – B4.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Punta de Cortés: B5 – Barra 66 kV – B2.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda.
- S/E Lo Miranda: Barra 66 kV.



Ruta 20

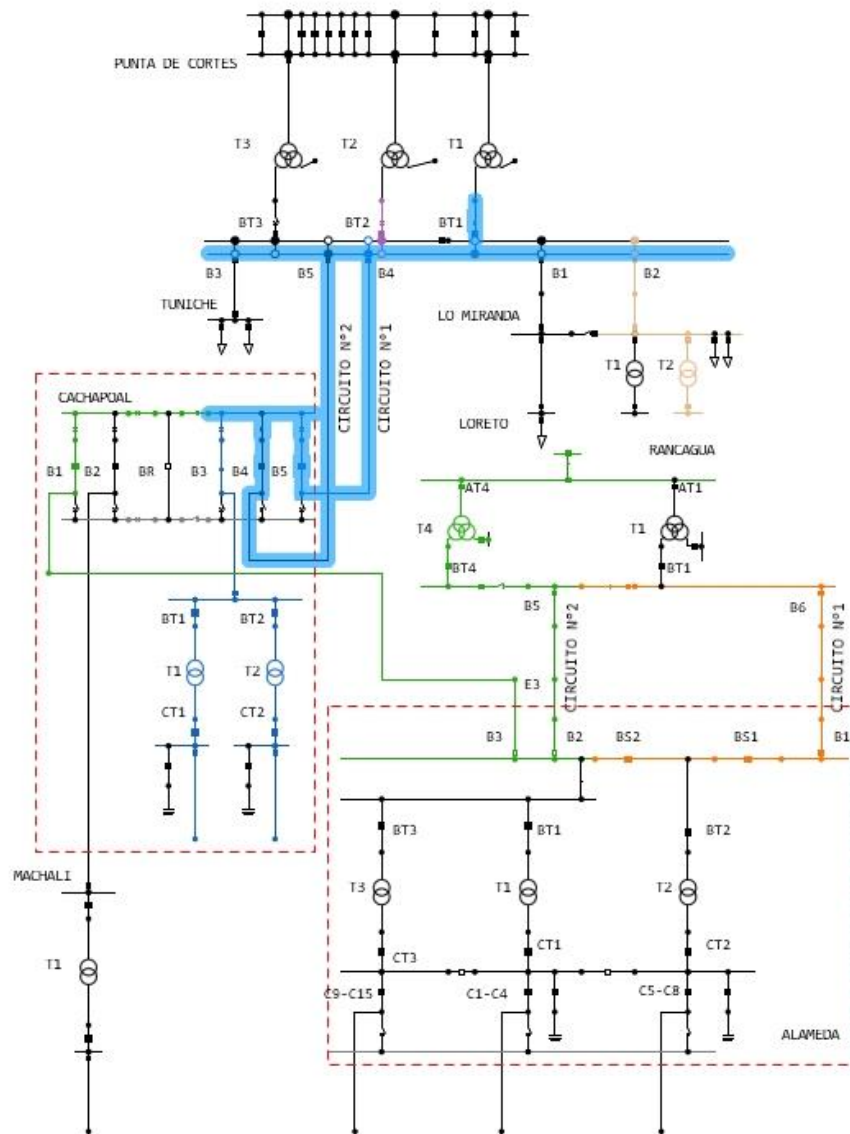
- S/E Rancagua: BT4 – B6.
- Circuito N°1 LT 66 kV Rancagua - Alameda.
- S/E Alameda: B1 – Barra 66 kV - B3.
- LT 66 kV Alameda – Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B1 - Barra 66 kV – B5.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Punta de Cortés: B4 – Barra 66 kV – B2.
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés – Lo Miranda.
- S/E Lo Miranda: Barra 66 kV.



Ruta 21

Para verificar por operación secuencial la coordinación de las protecciones de los paños B4 y B5 de SS/EE Punta de Cortés y Cachapoal, para fallas en el circuito N°2 de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal, bajo topologías TO1_PCT1 y TO1_PCT1a.

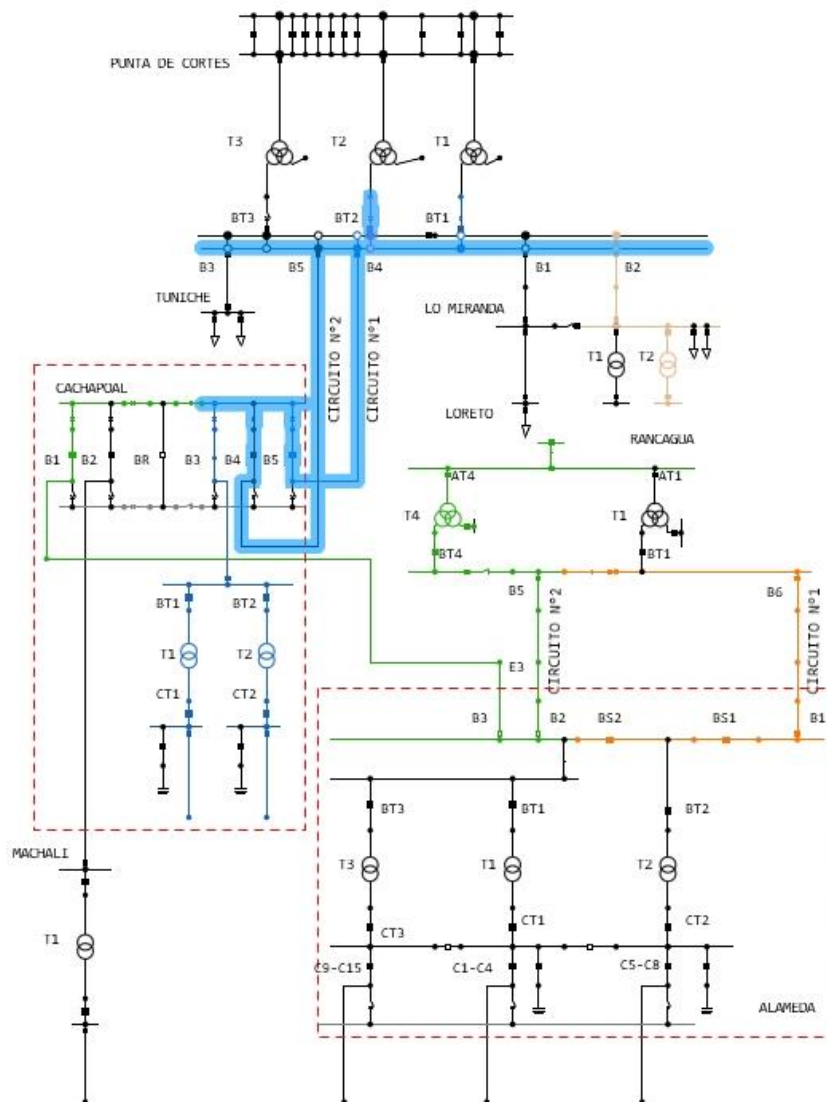
- S/E Punta de Cortés: T1 - BT1 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV – B4
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Punta de Cortés: B5 – Barra 66 kV



Ruta 22

Para verificar por operación secuencial la coordinación de las protecciones de los paños B4 y B5 de SS/EE Punta de Cortés y Cachapoal, para fallas en el circuito N°2 de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal, bajo topologías TO1_PCT2 y TO1_PCT2a.

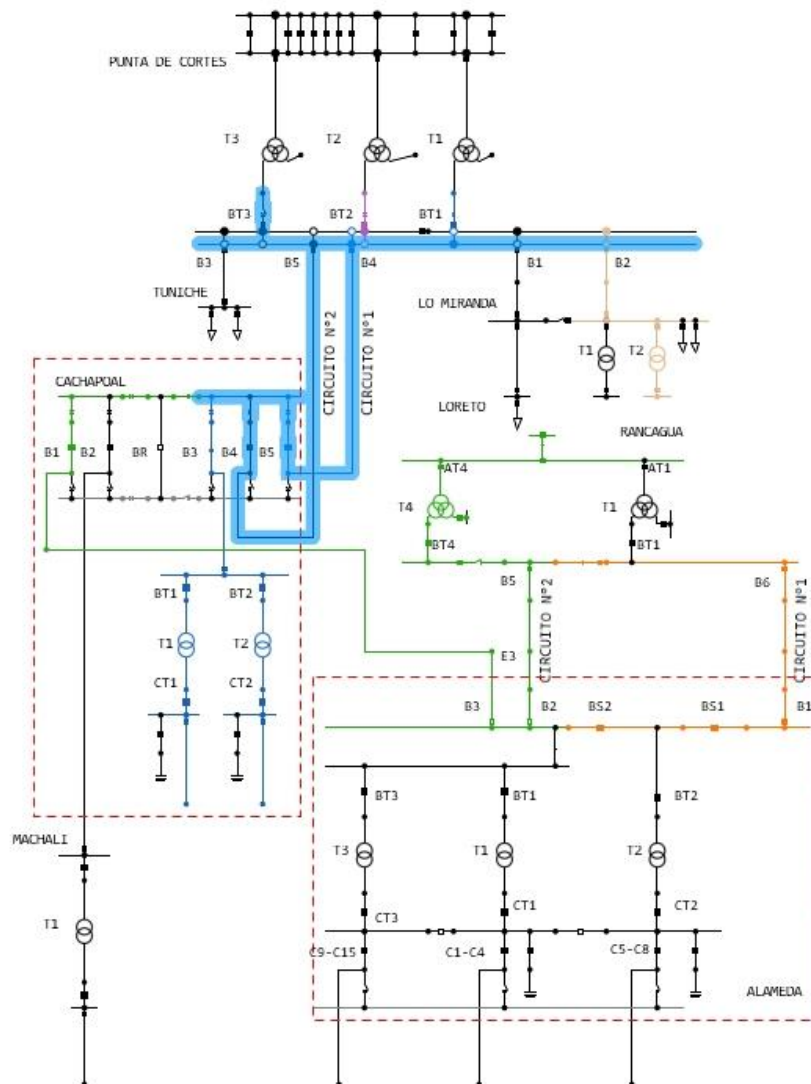
- S/E Punta de Cortés: T2 - BT2 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV – B4
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Punta de Cortés: B5 – Barra 66 kV



Ruta 23

Para verificar por operación secuencial la coordinación de las protecciones de los paños B4 y B5 de SS/EE Punta de Cortés y Cachapoal, para fallas en el circuito N°2 de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal, bajo topologías TO1_PCT3 y TO1_PCT3a.

- S/E Punta de Cortés: T3 – BT3 – B4.
- Circuito N°1 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Cachapoal: B5 - Barra 66 kV – B4
- Circuito N°2 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal.
- S/E Punta de Cortés: B5 – Barra 66 kV



6. AJUSTES PROPUESTOS PARA NUEVAS PROTECCIONES ASOCIADAS AL TRANSFORMADOR N°1

Para los nuevos relés de protección asociados al transformador N°1 se habilitarán las funciones que se indican:

Paño BT1

Relé SEL 311L

Funciones: 21T/21NT/51/50/51N/50N

Paños BT1 -T1 – CT1

Relé SEL 387

Funciones:

- Lado 66 kV: 51/50/51N/50N/51G (TC neutro lado 15 kV transformador)
- Transformador: 87T
- Lado 15 kV :51/50TD/51N/51G/50BF(52CT1→52BT1)

Paño CT1

Relé SEL 351A

Funciones: 51/50TD/51N/50BF(52CT1→52BT1)

6.1 S/E Cachapoal- Paño BT1- Relé SEL 311L Funciones 21T/21NT

Se proponen 2 zonas de operación, en dirección forward, con características tipo mho para la función de fases y mho/cuadrilátera para la función residual.

Funciones de distancia de fases y residual

Se ajustan los parámetros de impedancia de secuencia positiva y cero al valor de impedancia del transformador T1 y se modifican sus ángulos a 75° con objeto de variar ángulo de torque máximo del relé para asegurar la detección de fallas residuales con resistencia de falla en bushings de 66 kV del transformador.

Se propone un alcance en primera zona para las funciones de fases y residual ajustándolo al 70% de la impedancia de secuencia positiva del tap central del CDBC (10.45%) con tiempo de operación instantáneo.

S/E Cachapoal – Paño BT1 – Relé SEL 311L Alcance Zona 1 - Fase y Residual

Subestación Cachapoal	
Paño BT1	
Protección de distancia transformador T1	
Relé SEL 311L	
Razón TT/PP	600
Razón TT/CC	60
Zona	1
Alcance programado	70% $Z1_{imp \text{ transformador tap central CDBC}}$
$Z1_{primaria \text{ transformador tap central}}$	10,45 %
	V base: 69 kV
	P base: 15 MVA
	0,000 +j 33,168
Alcance primario calculado	23,22 Ω pri
Alcance secundario a programar	2,32 Ω sec

Se propone un alcance en segunda zona para las funciones de fases y residual ajustándolo al 110% de la impedancia de secuencia positiva del tap central del CDBC (9.92%) con tiempo de operación de 1.5 segundos.

S/E Cachapoal – Paño BT1 – Relé SEL 311L
Alcance Zona 2 - Fase y Residual

Subestación Cachapoal	
Paño BT1	
Protección de distancia transformador T1	
Relé SEL 311L	
Razón TT/PP	600
Razón TT/CC	60
Zona	2
Alcance programado	110% $Z1_{imp \text{ transformador tap central CDBC}}$
$Z1_{primaria \text{ transformador tap Central}}$	10,45 %
	V base: 69 kV
	P base: 15 MVA
	0,000 +j 33,168
Alcance primario calculado	36,49 Ω pri
Alcance secundario a programar	3,65 Ω sec

Alcance resistivo característica cuadrilátera residual y ángulo no homogéneo

Con el propósito de detectar fallas monofásicas con resistencia de al menos 50 ohms en bushings 66 kV del T1 se propone ajustar el alcance resistivo de la característica cuadrilátera residual en 60 ohms primarios (6 ohms secundarios) para ambas zonas.

Se considera un ángulo no homogéneo de la característica cuadrilátera residual ajustado en 0°.

Factor de compensación residual (k_0) y parámetros de secuencia positiva y cero.

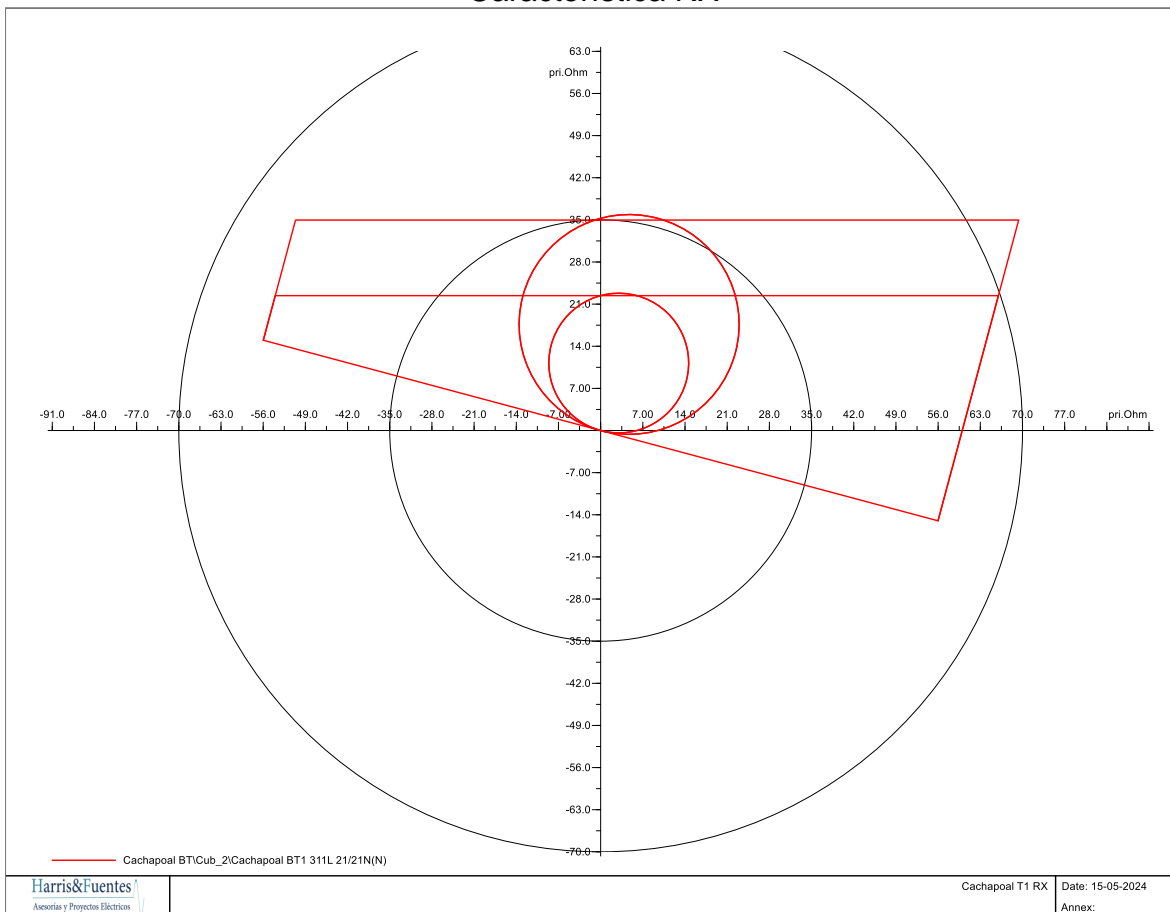
Se propone ajustar el factor de compensación residual (k_0) al valor 0.0L0° (se considera sólo la reactancia del transformador).

Detectores de corriente de falla de funciones de distancia

Se propone ajustar el detector de corriente de falla de distancia de fases de la Zona 1 (50PP1) al valor de pickup de la función de sobrecorriente de fases de tiempo inverso, (4.7 amperes secundarios), valor que se indica más adelante.

Se propone ajustar el detector de falla de distancia de fases de la zona 2 (50PP2) y los detectores de falla de distancia residual de las Zonas 1 y 2 (50L1, 50L2, 50GZ1 y 50GZ2), al mínimo valor ajustable en el relé (0.5 amperes secundarios).

S/E Cachapoal – Paño BT1 – Relé SEL 311L
Característica RX



S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL311L– Paño BT1
Funciones 21T/21NT

Protección de Distancia y Sobrecorriente	Ajustes Propuestos			
Subestación	Cachapoal			
Paño	BT1			
Marca /Modelo Relé	General 66 kV T1			
Grupo ajustes	SEL 311L			
	1			
Ajustes Generales				
Relación TT/CC	300 / 5 A			
	60			
Relación TT/PP Barra	66000 v	:	110 v	
	600			
Rotación de fases (PHROT)	ABC			
Función de Distancia				
Generales				
Impedancia sec. positiva secundario	3,32	L	75,00 °	
Impedancia sec. cero secundario	2,82	L	75,00 °	
Longitud línea	1,00 km			
Angulo torque máximo	línea			
TANG	0,0 °			
K0	0,000	L	0,00 °	
Detectores de corriente de falla				
Característica de fases Zona 1 (50PP1)	4,70 A sec			
Característica residual Z1(50L1 y 50GZ1)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 2 (50PP2)	0,50 A sec			
Característica residual Z2(50L2 y 50GZ2)	0,50 A sec			
Elemento de Fase Característica Mho				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	Alcance		Tiempo op.
Primera Zona	Forward	2,32 Ω sec		0 ciclos
Segunda Zona	Forward	3,65 Ω sec		75 ciclos
Tercera Zona	NO	NO		NO
Cuarta Zona	NO	NO		NO
Elemento Residual Característica Mho				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	Alcance		Tiempo op.
Primera Zona	Forward	2,32 Ω sec		0 ciclos
Segunda Zona	Forward	3,65 Ω sec		75 ciclos
Tercera Zona	NO	NO		NO
Cuarta Zona	NO	NO		NO
Elemento Residual Característica Cuadrilateral				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	X	R	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	2,32 Ω sec	6,00 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	3,65 Ω sec	6,00 Ω sec	75 ciclos
Tercera Zona	NO	NO	NO	NO
Cuarta Zona	NO	NO	NO	NO

6.2 S/E Cachapoal - Paño BT1

Relé SEL 311L Funciones 51/50/51N/50N
Relé SEL 387 (W1 y W3) Funciones 51/50/51N/50N/51G

Estas funciones se implementan en el relé SEL 311L y también en el relé diferencial SEL 387 (W1).

Sobrecorriente de fase (51)

Se propone un valor de pickup de fase en el valor equivalente a aproximadamente un 135% de la capacidad de paso ONAF del transformador T1 (282 amperes, 33.70 MVA en 69 kV).

La curva de sobrecorriente de fases propuesta debe ubicarse por sobre la característica de sobrecorriente de fases del paño CT1 correspondiente al lado 15 kV, con un tiempo que asegure coordinación. Esta curva debe ser lo suficientemente elevada para permitir la energización del transformador de poder, de modo que se pueda conectar sin la operación indeseada de esta protección y se debe situar por debajo de su curva de daño, para protegerlo adecuadamente contra fallas pasantes externas que pueden producir daños térmicos y mecánicos.

Sobrecorriente instantánea de fase (50)

Se habilita una función de sobrecorriente instantánea ante fallas de fases que ocurran en el transformador. El valor se ajusta considerando que no debe detectar fallas en la barra 15 kV, como tampoco debe tener una falsa operación por corriente de inrush.

La máxima falla en barra 15 kV, reflejada en el lado de 66 kV, simulada en DlgSILENT es de 1.009 amperes y corresponde a una falla trifásica para la topología TO1_PCT3. Por otro lado, la corriente inrush se estima en 1.255 amperes considerando que puede llegar a ser 10 veces la corriente del transformador en su potencia ONAN.

Entonces, el ajuste dado al pickup de la función 50 es de 1.800 amperes primarios (30 A sec), lo que asegura que responderá correctamente ante fallas en el transformador y no detectará fallas en el lado 15 kV con un margen de seguridad de un 78% respecto a la topología de mayor aporte en niveles de cortocircuito (TO1_PCT3).

Sobrecorriente residual (51N)

Se ajusta el pickup de la protección de sobrecorriente residual en 30 amperes primarios (mínimo valor posible de programar en el relé SEL 387), valor equivalente a un 14.3% de la corriente nominal del transformador de poder en régimen ONAF.

La curva se debe ubicar por debajo de la curva de daño del transformador de poder.

Sobrecorriente instantánea residual (50N)

Se habilita una función de sobrecorriente instantánea ante fallas residuales que ocurran en el transformador. Se ajusta su valor de pickup a 360 amperes primarios (6 A sec).

Debido al tipo de conexión Dyn1 del transformador de poder, las funciones de sobrecorriente residuales no requieren coordinar con las protecciones del lado 15 kV.

Sobrecorriente residual de neutro (51G)

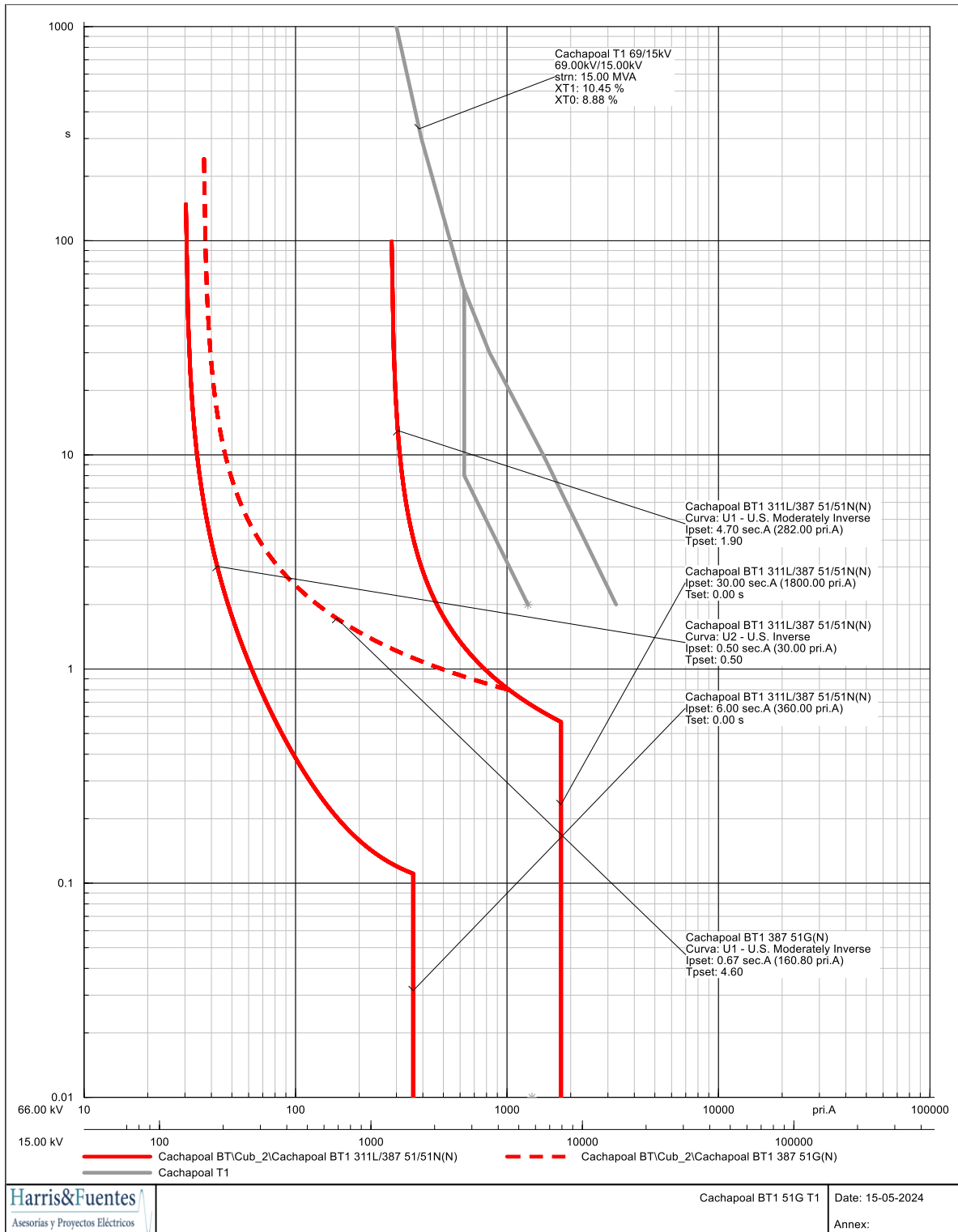
Se propone habilitar en el relé SEL 387 una característica de tiempo inverso residual tomando una señal de corriente desde el TC ubicado en el bushing X0 del transformador T1.

Esta función brindará disparo sobre el interruptor 52BT1 de manera coordinada con las protecciones que dan desenganche sobre el interruptor 52CT1 y tienen como propósito principal detectar fallas residuales con resistencia de al menos 50 ohms ubicadas entre los bushings del lado MT (15kV) del transformador de poder y el interruptor 52CT1.

Los ajustes consideran:

- ✓ Utilización del TC denominado TCCT1N t.b. (p20) ubicado en el bushing X0 del transformador en relación 1200/5 A.
- ✓ Utilización del W3 del relé SEL 387 para la input de corriente del neutro del transformador.
- ✓ Disparo sobre interruptor 52BT1 incorporando la función a la lógica de disparo habilitada.
- ✓ Determinación de valores de pickup, time dial para la característica 51G para conseguir adecuada coordinación con las protecciones de adyacencias superiores e inferiores.

S/E Cachapoal – Paño BT1– Relés SEL 311L y SEL 387 (W1+W3) Característica Tiempo – Corriente



S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 311L– Paño BT1
Funciones 51/50/51N/50N

Protección de Distancia y Sobrecorriente	Ajustes Propuestos		
Subestación	Cachapoal		
Paño	BT1		
Marca /Modelo Relé	General 66 kV T1		
Grupo ajustes	SEL 311L		
Ajustes Generales	1		
Relación TT/CC	300 / 5 A 60		
Función de Sobrecorriente			
Elemento de Fase			
C. Torque	1		
Curva	U1		
Pickup	4,70 A sec		
Time dial	1,9		
Tiempo Sobrecorriente			
Tiempo definido	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
Tiempo definido 1	1	30,00 A sec	0 ciclos
Elemento Residual			
C. Torque	1		
Curva	U2		
Pickup	0,50 A sec		
Time dial	0,5		
Tiempo Sobrecorriente			
Tiempo definido	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
Tiempo definido 1	1	6,00 A sec	0 ciclos

S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 387(W1+W3) Paño BT1
Funciones 51/50/51N/50N/51G

Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente		Ajustes Propuestos	
Subestación		Cachapoal	
Transformador		T1	
Marca /Modelo Relé		SEL 387	
Grupo ajustes		Grupo 1	
Características transformador de corriente			
Relación TT/CC		300 / 5 A	
Función de sobrecorriente		BT1	
Winding secundario relé		W1	
Elemento de Fase			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	4,70 A sec	
	Time dial	1,9	
Tiempo definido	C. Torque	1	
	Pickup	30,00 A sec	
	Tiempo op.	0 ciclos	
Elemento Residual			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U2	
	Pickup	0,50 A sec	
	Time dial	0,5	
Tiempo definido	C. Torque	1	
	Pickup	6,00 A sec	
	Tiempo op.	0 ciclos	
Función de sobrecorriente		Bushing X0 T1	
Winding secundario relé		Winding 3	
		TRIP sobre BT1	
Elemento Residual de Neutro (51G)			
Relación de TT/CC (TC bushing neutro lado 15 kV)		240	
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	0,67 A sec	
	Time dial	4,6	

6.3 S/E Cachapoal Transformador T1 Relé SEL 387 Función 87T

Datos considerados para los ajustes:

Transformador de Poder T1 en relación 69/15 kV en tap neutral del CDBC
Potencia: 25 MVA
Grupo de conexión: Dyn1

Transformadores de Corriente lado 69 kV
Conexión secundaria en Y (estrella)
Precisión núcleo protección: 10P20
Razón de transformación (W1): 300/5 = 60

Transformadores de Corriente lado 15 kV
Conexión secundaria en Y (estrella)
Precisión núcleo de protección: 10P20
Razón TC conectado a enrollado 2 (W2): 1600/5 = 320

Cálculo de los taps con que se ajustará en el relé SEL-387:

La potencia máxima del transformador es 25 MVA, en régimen ONAF.

Para calcular los Taps, el relé utiliza la siguiente fórmula:

$$TAPn = \frac{MVA * 1000}{\sqrt{3} * VWDG * CTRn} * C$$

Donde:

$$C = \begin{cases} 1, & \text{si el ajuste } WnCT = Y \text{ (Estrella)} \\ \sqrt{3}, & \text{si el ajuste } WnCT = D \text{ (Delta)} \end{cases}$$

C: Factor según la conexión usada en los TTCC.

MVA: ajuste de máxima capacidad de potencia del transformador.

VWDGn: ajuste de voltaje línea-línea, en kV.

CTRn: ajuste de razón de TC.

Los taps calculados arrojaron los siguientes valores:

TAP1= 3.49

TAP2= 3.01

Se debe cumplir de acuerdo con manual del relé que, $\frac{TAP_{max}}{TAP_{min}} \leq 7.5$

$$\frac{3.49}{3.01} = 1.16 \leq 7.5$$

Compensaciones por los desfases angulares:

El transformador de poder tiene grupo de conexión Dyn1 y sus bushings del lado 66 kV estarán conectados al paño BT1 utilizando la siguiente secuencia:

H1 Fase 1 SEN
H2 Fase 2 SEN
H3 Fase 3 SEN

Los secundarios de los TTCC de protección serán conectados en estrella, por lo que se considera el siguiente ajuste:

PHROT =ABC

W1CTC = 12

W2CTC = 1

Ajuste del porcentaje del slope de retención SLP1, SLP2 y IRS1:

Para la primera parte de la curva (SLP1), se ajusta un slope de 35%. Este valor considera un error de TTCC clase 10P20 de un 10%, el margen máximo del CDBC de un 13%, un margen de seguridad de un 10% por error de medida del relé y un error por corriente de excitación de un 2%.

SLP1 = 35

Para la segunda parte de la curva (SLP2), se considera un valor de 50%, debido a la eventualidad que un transformador de corriente se sature en fallas con alta corriente y con ello se genere una orden de trip incorrecta.

SLP2 = 50

Para el límite de operación de la primera zona de la curva (SLP1), punto IRS1, donde se interceptan ambos slope, el fabricante recomienda un valor de 3 veces el tap.

IRS1 = 3.0

Se comprueba según lo solicitado por el manual del fabricante que:

$$TAP_{max} \cdot IRS1 \leq 155.0$$

$$3.49 \cdot 3.0 = 10.47 \leq 155$$

Ajuste de pickup de la corriente diferencial O87P:

Se ajustará un valor de 0.30, verificando que este valor es lo suficientemente sensible para detectar fallas monofásicas con resistencia de hasta 18 ohms dentro de la zona de operación.

$$\mathbf{O87P = 0.30}$$

Se comprueba según lo solicitado por el manual del fabricante que:

$$TAP_{min} \cdot O87P \geq 0.1 \cdot I_n$$

$$3.01 \cdot 0.30 = 0.903 \geq 0.1 \cdot 5 = 0.5$$

Umbral de operación sin retención U87P:

Se debe ajustar a un valor mayor que la corriente de inrush esperada y en lo posible inferior a la corriente de cortocircuito de paso esperada para fallas del transformador a proteger.

La corriente nominal del transformador en régimen ONAN es de 125.5 A en el lado 69 kV. Suponiendo que la corriente de inrush puede llegar a ser 10 veces la corriente nominal, se tendría una corriente de energización de 1.255 A.

Por lo anterior, se ajusta un valor equivalente a aproximadamente un 17% por sobre la corriente de inrush esperada:

$$U87P > \frac{I}{RTC_n \cdot Tap_n} = \frac{1.255}{60 \cdot 3.49} = 5.99, \quad \text{se ajusta } \mathbf{U87P = 7}$$

Ajuste de bloqueo por 2^{do} armónico PCT2:

Este ajuste permite evitar una operación indeseada de la protección diferencial durante la energización. Un ajuste conservador recomendado por el fabricante es de un 15%.

$$\mathbf{PCT2 = 15}$$

Ajuste de bloqueo por 5^{to} armónico PCT5:

No se considera la habilitación de bloqueo por 5^{to} armónico.

$$\mathbf{PCT5 = OFF}$$

Ajuste del elemento bloqueo de armónicas IHBL:

Se ajustan los siguientes valores para permitir el bloqueo de operación diferencial en el caso de presentarse corriente inrush.

IHBL = N

S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 387 – Transformador T1
Función 87T

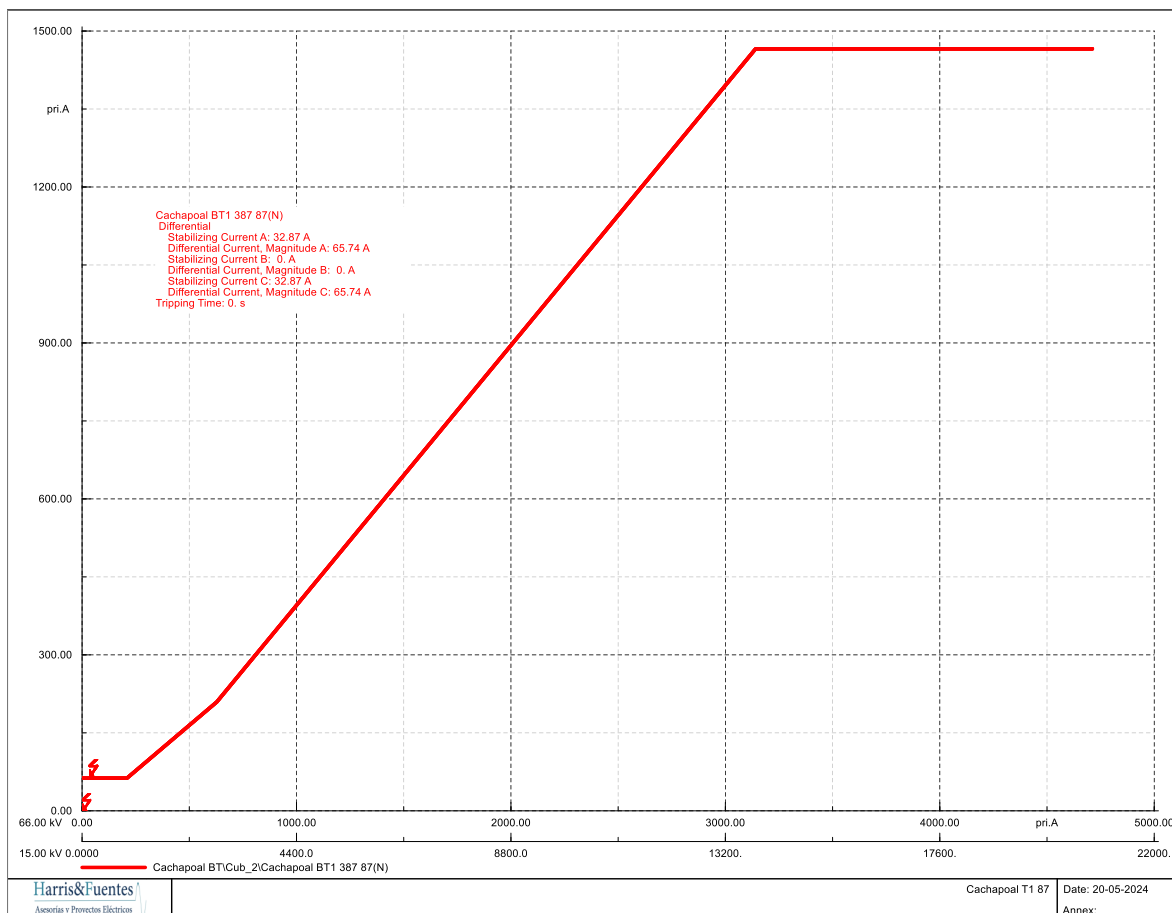
Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente Subestación Transformador Marca /Modelo Relé Grupo ajustes		Ajustes Propuestos Cachapoal T1 SEL 387 Grupo 1	
Características transformador de poder			
Potencia (MVA)		15/20/25	
Potencia nominal máxima		25,0 MVA	
Grupo conexión		Dyn1	
Voltaje nominal		69,0 kV	15,0 kV
Corriente nominal máxima		209,2 A	962,3 A
Características transformador de corriente			
Relación TT/CC		300 / 5 A	1600 / 5 A
Función Diferencial			
	Paño	BT1	CT1
	Winding secundario relé	W1	W2
Rotación de fase conexión al sistema	PHROT	ABC	
Define compensación interna conexión	ICOM	Y	
Habilita W1 en elemento diferencial	E87W1	Y	
Habilita W2 en elemento diferencial	E87W2	Y	
Potencia máxima transformador	MVA	25	
Voltaje nominal	VWDGn	69	15
Conexión T/C winding n	WnCT	Y	Y
Compensación conexión T/C winding n	WnCTC	12	1
Relación T/C para winding n	CTRn	60	320
Tap	TAPn	3,49	3,01
Elemento restringido	O87P	0,30 x Tap	
Porcentaje retención Slope 1	SLP1	35%	
Corriente retención Slope 1	IRS1	3,0 x Tap	
Porcentaje retención Slope 2	SLP2	50%	
Elemento no restringido	U87P	7,00 x Tap	
Bloqueo 2ª armónica	PCT2	15%	
Bloqueo 5ª armónica	PCT5	OFF	
Bloqueo independiente de armónicas	IHBL	N	

Verificación de sensibilidad ante falla con menor valor de aporte de corriente dentro de la zona de operación diferencial

Se obtiene el valor máximo de resistencia de falla capaz de ser detectada para una falla monofásica dentro de su zona de operación (sin corriente por el winding 2 del relé SEL 387).

Para ello, se simula en DlgSILENT una falla monofásica con resistencia de falla inmediatamente antes del TC lado 15 kV utilizado por el relé diferencial, para la topología analizada que presenta los menores niveles de cortocircuito, observándose operación de la función diferencial. El valor de resistencia de falla máximo obtenido es de 18 ohms.

La topología TO2_PCT1 es la que presenta el menor nivel de cortocircuito de acuerdo con los resultados presentados en el capítulo 11, "Cálculo de Niveles de Cortocircuito".



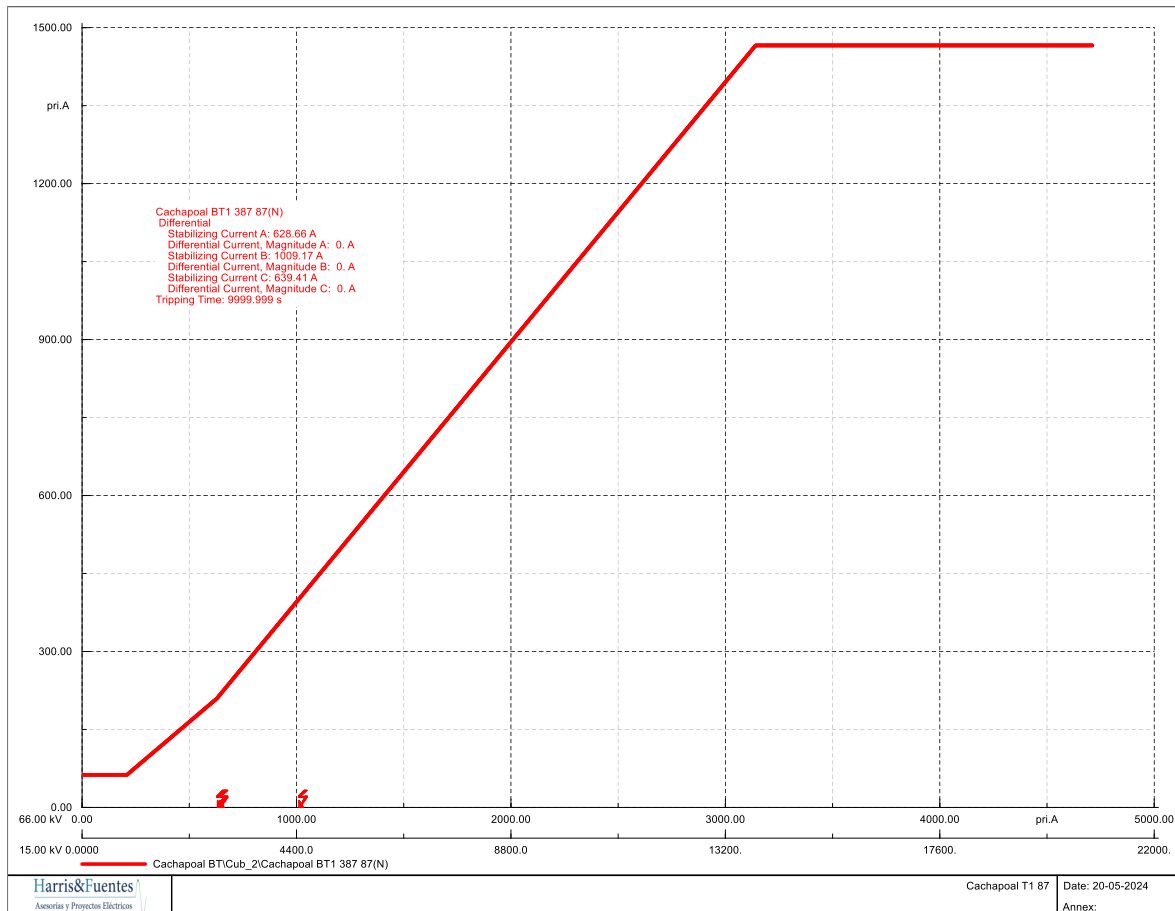
Verificación de no-operación ante falla externa pasante en barra 15 kV (fuera de la zona de operación para escenario de mayor nivel de cortocircuito)

Se verifica que la función diferencial es insensible a la operación ante una falla externa pasante para el escenario y tipo de falla que presente el mayor nivel de cortocircuito.

Al respecto y considerando que la función diferencial tiene operación segregada por fase, se determina la máxima corriente pasante en barra 15kV para el tipo de falla y escenario de acuerdo con los resultados presentados en el capítulo 11, “Cálculo de Niveles de Cortocircuito”.

Se determina que la máxima corriente de cortocircuito pasante por el transformador T1 de S/E Cachapoal será para una falla bifásica a tierra bajo la topología TO1_PCT3.

La simulación en DIgSILENT demuestra la insensibilidad a la operación de la función diferencial del transformador ante la máxima corriente de falla pasante esperada.



En el Anexo F, documento emitido por separado, se verifica la estabilidad de la protección diferencial del transformador T1, para todos los tipos de fallas analizados en el estudio, bajo el escenario que representa los mayores niveles de cortocircuito.

6.4 S/E Cachapoal - Paño CT1 Relés SEL 387 (W2) y SEL 351A Funciones 51/50TD/51N

Los TTCC asociados a las protecciones SEL 387(W2) y SEL 351A tienen relaciones de transformación diferentes por lo que los ajustes de pickup en valores secundarios serán distintos en ambos equipos.

Además, con objeto de brindar una mayor cobertura para fallas residuales con alto valor resistivo, el pickup de la función de sobrecorriente residual de tiempo inverso a programar en el relé SEL 351A tendrá un menor valor **primario** respecto al determinado para el relé SEL 387(W2), considerándose para este último, el mínimo valor posible de programar en el equipo.

Sobrecorriente de fases (51)

Se propone un valor de pickup de fase en el valor equivalente a aproximadamente un 125% de la capacidad de paso del transformador T1 (1200 amperes, 31.18 MVA a 15 kV).

La curva de sobrecorriente de fases propuesta se debe situar por debajo de la curva de daño del transformador para protegerlo adecuadamente contra fallas pasantes externas que pueden producir daños térmicos y mecánicos.

Sobrecorriente de fases de tiempo definido (50TD)

Se propone un valor de pickup con el mismo valor de pickup de la función de sobrecorriente de tiempo inverso y con un tiempo de operación de 4 segundos. El propósito de esta función es asegurar la coordinación con las protecciones de sobrecorriente del paño BT1 ante la ocurrencia de fallas bifásicas en redes MT de los alimentadores 15 kV.

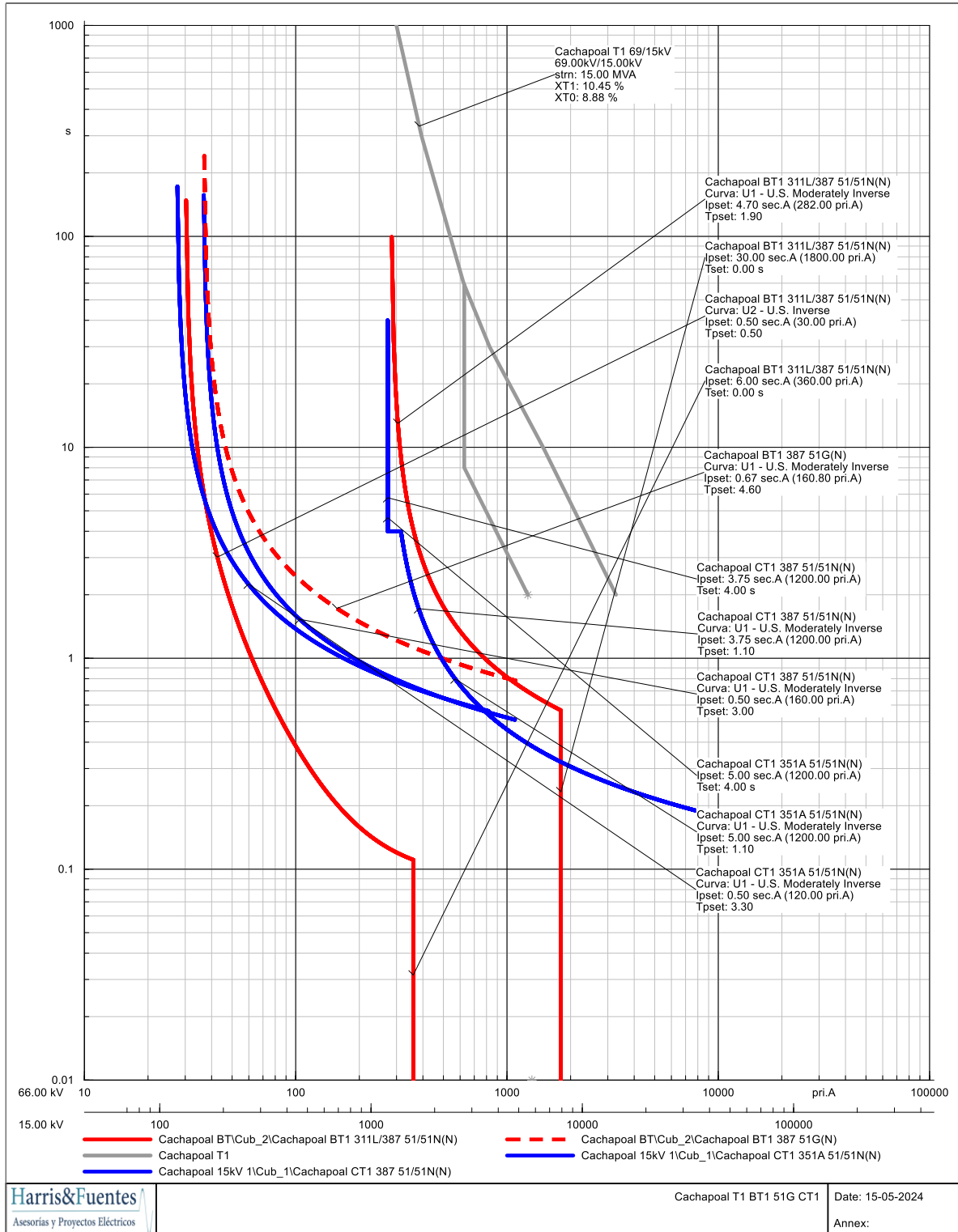
Sobrecorriente residual (51N) en relé SEL 387(W2)

La característica de sobrecorriente residual de tiempo inverso considera el menor valor de pickup permitido por el relé SEL 387 (0.5 amperes secundarios equivalentes a 160 amperes primarios), con un ajuste de time dial que asegure coordinación con sus adyacencias superiores e inferiores y presentando una homologación en tiempos de operación con similar función a programar en el relé SEL351A para corrientes superiores a 2000 amperes.

Sobrecorriente residual (51N) en relé SEL 351A

La característica de sobrecorriente residual de tiempo inverso considera un pickup de 0.5 amperes secundarios (equivalentes a 120 amperes primarios), con un ajuste de time dial que asegure coordinación con sus adyacencias superiores e inferiores y presentando una homologación en tiempos de operación con similar función a programar en el relé SEL 387(W2) para corrientes superiores a 2000 amperes.

S/E Cachapoal
Paño BT1– Relés SEL 311L y SEL 387 (W1+W3)
Paño CT1 – Relés SEL 387(W2) y SEL 351A
Característica Tiempo – Corriente



S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 387 (W2) - Paño CT1
Funciones 51/50TD/51N

Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente		Ajustes Propuestos	
Subestación		Cachapoal	
Transformador		T1	
Marca /Modelo Relé		SEL 387	
Grupo ajustes		Grupo 1	
Características transformador de corriente			
Relación TT/CC		1600 / 5 A	
Función de sobrecorriente		CT1	
Winding secundario relé		W2	
Elemento de Fase			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	3,75 A sec	
	Time dial	1,1	
Tiempo definido	C. Torque	1	
	Pickup	3,75 A sec	
	Tiempo op.	200 ciclos	
Elemento Residual			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	0,50 A sec	
	Time dial	3	
Tiempo definido	C. Torque	--	
	Pickup	--	
	Tiempo op.	--	

S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 351A - Paño CT1
Funciones 51/50TD/51N

Protección de Sobrecorriente		Ajustes Propuestos	
Subestación		Cachapoal	
Paño		CT1	
Marca /Modelo Relé		General 15 kV T1	
Grupo ajustes		SEL 351A	
Ajustes Generales		1	
Relación TT/CC		1200 / 5 A	
		240	
Función de Sobrecorriente			
Elemento de Fase			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	5,00 A sec	
	Time dial	1,1	
Elemento Tiempo Definido	Pickup	5,00 A sec	
	Tiempo operación	200 ciclos	
Elemento Residual			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	0,50 A sec	
	Time dial	3,3	

6.5 S/E Cachapoal - Paño CT1 - Relés 351A y SEL 387(W2) Función 50BF

Esta función se programa independientemente en los relés SEL 351A y 387(W2) y tiene como propósito dar orden de desenganche sobre el interruptor 52BT1 cuando el 52CT1 falle en realizar la apertura por activación de las protecciones de sobrecorriente del lado 15 kV.

La orden de apertura sobre el interruptor 52BT1, originada por la lógica de falla de interruptor (función 50BF), será implementada utilizando el mismo contacto de salida del relé SEL 387 destinado a apertura por la función de sobrecorriente del winding 1 (lado 66kV).

Relé SEL 387

El criterio de activación de la función 50BF en el relé SEL 387 para falla en la apertura del interruptor 52CT1 es el siguiente:

- Que exista una falla presente que genere señal de Trip en las protecciones de sobrecorriente asociadas al lado 15 kV en el relé SEL 387(W2).
- Que hayan transcurrido 0.2 segundos desde el inicio de la orden de Trip enviada por las protecciones, sin producirse extinción de las corrientes.

Relé SEL 351A

El criterio de activación de la función 50BF en el relé SEL 351A para falla en la apertura del interruptor 52CT1 es el siguiente:

- Que exista una falla presente que genere señal de Trip en las protecciones de sobrecorriente en el relé SEL 351A.
- Que hayan transcurrido 0.2 segundos desde el inicio de la orden de Trip enviada por las protecciones, sin producirse extinción de las corrientes.

De acuerdo con el proyecto de control, la orden de trip por función 50BF del relé SEL 351A se alambra a una input digital del relé SEL 387, siendo este último relé quien envíe la señal de disparo sobre el interruptor 52BT1.

Las siguientes tablas muestran los ajustes propuestos a implementar para la función 50BF, en los relés que se indican:

a) Relé SEL 351A – Función 50BF

Protección de Sobrecorriente Subestación Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Paños	Ajustes Propuestos Cachapoal SEL 351A -CT1 Grupo 1
	52CT1 → 52BT1
Función 50BF Definiciones	Programación
SV1: Variable lógica TRIP: Ecuación apertura por 51/50TD/51N sobre 52CT1	SV1 = TRIP
S1V1PU: Retardo tiempo activación variable lógica S1V1	S1V1PU = 10 CICLOS
S1V1DO: Retardo tiempo desactivación variable lógica S1V1	S1V1DO = 25 CICLOS
OUTZZZ: Output para Input XXX del SEL 387 para apertura por 50BF sobre 52BT1	OUTZZZ = SV1T * (51P+51G)

Donde OUTZZZ corresponde a la output que envía la señal 50BF desde relé SEL 351A al relé SEL 387

b) Relé SEL 387 – Función 50BF

Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente Subestación Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Paños	Ajustes Propuestos Cachapoal SEL 387-T1 Grupo 1
	52CT1 → 52BT1
Función 50BF Definiciones	Programación
S1V1: Variable lógica TRx: Ecuación apertura por 51/50TD/51N (W2) sobre 52CT1	S1V1 = TRx
S1V1PU: Retardo tiempo activación variable lógica S1V1	S1V1PU = 10 CICLOS
S1V1DO: Retardo tiempo desactivación variable lógica S1V1	S1V1DO = 25 CICLOS
TRx: Ecuación apertura por 51/50TD/51N (W2) sobre 52CT1	TRx = 51P2T + 50P21T + 51N2T
TRy: Ecuación función 50BF 50BF SEL 387 y 50BF externo del SEL 351A	TRy = S1V1T * (51P2 + 51N2) + INXXX
OUTXXX: Output para apertura por 50BF sobre 52BT1	OUTXXX =+TRIPy

Donde INXXX corresponde a la input que recibe la señal 50BF desde relé SEL 351A

7. AJUSTES PROPUESTOS PARA NUEVAS PROTECCIONES ASOCIADAS AL TRANSFORMADOR N°2

Para los nuevos relés de protección asociados al transformador N°2 se habilitarán las funciones que se indican:

Paño BT2

Relé SEL 311L

Funciones: 21T/21NT/51/50/51N/50N

Paños BT2 -T2 – CT2

Relé SEL 387

Funciones:

- Lado 66 kV: 51/50/51N/50N/51G (TC neutro lado 15 kV transformador)
- Transformador: 87T
- Lado 15 kV :51/50TD/51N/51G/50BF (52CT2→52BT2)

Paño CT2

Relé SEL 351A

Funciones: 51/50TD/51N/50BF (52CT2→52BT2)

7.1 S/E Cachapoal - Paño BT2- Relé SEL 311L Funciones 21T/21NT

Se proponen 2 zonas de operación, en dirección forward, con características tipo mho para la función de fases y mho/cuadrilátera para la función residual.

Funciones de distancia de fases y residual

Se ajustan los parámetros de impedancia de secuencia positiva y cero al valor de impedancia del transformador T2 y se modifican sus ángulos a 75° con objeto de variar ángulo de torque máximo del relé para asegurar la detección de fallas residuales con resistencia de falla en bushings de 66 kV del transformador.

Se propone un alcance en primera zona para las funciones de fases y residual ajustándolo al 70% de la impedancia de secuencia positiva del tap central del CDBC (10.03%) con tiempo de operación instantáneo.

S/E Cachapoal – Paño BT2 – Relé SEL 311L Alcance Zona 1 - Fase y Residual

Subestación Cachapoal	
Paño BT2	
Protección de distancia transformador T2	
Relé SEL 311L	
Razón TT/PP	600
Razón TT/CC	60
Zona	1
Alcance programado	70% $Z1_{imp \text{ transformador tap central CDBC}}$
$Z1_{primaria \text{ transformador tap central}}$	10,03 %
	V base: 69 kV
	P base: 15 MVA
	0,000 +j 31,835
Alcance primario calculado	22,28 Ω pri
Alcance secundario a programar	2,23 Ω sec

Se propone un alcance en segunda zona para las funciones de fases y residual ajustándolo al 110% de la impedancia de secuencia positiva del tap central del CDBC (10.03%) con tiempo de operación de 1.5 segundos.

S/E Cachapoal – Paño BT2 – Relé SEL 311L
Alcance Zona 2 - Fase y Residual

Subestación Cachapoal	
Paño BT2	
Protección de distancia transformador T2	
Relé SEL 311L	
Razón TT/PP	600
Razón TT/CC	60
Zona	2
Alcance programado	110% $Z1_{imp \text{ transformador tap central CDBC}}$
$Z1_{primaria \text{ transformador tap Central}}$	10,03 %
	V base: 69 kV
	P base: 15 MVA
	0,000 +j 31,835
Alcance primario calculado	35,02 Ω pri
Alcance secundario a programar	3,50 Ω sec

Alcance resistivo característica cuadrilátera residual y ángulo no homogéneo

Con el propósito de detectar fallas monofásicas con resistencia de al menos 50 ohms en bushings 66 kV del T2 se propone ajustar el alcance resistivo de la característica cuadrilátera residual en 60 ohms primarios (6 ohms secundarios) para ambas zonas.

Se considera un ángulo no homogéneo de la característica cuadrilátera residual ajustado en 0°.

Factor de compensación residual (k_0) y parámetros de secuencia positiva y cero.

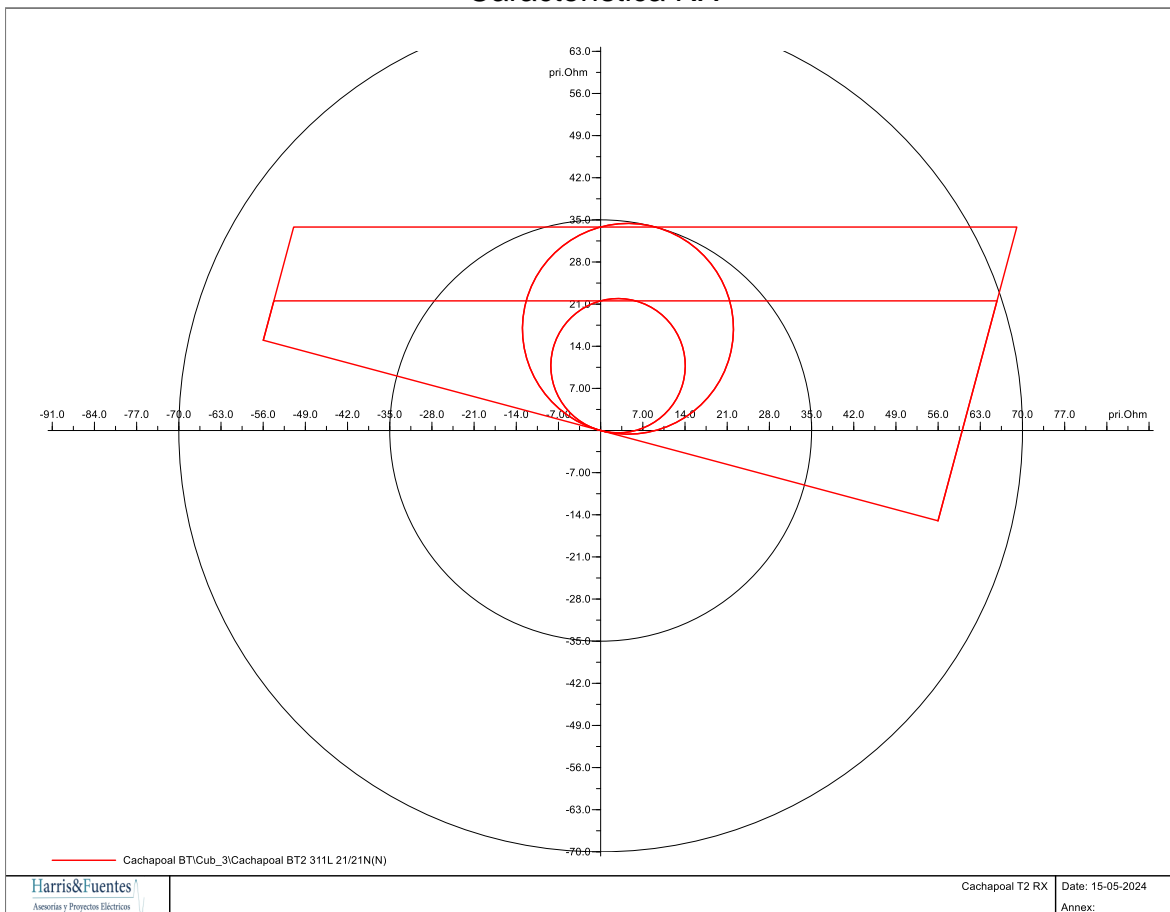
Se propone ajustar el factor de compensación residual (k_0) al valor 0.0L0° (se considera sólo la reactancia del transformador).

Detectores de corriente de falla de funciones de distancia

Se propone ajustar el detector de corriente de falla de distancia de fases de la Zona 1 (50PP1) al valor de pickup de la función de sobrecorriente de fases de tiempo inverso, (4.7 amperes secundarios), valor que se indica más adelante.

Se propone ajustar el detector de falla de distancia de fases de la zona 2 (50PP2) y los detectores de falla de distancia residual de las Zonas 1 y 2 (50L1, 50L2, 50GZ1 y 50GZ2), al mínimo valor ajustable en el relé (0.5 amperes secundarios).

S/E Cachapoal – Paño BT2 – Relé SEL 311L
Característica RX



S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL311L– Paño BT2
Funciones 21T/21NT

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Propuestos Cachapoal BT2 General 66 kV T2 SEL 311L 1			
Ajustes Generales				
Relación TT/CC	300 / 5 A 60			
Relación TT/PP Barra	66000 v	:	110 v	
Rotación de fases (PHROT)	600 ABC			
Función de Distancia				
Generales				
Impedancia sec. positiva secundario	3,18	L	75,00 °	
Impedancia sec. cero secundario	2,70	L	75,00 °	
Longitud línea	1,00 km			
Angulo torque máximo	línea			
TANG	0,0 °			
K0	0,000	L	0,00 °	
Detectores de corriente de falla				
Característica de fases Zona 1 (50PP1)	4,70 A sec			
Característica residual Z1(50L1 y 50GZ1)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 2 (50PP2)	0,50 A sec			
Característica residual Z2(50L2 y 50GZ2)	0,50 A sec			
Elemento de Fase Característica Mho				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	Alcance	Tiempo op.	
Primera Zona	Forward	2,23 Ω sec	0 ciclos	
Segunda Zona	Forward	3,50 Ω sec	75 ciclos	
Tercera Zona	NO	NO	NO	
Cuarta Zona	NO	NO	NO	
Elemento Residual Característica Mho				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	Alcance	Tiempo op.	
Primera Zona	Forward	2,23 Ω sec	0 ciclos	
Segunda Zona	Forward	3,50 Ω sec	75 ciclos	
Tercera Zona	NO	NO	NO	
Cuarta Zona	NO	NO	NO	
Elemento Residual Característica Cuadrilateral				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	X	R	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	2,23 Ω sec	6,00 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	3,50 Ω sec	6,00 Ω sec	75 ciclos
Tercera Zona	NO	NO	NO	NO
Cuarta Zona	NO	NO	NO	NO

7.2 S/E Cachapoal - Paño BT2

Relé SEL 311L Funciones 51/50/51N/50N
Relé SEL 387 (W1 y W3) Funciones 51/50/51N/50N/51G

Estas funciones se implementan en el relé SEL 311L y también en el relé diferencial SEL 387 (W1).

Sobrecorriente de fase (51)

Se propone un valor de pickup de fase en el valor equivalente a aproximadamente un 135% de la capacidad de paso ONAF del transformador T2 (282 amperes, 33.70 MVA en 69 kV).

La curva de sobrecorriente de fases propuesta debe ubicarse por sobre la característica de sobrecorriente de fases del paño CT2 correspondiente al lado 15 kV, con un tiempo que asegure coordinación. Esta curva debe ser lo suficientemente elevada para permitir la energización del transformador de poder, de modo que se pueda conectar sin la operación indeseada de esta protección y se debe situar por debajo de su curva de daño, para protegerlo adecuadamente contra fallas pasantes externas que pueden producir daños térmicos y mecánicos.

Sobrecorriente instantánea de fase (50)

Se habilita una función de sobrecorriente instantánea ante fallas de fases que ocurran en el transformador. El valor se ajusta considerando que no debe detectar fallas en la barra 15 kV, como tampoco debe tener una falsa operación por corriente de inrush.

La máxima falla en barra 15 kV, reflejada en el lado de 66 kV, simulada en DlgSILENT es de 1.040 amperes y corresponde a una falla trifásica para la topología TO1_PCT3. Por otro lado, la corriente inrush se estima en 1.255 amperes considerando que puede llegar a ser 10 veces la corriente del transformador en su potencia ONAN.

Entonces, el ajuste dado al pickup de la función 50 es de 1.800 amperes primarios (30 A sec), lo que asegura que responderá correctamente ante fallas en el transformador y no detectará fallas en el lado 15 kV con un margen de seguridad de un 73% respecto a la topología de mayor aporte en niveles de cortocircuito (TO1_PCT3) .

Sobrecorriente residual (51N)

Se ajusta el pickup de la protección de sobrecorriente residual en 30 amperes primarios (mínimo valor posible de programar en el relé SEL 387), valor equivalente a un 14.3% de la corriente nominal del transformador de poder en régimen ONAF.

La curva se debe ubicar por debajo de la curva de daño del transformador de poder.

Sobrecorriente instantánea residual (50N)

Se habilita una función de sobrecorriente instantánea ante fallas residuales que ocurran en el transformador. Se ajusta su valor de pickup a 360 amperes primarios (6 A sec).

Debido al tipo de conexión Dyn1 del transformador de poder, las funciones de sobrecorriente residuales no requieren coordinar con las protecciones del lado 15 kV.

Sobrecorriente residual de neutro (51G)

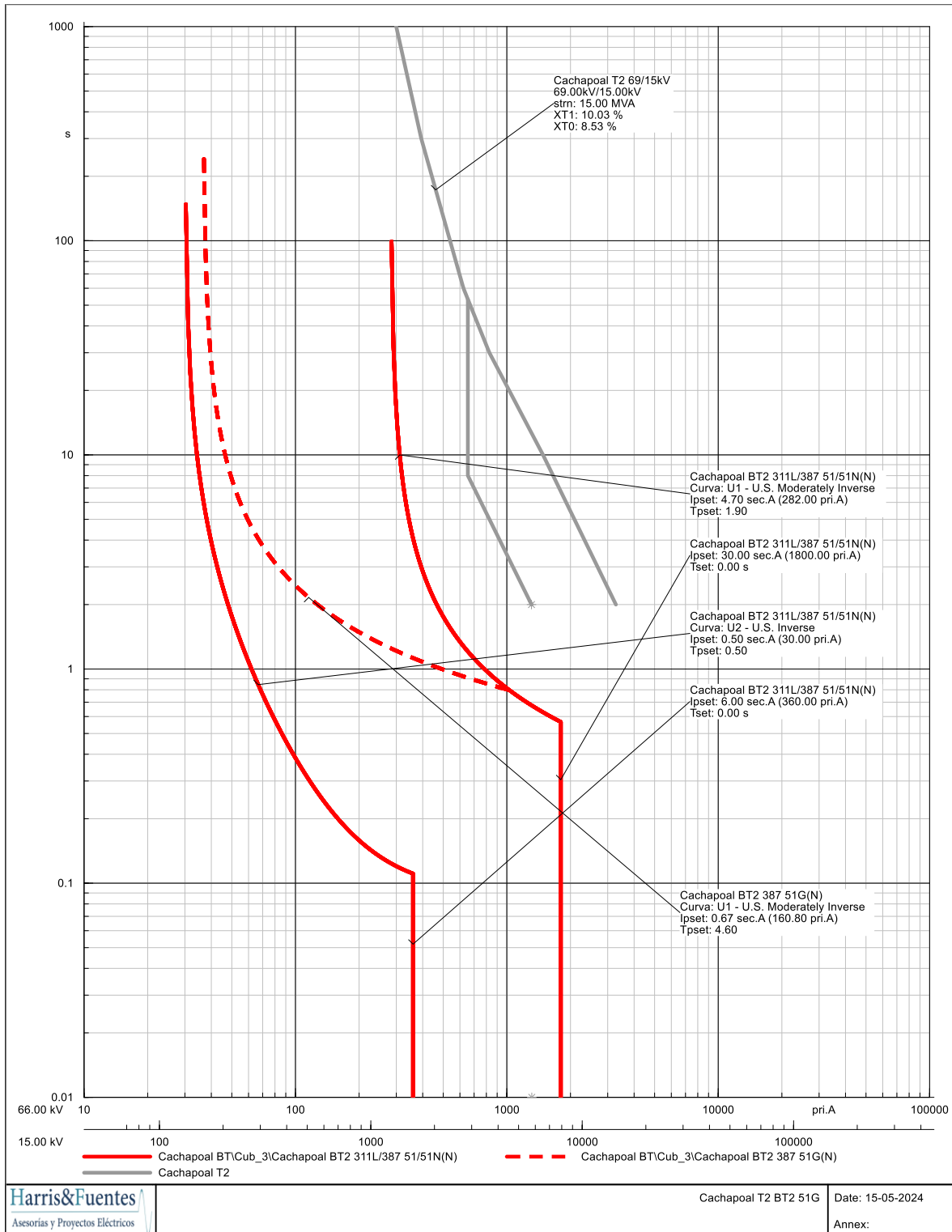
Se propone habilitar en el relé SEL 387 una característica de tiempo inverso residual tomando una señal de corriente desde el TC ubicado en el bushing X0 del transformador T2.

Esta función brindará disparo sobre el interruptor 52BT2 de manera coordinada con las protecciones que dan desenganche sobre el interruptor 52CT2 y tienen como propósito principal detectar fallas residuales con resistencia de al menos 50 ohms ubicadas entre los bushings del lado MT (15kV) del transformador de poder y el interruptor 52CT2.

Los ajustes consideran:

- ✓ Utilización del TC denominado TCCT2N t.b. (p20) ubicado en el bushing X0 del transformador en relación 1200/5 A.
- ✓ Utilización del W3 del relé SEL 387 para la input de corriente del neutro del transformador.
- ✓ Disparo sobre interruptor 52BT2 incorporando la función a la lógica de disparo habilitada.
- ✓ Determinación de valores de pickup, time dial para la característica 51G para conseguir adecuada coordinación con las protecciones de adyacencias superiores e inferiores.

S/E Cachapoal – Paño BT2– Relés SEL 311L y SEL 387 (W1+W3)
Característica Tiempo – Corriente



S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 311L– Paño BT2
Funciones 51/50/51N/50N

Protección de Distancia y Sobrecorriente		Ajustes Propuestos		
Subestación		Cachapoal		
Paño		BT2		
Marca /Modelo Relé		General 66 kV T2		
Grupo ajustes		SEL 311L		
		1		
Ajustes Generales				
Relación TT/CC		300 / 5 A		
		60		
Función de Sobrecorriente				
Elemento de Fase				
C. Torque		1		
Curva		U1		
Pickup		4,70 A sec		
Time dial		1,9		
Tiempo definido		C. Torque	Pickup	Tiempo op.
Tiempo definido 1		1	30,00 A sec	0 ciclos
Elemento Residual				
C. Torque		1		
Curva		U2		
Pickup		0,50 A sec		
Time dial		0,5		
Tiempo definido		C. Torque	Pickup	Tiempo op.
Tiempo definido 1		1	6,00 A sec	0 ciclos

S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 387(W1+W3) Paño BT2
Funciones 51/50/51N/50N/51G

Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente		Ajustes Propuestos	
Subestación		Cachapoal	
Transformador		T2	
Marca /Modelo Relé		SEL 387	
Grupo ajustes		Grupo 1	
Características transformador de corriente			
Relación TT/CC		300 / 5 A	
Función de sobrecorriente		BT2	
Winding secundario relé		W1	
Elemento de Fase			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	4,70 A sec	
	Time dial	1,9	
Tiempo definido	C. Torque	1	
	Pickup	30,00 A sec	
	Tiempo op.	0 ciclos	
Elemento Residual			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U2	
	Pickup	0,50 A sec	
	Time dial	0,5	
Tiempo definido	C. Torque	1	
	Pickup	6,00 A sec	
	Tiempo op.	0 ciclos	
Función de sobrecorriente		Bushing X0 T2	
Winding secundario relé		Winding 3	
		TRIP sobre BT2	
Elemento Residual de Neutro (51G)			
Relación de TT/CC (TC bushing neutro lado 15 kV)		240	
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	0,67 A sec	
	Time dial	4,6	

7.3 S/E Cachapoal Transformador T2 Relé SEL 387 Función 87T

Datos considerados para los ajustes:

Transformador de Poder T2 en relación 69/15 kV en tap neutral del CDBC
Potencia: 25 MVA
Grupo de conexión: Dyn1

Transformadores de Corriente lado 69 kV
Conexión secundaria en Y (estrella)
Precisión núcleo protección: 10P20
Razón de transformación (W1): 300/5 = 60

Transformadores de Corriente lado 15 kV
Conexión secundaria en Y (estrella)
Precisión núcleo de protección: 10P20
Razón TC conectado a enrollado 2 (W2): 1600/5 = 320

Cálculo de los taps con que se ajustará en el relé SEL-387:

La potencia máxima del transformador es 25 MVA, en régimen ONAF.

Para calcular los Taps, el relé utiliza la siguiente fórmula:

$$TAPn = \frac{MVA * 1000}{\sqrt{3} * VWDG * CTRn} * C$$

Donde:

$$C = \begin{cases} 1, & \text{si el ajuste } WnCT = Y \text{ (Estrella)} \\ \sqrt{3}, & \text{si el ajuste } WnCT = D \text{ (Delta)} \end{cases}$$

C: Factor según la conexión usada en los TTCC.

MVA: ajuste de máxima capacidad de potencia del transformador.

VWDGn: ajuste de voltaje línea-línea, en kV.

CTRn: ajuste de razón de TC.

Los taps calculados arrojaron los siguientes valores:

TAP1= 3.49

TAP2= 3.01

Se debe cumplir de acuerdo con manual del relé que, $\frac{TAP_{max}}{TAP_{min}} \leq 7.5$

$$\frac{3.49}{3.01} = 1.16 \leq 7.5$$

Compensaciones por los desfases angulares:

El transformador de poder tiene grupo de conexión Dyn1 y sus bushings del lado 66 kV estarán conectados al paño BT1 utilizando la siguiente secuencia:

H1 Fase 1 SEN
H2 Fase 2 SEN
H3 Fase 3 SEN

Los secundarios de los TTCC de protección serán conectados en estrella, por lo que se considera el siguiente ajuste:

PHROT = ABC

W1CTC = 12

W2CTC = 1

Ajuste del porcentaje del slope de retención SLP1, SLP2 y IRS1:

Para la primera parte de la curva (SLP1), se ajusta un slope de 35%. Este valor considera un error de TTCC clase 10P20 de un 10%, el margen máximo del CDBC de un 13%, un margen de seguridad de un 10% por error de medida del relé y un error por corriente de excitación de un 2%.

SLP1 = 35

Para la segunda parte de la curva (SLP2), se considera un valor de 50%, debido a la eventualidad que un transformador de corriente se sature en fallas con alta corriente y con ello se genere una orden de trip incorrecta.

SLP2 = 50

Para el límite de operación de la primera zona de la curva (SLP1), punto IRS1, donde se interceptan ambos slope, el fabricante recomienda un valor de 3 veces el tap.

IRS1 = 3.0

Se comprueba según lo solicitado por el manual del fabricante que:

$$TAP_{max} \cdot IRS1 \leq 155.0$$

$$3.49 \cdot 3.0 = 10.47 \leq 155$$

Ajuste de pickup de la corriente diferencial O87P:

Se ajustará un valor de 0.30, verificando que este valor es lo suficientemente sensible para detectar fallas monofásicas con resistencia de hasta 18 ohms dentro de la zona de operación.

$$\mathbf{O87P = 0.30}$$

Se comprueba según lo solicitado por el manual del fabricante que:

$$TAP_{min} \cdot O87P \geq 0.1 \cdot I_n$$

$$3.01 \cdot 0.30 = 0.903 \geq 0.1 \cdot 5 = 0.5$$

Umbral de operación sin retención U87P:

Se debe ajustar a un valor mayor que la corriente de inrush esperada y en lo posible inferior a la corriente de cortocircuito de paso esperada para fallas del transformador a proteger.

La corriente nominal del transformador en régimen ONAN es de 125.5 A en el lado 69 kV. Suponiendo que la corriente de inrush puede llegar a ser 10 veces la corriente nominal, se tendría una corriente de energización de 1.255 A.

Por lo anterior, se ajusta un valor equivalente a aproximadamente un 17% por sobre la corriente de inrush esperada:

$$U87P > \frac{I}{RTC_n \cdot Tap_n} = \frac{1.255}{60 \cdot 3.49} = 5.99, \quad \text{se ajusta } \mathbf{U87P = 7}$$

Ajuste de bloqueo por 2^{do} armónico PCT2:

Este ajuste permite evitar una operación indeseada de la protección diferencial durante la energización. Un ajuste conservador recomendado por el fabricante es de un 15%.

$$\mathbf{PCT2 = 15}$$

Ajuste de bloqueo por 5^{to} armónico PCT5:

No se considera la habilitación de bloqueo por 5^{to} armónico.

$$\mathbf{PCT5 = OFF}$$

Ajuste del elemento bloqueo de armónicas IHBL:

Se ajustan los siguientes valores para permitir el bloqueo de operación diferencial en el caso de presentarse corriente inrush.

IHBL = N

S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 387 – Transformador T2
Función 87T

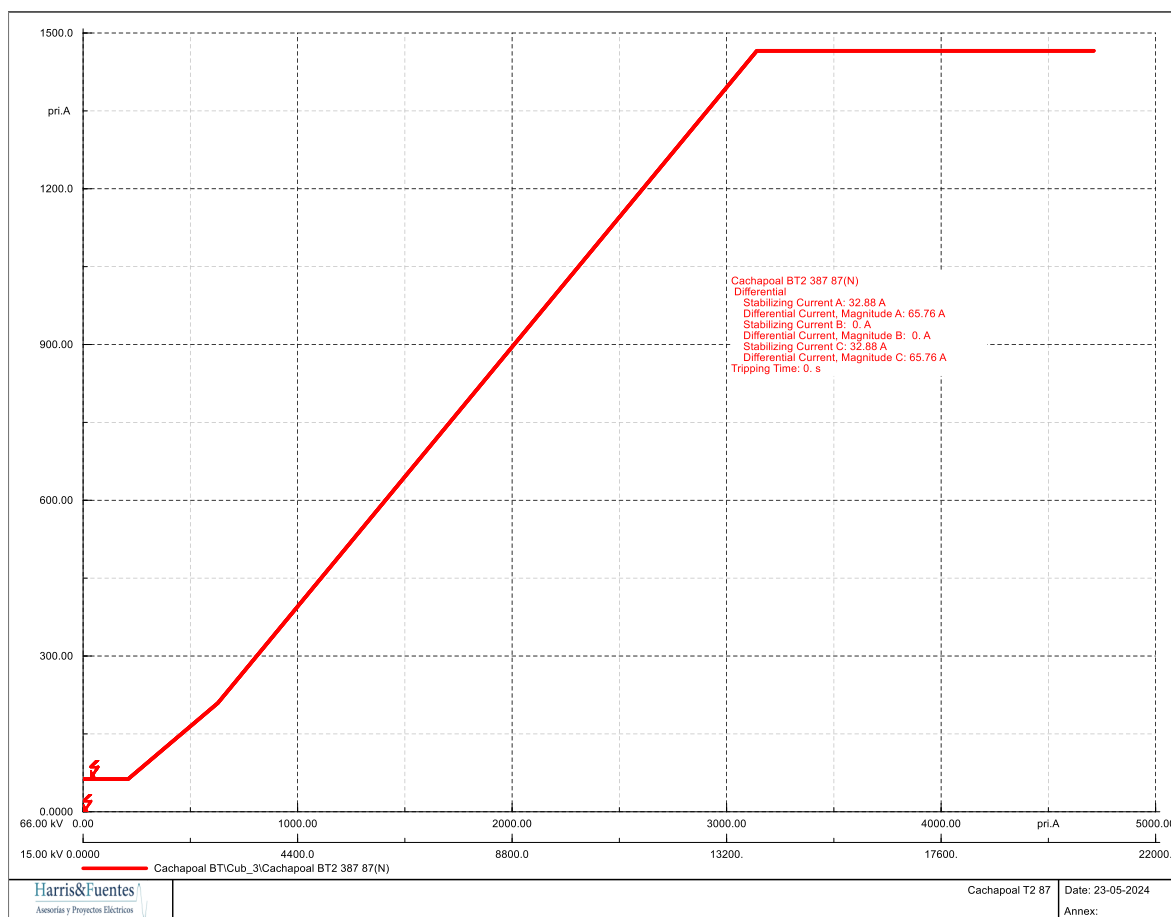
Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente Subestación Transformador Marca /Modelo Relé Grupo ajustes		Ajustes Propuestos Cachapoal T2 SEL 387 Grupo 1	
Características transformador de poder		15/20/25 25,0 MVA Dyn1	
Potencia (MVA)			
Potencia nominal máxima			
Grupo conexión			
Voltaje nominal		69,0 kV	15,0 kV
Corriente nominal máxima		209,2 A	962,3 A
Características transformador de corriente			
Relación TT/CC		300 / 5 A	1600 / 5 A
Función Diferencial			
	Paño	BT2	CT2
	Winding secundario relé	W1	W2
Rotación de fase conexión al sistema	PHROT	ABC	
Define compensación interna conexión	ICOM	Y	
Habilita W1 en elemento diferencial	E87W1	Y	
Habilita W2 en elemento diferencial	E87W2	Y	
Potencia máxima transformador	MVA	25	
Voltaje nominal	VWDGn	69	15
Conexión T/C winding n	WnCT	Y	Y
Compensación conexión T/C winding r	WnCTC	12	1
Relación T/C para winding n	CTRn	60	320
Tap	TAPn	3,49	3,01
Elemento restringido	O87P	0,30 x Tap	
Porcentaje retención Slope 1	SLP1	35%	
Corriente retención Slope 1	IRS1	3,0 x Tap	
Porcentaje retención Slope 2	SLP2	50%	
Elemento no restringido	U87P	7,00 x Tap	
Bloqueo 2ª armónica	PCT2	15%	
Bloqueo 5ª armónica	PCT5	OFF	
Bloqueo independiente de armónicas	IHBL	N	

Verificación de sensibilidad ante falla con menor valor de aporte de corriente dentro de la zona de operación diferencial

Se obtiene el valor máximo de resistencia de falla capaz de ser detectada para una falla monofásica dentro de su zona de operación (sin corriente por el winding 2 del relé SEL 387).

Para ello, se simula en DlgSILENT una falla monofásica con resistencia de falla inmediatamente antes del TC lado 15 kV utilizado por el relé diferencial, para la topología analizada que presenta los menores niveles de cortocircuito, observándose operación de la función diferencial. El valor de resistencia de falla máximo obtenido es de 18 ohms.

La topología TO2_PCT1 es la que presenta el menor nivel de cortocircuito de acuerdo con los resultados presentados en el capítulo 11, "Cálculo de Niveles de Cortocircuito".



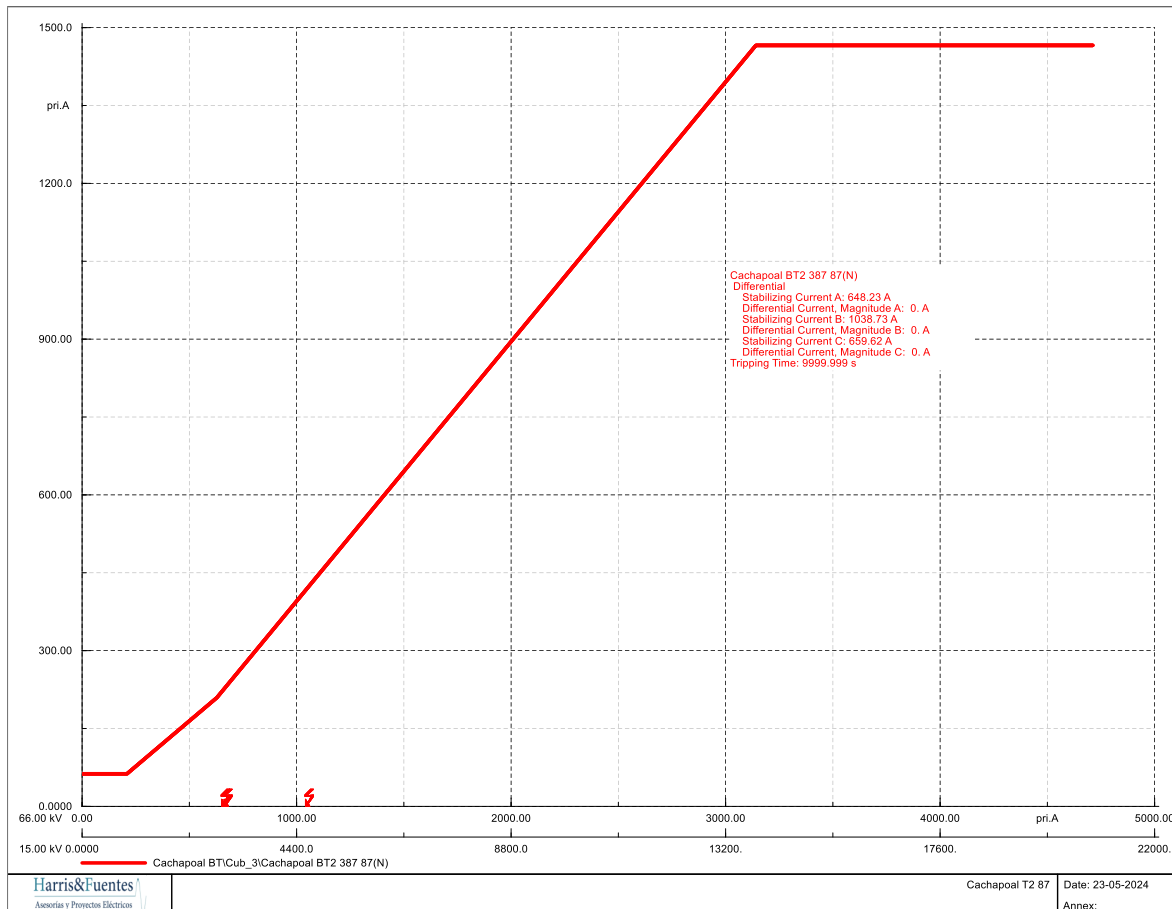
Verificación de no-operación ante falla externa pasante en barra 15 kV (fuera de la zona de operación para escenario de mayor nivel de cortocircuito)

Se verifica que la función diferencial es insensible a la operación ante una falla externa pasante para el escenario y tipo de falla que presente el mayor nivel de cortocircuito.

Al respecto y considerando que la función diferencial tiene operación segregada por fase, se determina la máxima corriente pasante en barra 15kV para el tipo de falla y escenario de acuerdo con los resultados presentados en el capítulo 11, “Cálculo de Niveles de Cortocircuito”.

Se determina que la máxima corriente de cortocircuito pasante por el transformador T2 de S/E Cachapoal será para una falla bifásica a tierra bajo la topología TO1_PCT3.

La simulación en DIgSILENT demuestra la insensibilidad a la operación de la función diferencial del transformador ante la máxima corriente de falla pasante esperada.



En el Anexo F, documento emitido por separado, se verifica la estabilidad de la protección diferencial del transformador T2, para todos los tipos de fallas analizados en el estudio, bajo el escenario que representa los mayores niveles de cortocircuito.

7.4 S/E Cachapoal - Paño CT2 Relés SEL 387 (W2) y SEL 351A Funciones 51/50TD/51N

Los TTCC asociados a las protecciones SEL 387(W2) y SEL 351A tienen relaciones de transformación diferentes por lo que los ajustes de pickup en valores secundarios serán distintos en ambos equipos.

Además, con objeto de brindar una mayor cobertura para fallas residuales con alto valor resistivo, el pickup de la función de sobrecorriente residual de tiempo inverso a programar en el relé SEL 351A tendrá un menor valor **primario** respecto al determinado para el relé SEL 387(W2), considerándose para este último, el mínimo valor posible de programar en el equipo.

Sobrecorriente de fases (51)

Se propone un valor de pickup de fase en el valor equivalente a aproximadamente un 125% de la capacidad de paso del transformador T2 (1200 amperes, 31.18 MVA a 15 kV).

La curva de sobrecorriente de fases propuesta se debe situar por debajo de la curva de daño del transformador para protegerlo adecuadamente contra fallas pasantes externas que pueden producir daños térmicos y mecánicos.

Sobrecorriente de fases de tiempo definido (50TD)

Se propone un valor de pickup con el mismo valor de pickup de la función de sobrecorriente de tiempo inverso y con un tiempo de operación de 4 segundos. El propósito de esta función es asegurar la coordinación con las protecciones de sobrecorriente del paño BT2 ante la ocurrencia de fallas bifásicas en redes MT de los alimentadores 15 kV.

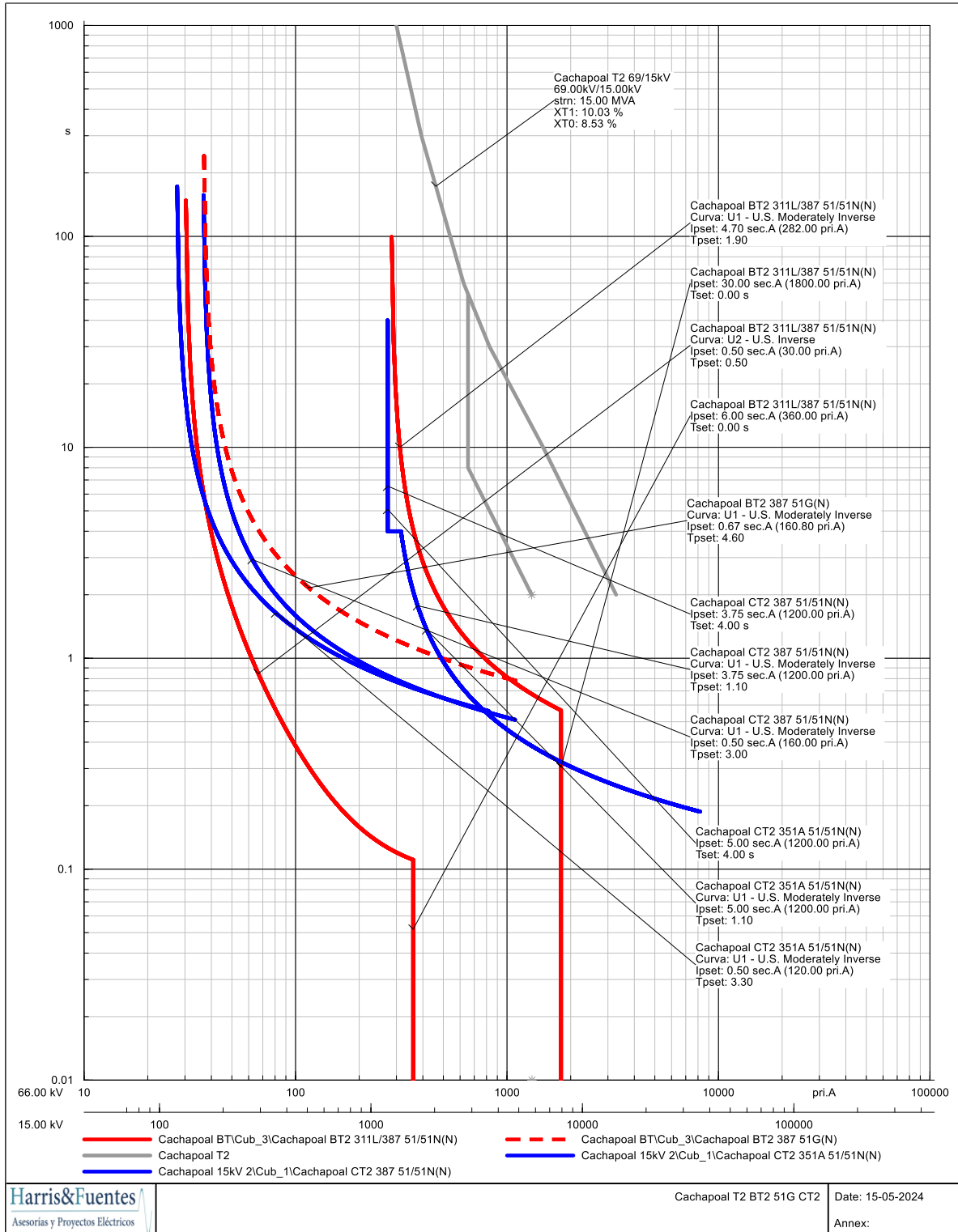
Sobrecorriente residual (51N) en relé SEL 387(W2)

La característica de sobrecorriente residual de tiempo inverso considera el menor valor de pickup permitido por el relé SEL 387 (0.5 amperes secundarios equivalentes a 160 amperes primarios), con un ajuste de time dial que asegure coordinación con sus adyacencias superiores e inferiores y presentando una homologación en tiempos de operación con similar función a programar en el relé SEL351A para corrientes superiores a 2000 amperes.

Sobrecorriente residual (51N) en relé SEL 351A

La característica de sobrecorriente residual de tiempo inverso considera un pickup de 0.5 amperes secundarios (equivalentes a 120 amperes primarios), con un ajuste de time dial que asegure coordinación con sus adyacencias superiores e inferiores y presentando una homologación en tiempos de operación con similar función a programar en el relé SEL 387(W2) para corrientes superiores a 2000 amperes.

S/E Cachapoal
Paño BT2– Relés SEL 311L y SEL 387 (W1+W3)
Paño CT2 – Relés SEL 387(W2) y SEL 351A
Característica Tiempo – Corriente



S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 387 (W2) - Paño CT2
Funciones 51/50TD/51N

Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente Subestación Transformador Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Propuestos Cachapoal T2 SEL 387 Grupo 1
Características transformador de corriente	
Relación TT/CC	1600 / 5 A
Función de sobrecorriente	CT2 W2
Elemento de Fase	
Winding secundario relé	
C. Torque	1
Curva	U1
Pickup	3,75 A sec
Time dial	1,1
C. Torque	1
Pickup	3,75 A sec
Time op.	200 ciclos
Elemento Residual	
C. Torque	1
Curva	U1
Pickup	0,50 A sec
Time dial	3
C. Torque	-
Pickup	-
Time op.	-

S/E Cachapoal
Ajustes relé SEL 351A - Paño CT2
Funciones 51/50TD/51N

Protección de Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Propuestos Cachapoal CT2 General 15 kV T2 SEL 351A 1
Ajustes Generales	
Relación TT/CC	1200 / 5 A 240
Función de Sobrecorriente	
Elemento de Fase	
C. Torque	1
Curva	U1
Pickup	5,00 A sec
Time dial	1,1
Pickup	5,00 A sec
Time operación	200 ciclos
Elemento Residual	
C. Torque	1
Curva	U1
Pickup	0,50 A sec
Time dial	3,3

7.5 S/E Cachapoal - Paño CT2 - Relés 351A y SEL 387(W2) Función 50BF

Esta función se programa independientemente en los relés SEL 351A y 387(W2) y tiene como propósito dar orden de desenganche sobre el interruptor 52BT2 cuando el 52CT2 falle en realizar la apertura por activación de las protecciones de sobrecorriente del lado 15 kV.

La orden de apertura sobre el interruptor 52BT2, originada por la lógica de falla de interruptor (función 50BF), será implementada utilizando el mismo contacto de salida del relé SEL 387 destinado a apertura por la función de sobrecorriente del winding 1 (lado 66kV).

Relé SEL 387

El criterio de activación de la función 50BF en el relé SEL 387 para falla en la apertura del interruptor 52CT2 es el siguiente:

- Que exista una falla presente que genere señal de Trip en las protecciones de sobrecorriente asociadas al lado 15 kV en el relé SEL 387(W2).
- Que hayan transcurrido 0.2 segundos desde el inicio de la orden de Trip enviada por las protecciones, sin producirse extinción de las corrientes.

Relé SEL 351A

El criterio de activación de la función 50BF en el relé SEL 351A para falla en la apertura del interruptor 52CT2 es el siguiente:

- Que exista una falla presente que genere señal de Trip en las protecciones de sobrecorriente en el relé SEL 351A.
- Que hayan transcurrido 0.2 segundos desde el inicio de la orden de Trip enviada por las protecciones, sin producirse extinción de las corrientes.

De acuerdo con el proyecto de control, la orden de trip por función 50BF del relé SEL 351A se alambra a una input digital del relé SEL 387, siendo este último relé quien envíe la señal de disparo sobre el interruptor 52BT2.

Las siguientes tablas muestran los ajustes propuestos a implementar para la función 50BF, en los relés que se indican:

a) Relé SEL 351A – Función 50BF

Protección de Sobrecorriente Subestación Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Paños	Ajustes Propuestos Cachapoal SEL 351A -CT2 Grupo 1
	52CT2 → 52BT2
Función 50BF Definiciones	Programación
SV1: Variable lógica TRIP: Ecuación apertura por 51/50TD/51N sobre 52CT2	SV1 = TRIP
S1V1PU: Retardo tiempo activación variable lógica S1V1	S1V1PU = 10 CICLOS
S1V1DO: Retardo tiempo desactivación variable lógica S1V1	S1V1DO = 25 CICLOS
OUTZZZ: Output para Input XXX del SEL 387 para apertura por 50BF sobre 52BT2	OUTZZZ = SV1T * (51P+51G)

Donde OUTZZZ corresponde a la output que envía la señal 50BF desde relé SEL 351A al relé SEL 387

b) Relé SEL 387 – Función 50BF

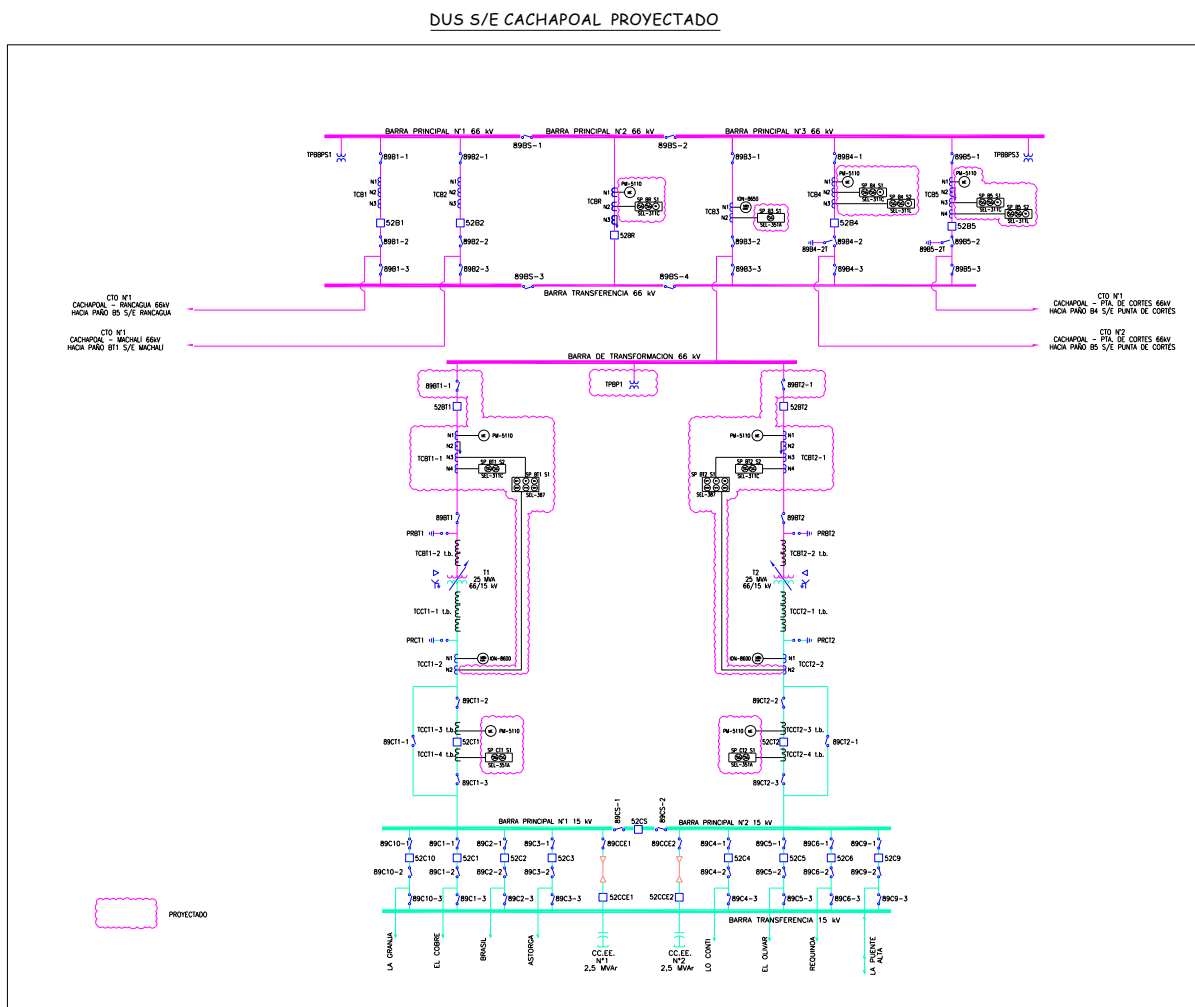
Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente Subestación Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Paños	Ajustes Propuestos Cachapoal SEL 387-T2 Grupo 1
	52CT2 → 52BT2
Función 50BF Definiciones	Programación
S1V1: Variable lógica TRx: Ecuación apertura por 51/50TD/51N (W2) sobre 52CT2	S1V1 = TRx
S1V1PU: Retardo tiempo activación variable lógica S1V1	S1V1PU = 10 CICLOS
S1V1DO: Retardo tiempo desactivación variable lógica S1V1	S1V1DO = 25 CICLOS
TRx: Ecuación apertura por 51/50TD/51N (W2) sobre 52CT2	TRx = 51P2T + 50P21T + 51N2T
TRy: Ecuación función 50BF 50BF SEL 387 y 50BF externo del SEL 351A	TRy = S1V1T * (51P2 + 51N2) + INXXX
OUTXXX: Output para apertura por 50BF sobre 52BT2	OUTXXX =+TRIPy

Donde INXXX corresponde a la input que recibe la señal 50BF desde relé SEL 351A

8. AJUSTES PROTECCIONES ASOCIADOS A PAÑOS 66 KV B3, B4, B5 Y BR

8.1 S/E Cachapoal - Paño B3 - Relé 351A Paño Interconexión Barra 66 kV con Barra Transformación

El proyecto contempla la instalación de un relé SEL 351A en reemplazo de los relés actualmente instalados (G. E. IAC 52/54) en el paño B3, posición que corresponde al paño de interconexión de la barra 66 kV de S/E Cachapoal con la barra auxiliar de transformación 66 kV a la cual están conectados los paños BT1 y BT2 asociados a los transformadores de poder N°1 y N°2, tal como se observa en el siguiente diagrama unilineal simplificado de S/E Cachapoal:



El paño B3 no cuenta con interruptor.

Las protecciones actualmente instaladas en el paño B3 tienen habilitadas funciones de sobrecorriente que registran las corrientes 66 kV integradas de los transformadores T1 y T2 brindando disparo simultáneo a través de un relé maestro sobre los interruptores BT1 y BT2 ante la ocurrencia de una falla o sobrecarga de alguno de los equipos.

El proyecto objeto de este estudio considera la instalación de protecciones de sobrecorriente y distancia en los paños BT1 y BT2 brindando disparo directo y selectivo sobre los interruptores 52BT1 o 52BT2 ante fallas o sobrecarga de alguno de los transformadores.

Por lo anterior y teniendo en consideración principalmente la inexistencia de interruptor en el paño B3:

<p>Se propone NO ajustar protecciones para el relé SEL 351A que se instala en el paño B3 de S/E Cachapoal.</p>

8.2 S/E Cachapoal - Paño B4 - Relés SEL 311C y SEL 311L LT 66 kV Cachapoal – Punta de Cortés N°2

Los relés SEL 311C y SEL 311L, que se instalan en remplazo de los relés electromecánicos de sobrecorriente G.E. JBC52 y JBCG54, tendrán habilitadas las siguientes funciones de protección:

- Distancia (21/21N), Zonas 1, 2 y 3 en sentido Forward.
- Distancia (21/21N), Zona 4 en sentido Reverse, solo para ser utilizada como detector de falla por las protecciones del paño B5 ante flujo inverso en el circuito N°2 (**Nota 1**).
- Sobrecorriente de fase y residual de tiempo inverso direccional (67/67N), con sentido Forward.
- Sobrecorriente residual de tiempo definido (67G1T), en sentido Forward y que solamente opera ante detección de corriente residual con flujo inverso por las protecciones del paño B5.
- Sobrecorriente residual instantánea (67G2T), solo para ser utilizada como detector de flujo inverso de corriente residual por las protecciones del paño B5 ante detección de flujo inverso de corriente residual en el circuito N°2 (**Nota 2**).
- Sobrecorriente de emergencia (50E)
- Cierre contra falla (SOTF).
- Reconexión automática (79).

Nota1: Este elemento **NO se incluye** en el disparo de las protecciones del paño B4. Será utilizado para acelerar el disparo de la segunda zona de la protección de distancia del paño B5 (circuito N°1) ante detección de falla en sentido Reverse en el extremo Cachapoal por las protecciones del circuito N°2. **De manera equivalente, para acelerar el disparo de la segunda zona de las protecciones del paño B4 se implementará el mismo elemento detector en las protecciones del paño B5, lo que será fundamentado en los párrafos siguientes.**

Nota 2: Este elemento **NO se incluye** en el disparo de las protecciones del paño B4. Será utilizado para habilitar el disparo por sobrecorriente residual de tiempo definido en las protecciones del paño B5 (circuito N°1) ante detección de flujo de corriente residual en sentido Reverse por las protecciones del circuito N°2. **De manera equivalente, para habilitar el disparo de la función de sobrecorriente residual de tiempo definido del paño B4 se implementará el mismo elemento detector en las protecciones del paño B5, lo que será fundamentado en los párrafos siguientes.**

La topología normal de operación de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal es con ambos circuitos conectados en paralelo, alimentada radialmente desde S/E Punta de Cortés y abasteciendo los consumos de las SS/EE Cachapoal y Machalí.

Bajo esa topología, las corrientes de falla que circulan por cada uno de los circuitos será una proporción de la corriente que circula por el paño general 66 kV de S/E Punta de Cortés, generándose con ajustes tradicionales problemas de coordinación o subalcance, y que también son detectadas por las protecciones del circuito contrario en el extremo Punta de Cortés.

Por lo anterior, parte de los ajustes propuestos para el paño B4 tendrán características condicionales de tal manera que, al detectar que las fallas se encuentran en el circuito N°2, tienen como propósito “acelerar” el disparo de la protección obteniéndose por una parte plena coordinación principalmente con las protecciones del paño B4 de S/E Punta de Cortés (circuito N°1) y por otra mitigando las perturbaciones que se presentan.

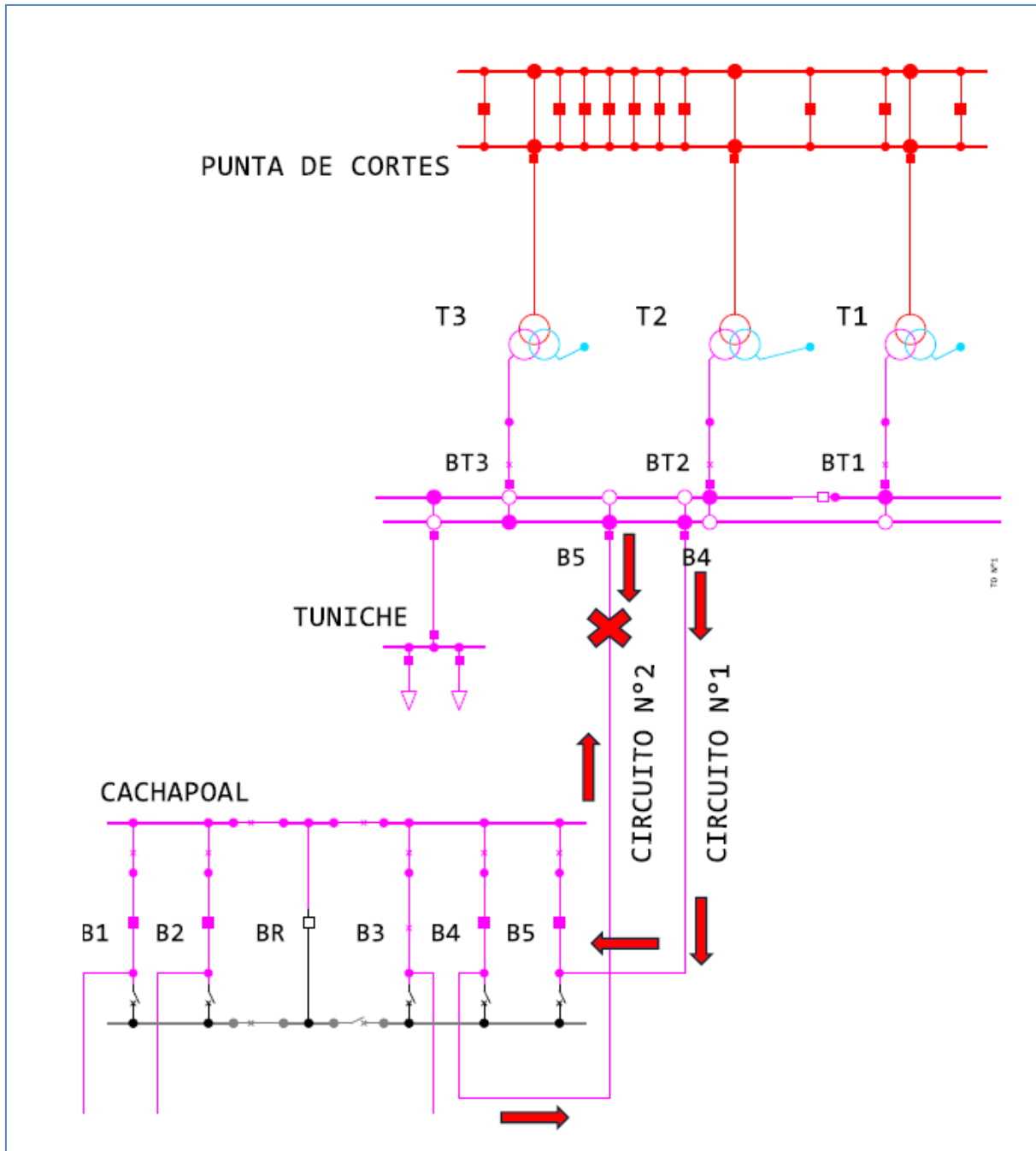
Los ajustes condicionales son dependientes de los sentidos de los flujos de corrientes de cortocircuito detectados por las protecciones de los paños B4 y B5 de S/E Cachapoal y considera:

- Disminuir el tiempo de operación de la Zona 2 de la función de distancia de 0.3 segundos a 0.05 segundos.
- Incluir una función de sobrecorriente residual de tiempo definido en sentido FORWARD (hacia Punta de Cortés), con tiempo de operación de 0.1 segundos.

Las fallas que se presenten fuera del circuito N°2 **NO serán detectadas** por los ajustes condicionales que se proponen tal como se demostrará más adelante.

Sólo se muestra el análisis para fallas en el circuito N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal. Para fallas en el circuito N°1 el análisis es equivalente, por lo que en la sección 8.3 correspondiente a los ajustes de las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal sólo se presentarán las propuestas a implementar para sus relés.

En el siguiente diagrama se muestran los flujos de corriente que se presentan en la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal para una falla en algún componente de las instalaciones del circuito N°2, considerando alimentación radial desde S/E Punta de Cortés:



Los aportes de corrientes de cortocircuito a la falla provendrán de los siguientes paños:

- Desde el extremo Punta de Cortés a través del paño B5.
- Desde el extremo Cachapoal a través del paño B4 por una corriente aportada también desde S/E Punta de Cortés, pero a través del circuito N°1 (pañó B4) pasando por el paño B5 de S/E Cachapoal.

El paño B5 de S/E Cachapoal (correspondiente al circuito sin falla) detectará una corriente de cortocircuito en sentido **REVERSE** (hacia la barra) y el paño B4, correspondiente al circuito en falla, detectará una corriente de cortocircuito en sentido **FORWARD** (hacia Punta de Cortés).

SOLAMENTE bajo la condición de paralelo de ambos circuitos de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal y alimentación radial desde S/E Punta de Cortés, se producirán los siguientes flujos de corriente vistos desde el punto de vista de los paños B4 y B5 de S/E Cachapoal ante una falla en el circuito N°2:

- Paño B4 (Circuito N°2 con falla), corriente en sentido **FORWARD** (Punta de Cortés).
- Paño B5 (Circuito N°1 sin falla), corriente en sentido **REVERSE** (barra 66 kV).

En el caso de que la falla se produjese en otro componente del sistema distinto al circuito N°2, las corrientes de cortocircuito que circulan por los paños B4 y B5 de S/E Cachapoal no tendrán los sentidos antes indicados.

Tres ejemplos:

- Ante una falla en la barra 66 kV de S/E Cachapoal, ambas corrientes tendrán sentido REVERSE.
- Ante una falla en la barra 66 kV de S/E Punta de Cortés, suponiendo alimentación radial desde S/E Rancagua (topología de contingencia extrema), ambas corrientes tendrán sentido FORWARD.
- Ante una falla en el circuito N°2, con el circuito N°1 F/S, no habrá circulación de corriente por el circuito N°1.

Ajustes condicionales propuestos a las protecciones del paño B4

De acuerdo a lo analizado anteriormente y con el propósito de obtener la mejor cobertura de protección y bajos tiempos de operación de las protecciones del paño B4 de S/E Cachapoal para fallas con ocurrencia en el circuito N°2 de la línea 2x66 kV Punta de Cortés Cachapoal, se proponen los siguientes ajustes que operarán de manera condicional, dependiente del sentido de los flujos de corriente que circulen por los circuitos N°1 y N°2 de la línea:

- a) En los relés de protección SEL 311C y SEL 311L del **paño B5** de S/E Cachapoal se habilita una zona 4 de la función de distancia, con los mismos ajustes propuestos para la zona 2 de la protección de distancia del paño B4, pero en dirección **REVERSE**, con tiempo de operación de 0.05 segundos (2.5 ciclos).

Esta Zona 4 NO debe ser considerada en la ecuación de trip en los relés del paño B5. Sólo se programa para activar una OUTPUT que se alambrará a una INPUT en los relés del paño B4 y tiene el objetivo de ser un detector de corriente de cortocircuito que fluye en sentido REVERSE.

La OUTPUT programada en el relé SEL 311C del paño B5 se debe alambrar a una INPUT en el relé SEL 311C del paño B4.

La OUTPUT programada en el relé SEL 311L del paño B5 se debe alambrar a una INPUT en el relé SEL 311L del paño B4.

- b) En los relés de protección SEL 311C y SEL 311L del **paño B5** de S/E Cachapoal, se habilita una función de sobrecorriente residual instantánea con dirección **REVERSE** y con un pickup de 2.5 amperes secundarios (200 amperes primarios).

Esta función de sobrecorriente residual instantánea NO debe ser considerada en la ecuación de trip en los relés del paño B5. Sólo se programa para activar una OUTPUT que se alambrará a una INPUT en los relés del paño B4 y tiene el objetivo de ser un detector de corriente de cortocircuito residual que fluye en sentido REVERSE.

La OUTPUT programada en el relé SEL 311C del paño B5 se debe alambrar a una INPUT en el relé SEL 311C del paño B4.

La OUTPUT programada en el relé SEL 311L del paño B5 se debe alambrar a una INPUT en el relé SEL 311L del paño B4.

- c) En los relés del paño B4 se habilita una función de sobrecorriente residual de tiempo definido en dirección FORWARD (Punta de Cortés), con un pickup de 2.5 amperes secundarios (200 amperes primarios) y un tiempo de operación de 0.1 segundos (5 ciclos). Esta función de sobrecorriente se incluirá en la ecuación de trip, pero su operación estará condicionada a la activación de la función de sobrecorriente residual instantánea definida en el anterior punto b) para los relés del paño B5.

Los ajustes propuestos en los puntos a), b) y c) se implementan en la ecuación de TRIP de los relés SEL 311C y SEL 311L del **paño B4** de la siguiente manera:

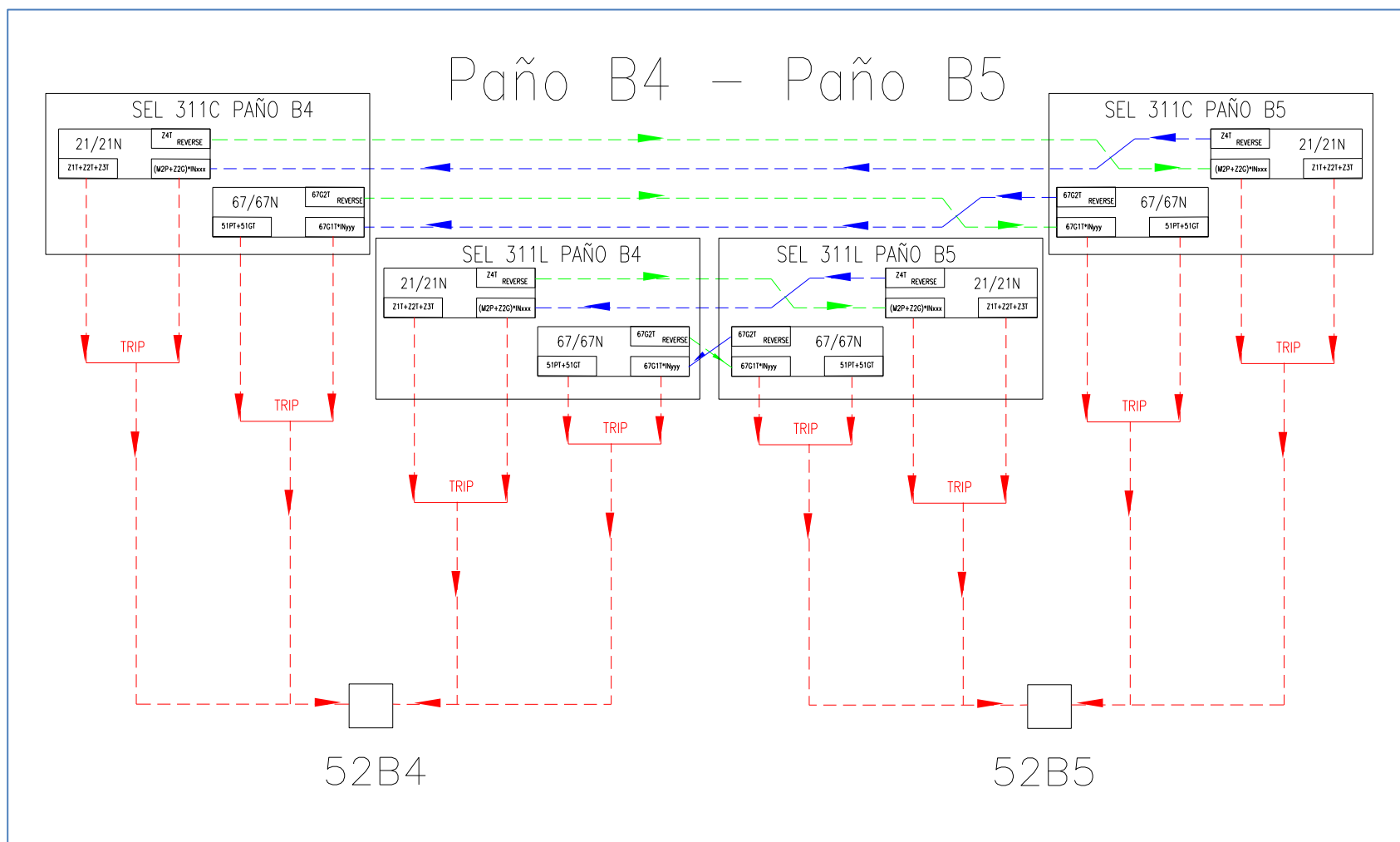
$$\text{TRIP} = \text{Z1T} + \text{Z2T} + \text{Z3T} + \text{51PT} + \text{51GT} + (\text{M2P} + \text{Z2G}) * \text{INxxx} + \text{67G1T} * \text{INyyy}$$

Donde:

- **Z1T + Z2T + Z3T + 51PT + 51GT** son los ajustes de protecciones propuestos para los relés del paño B4 siempre activos independientemente del punto de falla.
- **(M2P + Z2G) * INxxx** es el ajuste de pickup de la zona 2, con operación condicionada a la detección de corriente de falla a través de la zona 4, con sentido REVERSE en las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal (INxxx), input que contiene un retardo de 0.05 segundos.
- **67G1T * INyyy** es el ajuste de la función de sobrecorriente residual de tiempo definido en sentido FORWARD, con retardo de 0.1 segundos, con operación condicionada a la detección de corriente de falla de sobrecorriente residual a través de función de sobrecorriente residual instantánea con sentido REVERSE en las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal (INyyy).

Nota: Los ajustes propuestos de alcances, tiempos de operación pickups, etc. se presentan en las tablas de resumen de ajustes insertas en las secciones correspondientes a las funciones de distancia (sección 8.2.1) o sobrecorriente (sección 8.22) del presente documento.

En el siguiente diagrama conceptual se muestran los elementos de protección considerados para la filosofía de ajustes para las protecciones de los paños B4 y B5, con los valores que se proponen en las secciones 8.2.1 y 8.2.2 para el paño B4 y en las secciones 8.3.1 y 8.3.2 para el paño B5.



8.2.1 Función de Distancia (21/21N)

Para la función de distancia se habilitan 3 zonas de operación, en dirección forward (Punta de Cortés), con característica tipo mho para fases y tipo mho y cuadrilátera para residual.

Además, se habilita una cuarta zona de operación, en dirección reverse (barra 66 kV Cachapoal) la que **NO debe ser incluida en la ecuación de TRIP** y tendrá como propósito servir de detector de falla en flujo inverso en el circuito N°2 para habilitar el ajuste condicional de las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal.

Ángulo de máximo alcance de fases y residual

Se ajusta al ángulo de secuencia positiva de la línea 66 kV Cachapoal – Punta de Cortés N°2, el valor propuesto es de **60.39°**.

Primera Zona

Para la primera Zona (Z1) se proponen ajustes con operación instantánea con un alcance para las características de fases y residual (parámetros Z1P, Z1MG, XG1) de aproximadamente el 80% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Cachapoal – Punta de Cortés N°2.

El valor del módulo de la impedancia de secuencia positiva de la línea es de 3.73 ohms, el ajuste propuesto para los relés es de 0.40 ohms secundarios (equivalente a 2.98 ohms primarios).

Segunda Zona

Para la segunda Zona (Z2) se proponen ajustes con un tiempo de operación de 0.3 segundos y con un alcance para las características de fases y residual (parámetros Z2P, Z2MG, XG2) de aproximadamente el 120% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Cachapoal – Punta de Cortés N°2.

El ajuste propuesto para los relés es de 0.60 ohms secundarios (equivalente a 4.47 ohms primarios).

Tercera Zona

Para la tercera Zona (Z3) se proponen ajustes con un tiempo de operación de 0.6 segundos y con un alcance para las características de fases y residual (parámetros Z3P, Z3MG, XG3) de aproximadamente el 100% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Cachapoal – Punta de Cortes N°2, más el 100% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Punta de Cortés – Lo Miranda N°2, más el 60% de la impedancia de secuencia positiva del T2 de S/E Lo Miranda (transformador con menor impedancia en S/E Lo Miranda).

El ajuste propuesto para los relés es de 2.7 ohms secundarios (equivalente a 20.25 ohms primarios).

Cuarta Zona

Para la cuarta Zona (Z4) se proponen idénticos parámetros de ajustes de la zona 2, es decir, un alcance para las características de fases y residual (parámetros Z4P, Z4MG, XG4) de aproximadamente el 120% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Cachapoal – Punta de Cortés N°2, pero con un tiempo de operación de 0.05 segundos.

Esta cuarta zona **NO debe ser incluida en la ecuación de TRIP** y tendrá como propósito servir de detector de falla en flujo inverso en el circuito N°2 para habilitar el ajuste condicional de las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal.

Factor de compensación residual (k0)

Se propone ajustar el factor de compensación residual (k0) de acuerdo con los parámetros de impedancia determinados para la línea Cachapoal – Punta de Cortés N°2.:

S/E Cachapoal – Paño B4– Relés SEL 311C y SEL 311L
Factor de compensación sec 0

Línea	R1 [Ohms pri]	X1 [Ohms pri]	Z1 [Ohms]		R0 [Ohms pri]	X0 [Ohms pri]	Z0 [Ohms pri]		Propuesto k0	
			Magnitud	Ángulo			Magnitud	Ángulo	Magnitud	Ángulo
Cachapoal - Punta de Cortés N°2	1,8423	3,2414	3,7283	60,39 °	3,0936	13,2349	13,5916	76,84 °	0,900	22,48 °

Alcance resistivo característica cuadrilátera residual y ángulo no homogéneo

Se ajusta los siguientes alcances resistivos para las características cuadriláteras residuales:

- Zona 1: 0.4 ohms secundarios, correspondiente a 1 vez el alcance reactivo programado.
- Zona 2: 0.4 ohms secundarios, correspondiente a 1 vez el alcance reactivo programado en la zona 1.
- Zona 3: 8 ohms secundarios, con el cual se detecta fallas de alta impedancia de al menos 60 ohms.
- Zona 4: 0.4 ohms secundarios, correspondiente a 1 vez el alcance reactivo programado en la zona 1.

Se propone ajustar ángulo no homogéneo de la característica cuadrilátera residual en 0°.

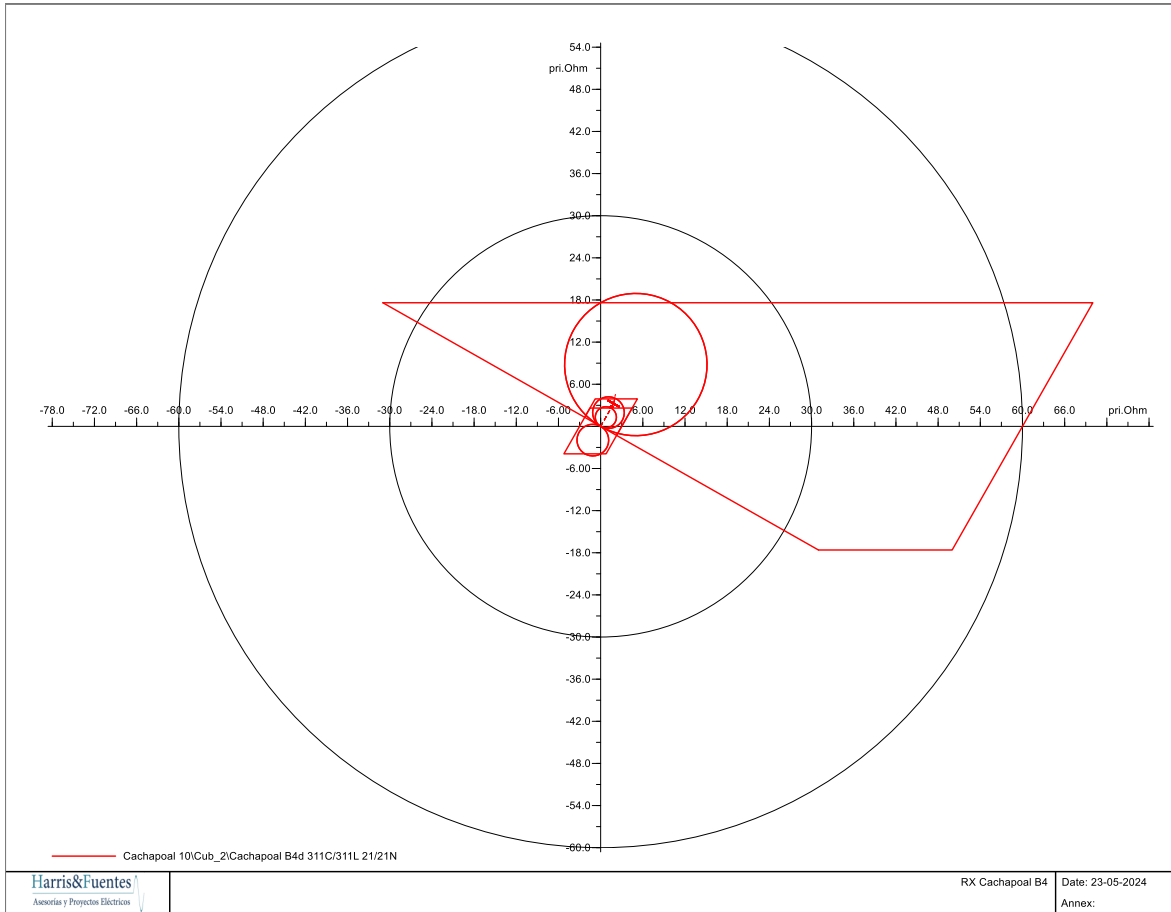
Detector de corriente de falla de funciones de distancia

Se propone ajustar los detectores de corriente de falla de distancia de fases de las zonas 1 y 4 (50PP1 y 50PP4) al valor de pickup de la función de sobrecorriente de fases de tiempo inverso (5.0 amperes secundarios, equivalente a 400 amperes primarios).

Se propone ajustar los detectores de corriente de falla de distancia de fases de las zonas 2 y 3 (50PP2 y 50PP3) al mínimo valor ajustable en el relé (0.5 amperes secundarios, equivalente a 40 amperes primarios)

Se propone ajustar los detectores de falla de distancia residual (50Lx, 50GZx) al mínimo valor ajustable en el relé (0.5 amperes secundarios, equivalente a 40 amperes primarios)

S/E Cachapoal – Paño B4 – Relés SEL 311C y SEL 311L
Característica RX



Nota: La Zona Reverse que se muestra en diagrama R-X corresponde a la zona 4 que se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para acelerar el disparo de la zona 2 del paño B5 de S/E Cachapoal.

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C y SEL 311L - Paño B4
Funciones 21/21N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos Cachapoal			
Paño	B4			
Marca /Modelo Relé	LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°2			
Grupo ajustes	SEL 311C y SEL 311L			
	1			
Ajustes Generales				
Relación TT/CC	400 / 5 A			
	80			
Relación TT/PP Barra	69000 v	:	115 v	
	600			
Rotación de fases (PHROT)	ABC			
Función de Distancia				
Generales				
Impedancia sec. positiva secundario	0,50	L	60,39 °	
Impedancia sec. cero secundario	1,81	L	76,84 °	
Longitud línea	8,69 km			
Angulo torque máximo	línea			
TANG	0,0 °			
K0	0,900	L	22,48 °	
Detectores de corriente de falla				
Característica de fases Zona 1 (50PP1)	5,00 A sec			
Característica de fases Zona 2 (50PP2)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 3 (50PP3)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 4 (50PP4)	5,00 A sec			
Característica residual Z1(50L1 y 50GZ1)	0,50 A sec			
Característica residual Z2(50L2 y 50GZ2)	0,50 A sec			
Característica residual Z3(50L3 y 50GZ3)	0,50 A sec			
Característica residual Z4(50L4 y 50GZ4)	0,50 A sec			
Elemento de Fase Característica Mho				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	Alcance	Tiempo op.	
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0 ciclos	
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	15 ciclos	
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	30 ciclos	
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)	
Elemento Residual Característica Mho				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	Alcance	Tiempo op.	
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0 ciclos	
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	15 ciclos	
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	30 ciclos	
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)	
Elemento Residual Característica Cuadrilateral				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	X	R	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0,40 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	0,40 Ω sec	15 ciclos
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	8,00 Ω sec	30 ciclos
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	0,40 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)

Nota 1: La Zona 4 (Reverse) se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para acelerar el disparo de la zona 2 de las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal y NO DEBE SER INCLUIDA EN LA ECUACIÓN DE TRIP.

8.2.2 Funciones de Sobrecorriente direccional de fase y residual (67/67N)

Funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual

Se propone mantener los actuales pickup de la protección de sobrecorriente direccional de fases y residual de tiempo inverso ajustados en los relés G.E JBC52/JBCG54 (400 amperes en fase y 40 amperes en residual) con una curva determinada para obtener adecuada selectividad con las protecciones de su zona de influencia.

Las características serán direccionales Forward (hacia Punta de Cortés)

Función de sobrecorriente residual de tiempo definido condicionado

Se propone ajustar un elemento sobrecorriente residual de tiempo definido con un pickup de 2.5 amperes secundarios (200 amperes primarios) y un tiempo de operación de 0.1 segundos.

La característica será direccional Forward (hacia Punta de Cortés)

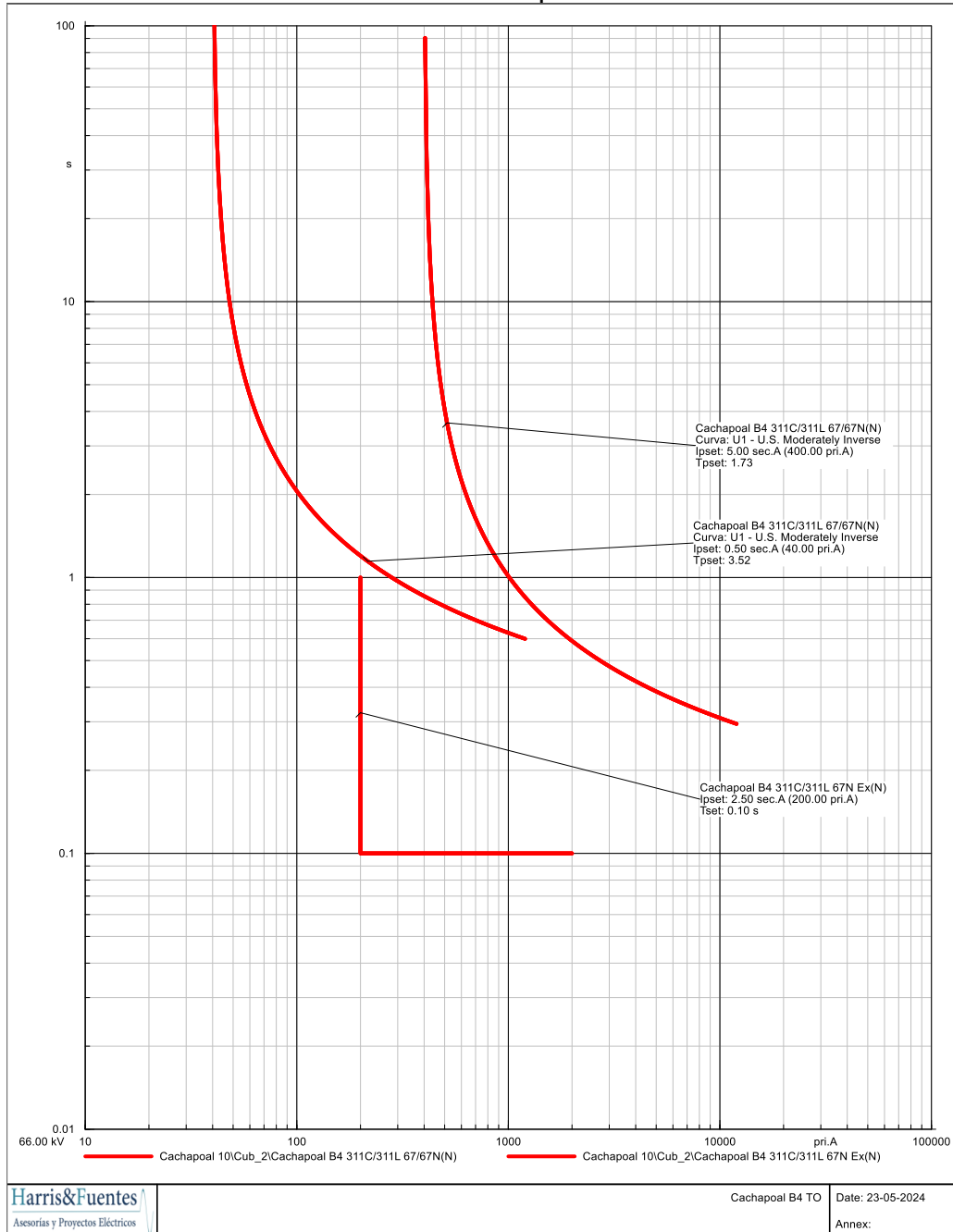
Su operación estará condicionada a la detección de pickup de un elemento de sobrecorriente residual instantáneo con dirección reverse que se programará en las protecciones del paño B5.

Función de sobrecorriente residual instantánea como detector flujo inverso para protecciones del paño B5

Se propone habilitar un elemento sobrecorriente residual instantáneo con dirección Reverse, con un pickup de 2.5 amperes secundarios (200 amperes primarios) y un tiempo de operación de 0.1 segundos.

Este elemento **NO** debe ser incluido en la ecuación de TRIP y tendrá como propósito servir de detector de corriente de falla residual en flujo inverso en el circuito N°2 para habilitar el ajuste condicional de las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal.

S/E Cachapoal– Paño B4 – Relés SEL 311C y SEL 311L
Características Tiempo Corriente



Nota: El elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido (67N Ex en diagrama) solamente despejará fallas con ocurrencia en el circuito N°2 y solo si se activa el detector de falla en sentido reverse que se programa en las protecciones del paño B5 (elemento 67G2T en relés del paño B5).

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C y SEL 311L - Paño B4
Funciones 67/67N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes		Ajustes Propuestos Cachapoal B4 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°2 SEL 311C y SEL 311L 1		
Ajustes Generales				
	Relación TT/CC	400 / 5 A 80		
	Relación TT/PP Barra	69000 v	:	115 v
	Rotación de fases (PHROT)	600 ABC		
Función de Sobrecorriente				
Elemento de Fase				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	M3P + LOP		
	Curva	U1		
	Pickup	5,00 A sec		
	Time dial	1,73		
Elemento Residual				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	32GF		
	Curva	U1		
	Pickup	0,50 A sec		
	Time dial	3,52		
Tiempo definido	Elemento 67G1T	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		32GF	2,50 A sec	5 ciclos
Tiempo definido	Elemento 67G2T	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		32GR	2,50 A sec	INST (ver Nota 1)

Nota 1: El elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido 67G2T se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para habilitar el elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido 67G1T en las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal y NO DEBE SER INCLUIDO EN LA ECUACIÓN DE TRIP.

8.2.3 Ecuación de trip sugerida

Tomando como base el diagrama conceptual de la página N°100 y los criterios expuestos anteriormente, se sugieren las siguientes ecuaciones de Trip para los nuevos relés.

La ecuación de Trip incluye, para el relé SEL 311C, inputs que reciben activaciones desde el relé SEL 311C del paño BR cuando el paño acoplador es utilizado para transferir el paño B5 (Grupo N°5 de ajustes).

Los ajustes propuestos para el Grupo N°5 de ajustes del relé SEL 311C del paño BR se presentan en la sección 8.4.3.

S/E Cachapoal Ajustes relés SEL 311C – Paño B4 Ecuación de Trip

Protección de Distancia y SC Subestación	Ajustes Propuestos
Paño	Cachapoal
Marca /Modelo Relé	B4
Grupo ajustes	LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°2
Ecuación de Trip	SEL 311C
	1
Descripción	
Ecuación de Trip	$Z1T + Z2T + Z3T + 51PT + 51GT + (M2P + Z2G) * (INxxx + INttt) + 67G1T * (INyyy + INuuu)$

Donde:

INxxx corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño B5 por activación de su zona 4 temporizada (Z4T)
 INttt corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño BR (B5 transferido) por activación de su zona 4 temporizada (Z4T)
 INyyy corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño B5 por activación de su función 67G2T
 INuuu corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño BR (B5 transferido) por activación de su función 67G2T

S/E Cachapoal Ajustes relés SEL 311L – Paño B4 Ecuación de Trip

Protección de Distancia y SC Subestación	Ajustes Propuestos
Paño	Cachapoal
Marca /Modelo Relé	B4
Grupo ajustes	LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°2
Ecuación de Trip	SEL 311L
	1
Descripción	
Ecuación de Trip	$Z1T + Z2T + Z3T + 51PT + 51GT + (M2P + Z2G) * INxxx + 67G1T * INyyy$

Donde:

INxxx corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311L del paño B5 por activación de su zona 4 temporizada (Z4T)
 INyyy corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311L del paño B5 por activación de su función 67G2T

8.2.4 Sobrecorriente de emergencia (50E)

En los relés SEL 311C y SEL 311L, la función de sobrecorriente de emergencia se activa ante la detección de pérdida de medida de tensión en una o más fases de las señales de potencial.

Se debe considerar que la falla de potenciales (señal LOP en el relé) provoca el bloqueo de las funciones de distancia y transforma las funciones de sobrecorriente direccionales residuales con dirección forward en funciones de sobrecorriente adireccionales, entonces, para transformar los elementos de sobrecorriente de fases direccionales en adireccionales y con ello mantener la funcionalidad de las características de sobrecorriente, se debe programar los siguientes parámetros en el relé:

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C y SEL 311L – Paño B4
Función 50E

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos Cachapoal B4 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°2 SEL 311C y SEL 311L	
Paño		
Marca /Modelo Relé		
Grupo ajustes		
Función Sobrecorriente de emergencia 50E		
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función pérdida de potencial	ELOP	Y
Control de torque direccionalidad SC de fases	51PTC	M3P+LOP

8.2.5 Función cierre contra falla (SOTF)

Para esta función se propone la habilitación de:

- Los elementos detectores de distancia de fase y residual de segunda zona (**M2P y Z2G**).
- Un elemento de sobrecorriente residual instantáneo (**50Gx**) con el mismo ajuste de valor de pickup de la función de sobrecorriente residual de tiempo definido (2.5 amperes secundarios equivalentes a 200 amperes primarios).

Los ajustes por programar para la función SOTF son los siguientes:

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C y SEL 311L – Paño B4
Función SOTF

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Función Cierre contra falla SOTF	Ajustes Propuestos Cachapoal B4 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°2 SEL 311C y SEL 311L	
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	ESOTF	Y
Close enable time delay	CLOEND	OFF
52A time delay	52AEND	2 ciclos
SOTF duration	SOTFD	500 ciclos
Elemento de sobrecorriente residual instantáneo	50GX	2,50 A sec
Ecuación de trip por SOTF	TRSOTF	M2P + Z2G +50Gx

8.2.6 Reconexión automática (79)

Se propone habilitar dentro de la programación una reconexión automática a los 10 segundos, con tiempos de reposición de 30 segundos desde estado en ciclo de reconexión y 60 segundos desde estado Lockout.

La reconexión automática debe ser deshabilitada bajo las siguientes condiciones:

- Por encontrarse bloqueada de manera manual
- En el relé SEL 311C por inicio de ciclo de reconexión en el relé SEL 311L
- En el relé SEL 311L por inicio de ciclo de reconexión en el relé SEL 311C

Ajustes relé SEL 311C Paño B4 – S/E Cachapoal Función 79

Protección de Distancia y Sobrecorriente	Ajustes Propuestos	
Subestación	Cachapoal	
Paño	B4	
Marca /Modelo Relé	LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°2	
Grupo ajustes	SEL 311C	
Función de reconexión	1	
79		
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	E79	1
Inicio de reconexión	79RI	TRIP
Tiempo de reconexión	79OI1	500 ciclos
Tiempo de reset desde estado ciclo reconexión	79RSD	1500 ciclos
Tiempo de reset desde estado lockout	79RSLD	3000 ciclos
Supervisión de inicio reconexión	79RIS	Nota 1
Supervisión de la reconexión	79CLS	1
Límite tiempo supervisión reconexión	79CLSD	0 ciclos
Bloqueo de la reconexión	79DTL	OC + SOTFT
Notas		
Nota 1	Inhibir por reconexión bloqueada manual Inhibir por inicio ciclo reconexión SEL 311L, verificando no se produzca bloqueo cruzado	

Ajustes relé SEL 311L Paño B4 – S/E Cachapoal Función 79

Protección de Distancia y Sobrecorriente	Ajustes Propuestos	
Subestación	Cachapoal	
Paño	B4	
Marca /Modelo Relé	LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°2	
Grupo ajustes	SEL 311L	
Función de reconexión	1	
79		
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	E79	1
Inicio de reconexión	79RI	TRIP
Tiempo de reconexión	79OI1	500 ciclos
Tiempo de reset desde estado ciclo reconexión	79RSD	1500 ciclos
Tiempo de reset desde estado lockout	79RSLD	3000 ciclos
Supervisión de inicio reconexión	79RIS	Nota 1
Supervisión de la reconexión	79CLS	1
Límite tiempo supervisión reconexión	79CLSD	0 ciclos
Bloqueo de la reconexión	79DTL	OC + SOTFT
Notas		
Nota 1	Inhibir por reconexión bloqueada manual Inhibir por inicio ciclo reconexión SEL 311C, verificando no se produzca bloqueo cruzado	

8.3 S/E Cachapoal - Paño B5 - Relés SEL 311C y SEL 311L LT 66 kV Cachapoal – Punta de Cortés N°1

Los relés SEL 311C y SEL 311L, que se instalan en remplazo de los relés electromecánicos de sobrecorriente G.E. JBC52 y JBCG54, tendrán habilitadas las siguientes funciones de protección:

- Distancia (21/21N), Zonas 1, 2 y 3 en sentido Forward.
- Distancia (21/21N), Zona 4 en sentido Reverse, solo para ser utilizada como detector de falla por las protecciones del paño B4 ante flujo inverso en el circuito N°1 (**Nota 1**).
- Sobrecorriente de fase y residual de tiempo inverso direccional (67/67N), con sentido Forward.
- Sobrecorriente residual de tiempo definido (67G1T), en sentido Forward y que solamente opera ante detección de corriente residual con flujo inverso por las protecciones del paño B4.
- Sobrecorriente residual instantánea (67G2T), solo para ser utilizada como detector de flujo inverso de corriente residual por las protecciones del paño B4 ante detección de flujo inverso de corriente residual en el circuito N°1 (**Nota 2**).
- Sobrecorriente de emergencia (50E)
- Cierre contra falla (SOTF).
- Reconexión automática (79).

Nota1: Este elemento **NO se incluye** en el disparo de las protecciones del paño B5. Será utilizado para acelerar el disparo de la segunda zona de la protección de distancia del paño B4 (circuito N°2) ante detección de falla en sentido Reverse en el extremo Cachapoal por las protecciones del circuito N°1. **De manera equivalente, para acelerar el disparo de la segunda zona de las protecciones del paño B5 se implementará el mismo elemento detector en las protecciones del paño B4.**

Nota 2: Este elemento **NO se incluye** en el disparo de las protecciones del paño B5. Será utilizado para habilitar el disparo por sobrecorriente residual de tiempo definido en las protecciones del paño B4 (circuito N°2) ante detección de flujo de corriente residual en sentido Reverse por las protecciones del circuito N°1. **De manera equivalente, para habilitar el disparo de la función de sobrecorriente residual de tiempo definido del paño B5 se implementará el mismo elemento detector en las protecciones del paño B4.**

Los criterios definidos para las protecciones del paño B5 son análogos a los considerados para las protecciones del paño B4 (ver sección 8.2) por lo que a continuación solo se muestran los ajustes propuestos para las funciones a implementar.

8.3.1 Función de Distancia (21/21N)

Para la función de distancia se habilitan 3 zonas de operación, en dirección forward (Punta de Cortés), con característica tipo mho para fases y tipo mho y cuadrilátera para residual.

Además, se habilita una cuarta zona de operación, en dirección reverse (barra 66 kV Cachapoal) la que **NO debe ser incluida en la ecuación de TRIP** y tendrá como propósito servir de detector de falla en flujo inverso en el circuito N°1 para habilitar el ajuste condicional de las protecciones del paño B4 de S/E Cachapoal.

Ángulo de máximo alcance de fases y residual

Se ajusta al ángulo de secuencia positiva de la línea 66 kV Cachapoal – Punta de Cortés N°1, el valor propuesto es de **60.39°**.

Primera Zona

Para la primera Zona (Z1) se proponen ajustes con operación instantánea con un alcance para las características de fases y residual (parámetros Z1P, Z1MG, XG1) de aproximadamente el 80% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Cachapoal – Punta de Cortés N°1.

El valor del módulo de la impedancia de secuencia positiva de la línea es de 3.73 ohms, el ajuste propuesto para los relés es de 0.40 ohms secundarios (equivalente a 2.98 ohms primarios).

Segunda Zona

Para la segunda Zona (Z2) se proponen ajustes con un tiempo de operación de 0.3 segundos y con un alcance para las características de fases y residual (parámetros Z2P, Z2MG, XG2) de aproximadamente el 120% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Cachapoal – Punta de Cortés N°1.

El ajuste propuesto para los relés es de 0.60 ohms secundarios (equivalente a 4.47 ohms primarios).

Tercera Zona

Para la tercera Zona (Z3) se proponen ajustes con un tiempo de operación de 0.6 segundos y con un alcance para las características de fases y residual (parámetros Z3P, Z3MG, XG3) de aproximadamente el 100% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Cachapoal – Punta de Cortes N°1, más el 100% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Punta de Cortés – Lo Miranda N°2, más el 60% de la impedancia de secuencia positiva del T2 de S/E Lo Miranda (transformador con menor impedancia en S/E Lo Miranda).

El ajuste propuesto para los relés es de 2.7 ohms secundarios (equivalente a 20.25 ohms primarios).

Cuarta Zona

Para la cuarta Zona (Z4) se proponen idénticos parámetros de ajustes de la zona 2, es decir, un alcance para las características de fases y residual (parámetros Z4P, Z4MG, XG4) de aproximadamente el 120% de la impedancia de secuencia positiva de la línea Cachapoal – Punta de Cortés N°1, pero con un tiempo de operación de 0.05 segundos.

Esta cuarta zona **NO debe ser incluida en la ecuación de TRIP** y tendrá como propósito servir de detector de falla en flujo inverso en el circuito N°1 para habilitar el ajuste condicional de las protecciones del paño B4 de S/E Cachapoal.

Factor de compensación residual (k0)

Se propone ajustar el factor de compensación residual (k0) de acuerdo con los parámetros de impedancia determinados para la línea Cachapoal – Punta de Cortés N°1.:

S/E Cachapoal – Paño B5– Relés SEL 311C y SEL 311L
Factor de compensación sec 0

Línea	R1 [Ohms pri]	X1 [Ohms pri]	Z1 [Ohms]		R0 [Ohms pri]	X0 [Ohms pri]	Z0 [Ohms pri]		Propuesto k0	
			Magnitud	Ángulo			Magnitud	Ángulo	Magnitud	Ángulo
Cachapoal - Punta de Cortés N°1	1,8423	3,2414	3,7283	60,39 °	3,0936	13,2349	13,5916	76,84 °	0,900	22,48 °

Alcance resistivo característica cuadrilátera residual y ángulo no homogéneo

Se ajusta los siguientes alcances resistivos para las características cuadriláteras residuales:

- Zona 1: 0.4 ohms secundarios, correspondiente a 1 vez el alcance reactivo programado.
- Zona 2: 0.4 ohms secundarios, correspondiente a 1 vez el alcance reactivo programado en la zona 1.
- Zona 3: 8 ohms secundarios, con el cual se detecta fallas de alta impedancia de al menos 60 ohms.
- Zona 4: 0.4 ohms secundarios, correspondiente a 1 vez el alcance reactivo programado en la zona 1.

Se propone ajustar ángulo no homogéneo de la característica cuadrilátera residual en **0°**.

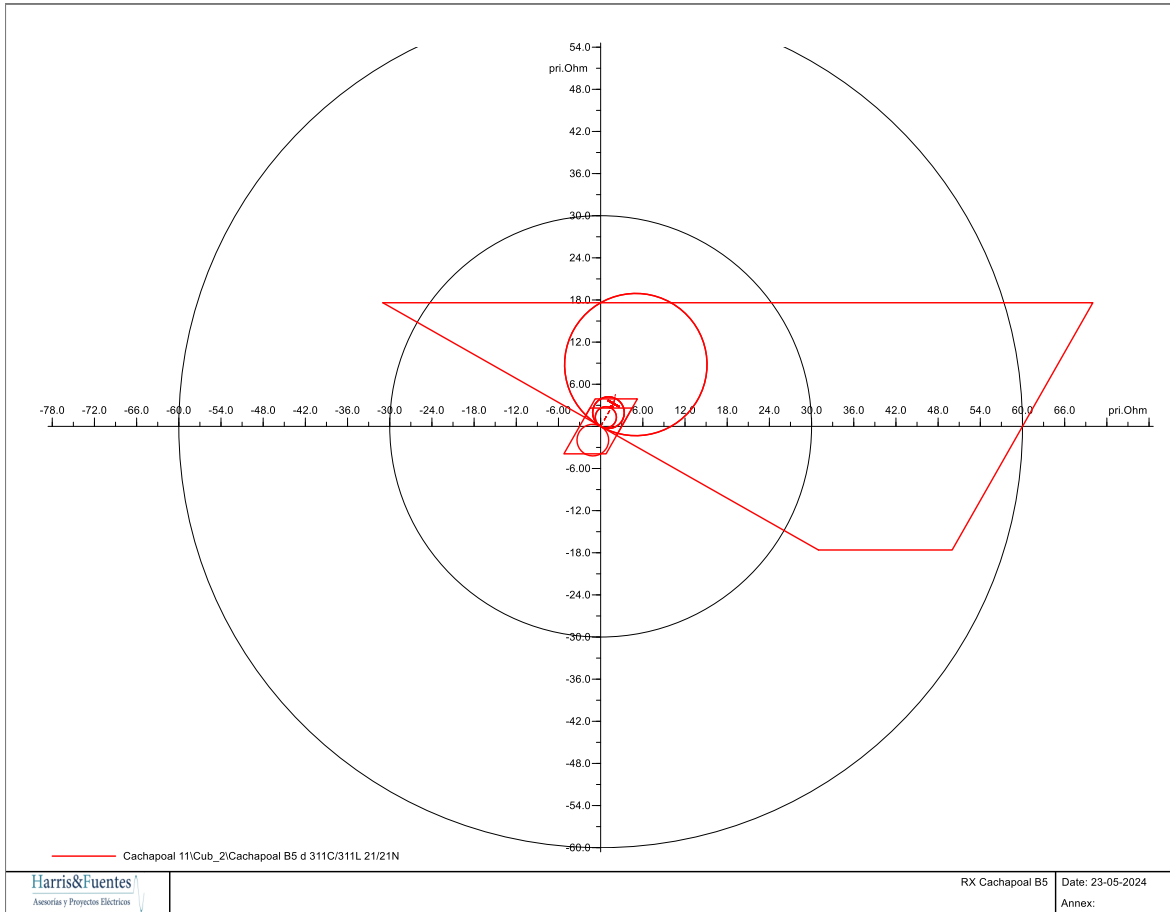
Detector de corriente de falla de funciones de distancia

Se propone ajustar los detectores de corriente de falla de distancia de fases de las zonas 1 y 4 (50PP1 y 50PP4) al valor de pickup de la función de sobrecorriente de fases de tiempo inverso (5.0 amperes secundarios, equivalente a 400 amperes primarios).

Se propone ajustar los detectores de corriente de falla de distancia de fases de las zonas 2 y 3 (50PP2 y 50PP3) al mínimo valor ajustable en el relé (0.5 amperes secundarios, equivalente a 40 amperes primarios).

Se propone ajustar los detectores de falla de distancia residual (50Lx, 50GZx) al mínimo valor ajustable en el relé (0.5 amperes secundarios, equivalente a 40 amperes primarios).

S/E Cachapoal – Paño B5 – Relés SEL 311C y SEL 311L
Característica RX



Nota: La Zona Reverse que se muestra en diagrama R-X corresponde a la zona 4 que se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para acelerar el disparo de la zona 2 del paño B4 de S/E Cachapoal.

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C y SEL 311L - Paño B5
Funciones 21/21N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Propuestos Cachapoal B5 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°1 SEL 311C y SEL 311L 1		
Ajustes Generales			
Relación TT/CC	400 / 5 A 80		
Relación TT/PP Barra	69000 v	:	115 v
Rotación de fases (PHROT)	600 ABC		
Función de Distancia			
Generales			
Impedancia sec. positiva secundario	0,50	L	60,39 °
Impedancia sec. cero secundario	1,81	L	76,84 °
Longitud línea	8,69 km		
Angulo torque máximo	línea		
TANG	0,0 °		
K0	0,900	L	22,48 °
Detectores de corriente de falla			
Característica de fases Zona 1 (50PP1)	5,00 A sec		
Característica de fases Zona 2 (50PP2)	0,50 A sec		
Característica de fases Zona 3 (50PP3)	0,50 A sec		
Característica de fases Zona 4 (50PP4)	5,00 A sec		
Característica residual Z1(50L1 y 50GZ1)	0,50 A sec		
Característica residual Z2(50L2 y 50GZ2)	0,50 A sec		
Característica residual Z3(50L3 y 50GZ3)	0,50 A sec		
Característica residual Z4(50L4 y 50GZ4)	0,50 A sec		
Elemento de Fase Característica Mho			
Zonas habilitadas	4		
	Dirección	Alcance	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	15 ciclos
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	30 ciclos
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)
Elemento Residual Característica Mho			
Zonas habilitadas	4		
	Dirección	Alcance	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	15 ciclos
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	30 ciclos
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)
Elemento Residual Característica Cuadrilateral			
Zonas habilitadas	4		
	Dirección	X	R
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0,40 Ω sec
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	0,40 Ω sec
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	8,00 Ω sec
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	0,40 Ω sec

Nota 1: La Zona 4 (Reverse) se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para acelerar el disparo de la zona 2 de las protecciones del paño B4 de S/E Cachapoal y NO DEBE SER INCLUIDA EN LA ECUACIÓN DE TRIP.

8.3.2 Funciones de Sobrecorriente direccional de fase y residual (67/67N)

Funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual

Se propone mantener los actuales pickup de la protección de sobrecorriente direccional de fases y residual de tiempo inverso ajustados en los relés G.E JBC52/JBCG54 (400 amperes en fase y 40 amperes en residual) con una curva determinada para obtener adecuada selectividad con las protecciones de su zona de influencia.

Las características serán direccionales Forward (hacia Punta de Cortés)

Función de sobrecorriente residual de tiempo definido condicionado

Se propone ajustar un elemento sobrecorriente residual de tiempo definido con un pickup de 2.5 amperes secundarios (200 amperes primarios) y un tiempo de operación de 0.1 segundos.

La característica será direccional Forward (hacia Punta de Cortés)

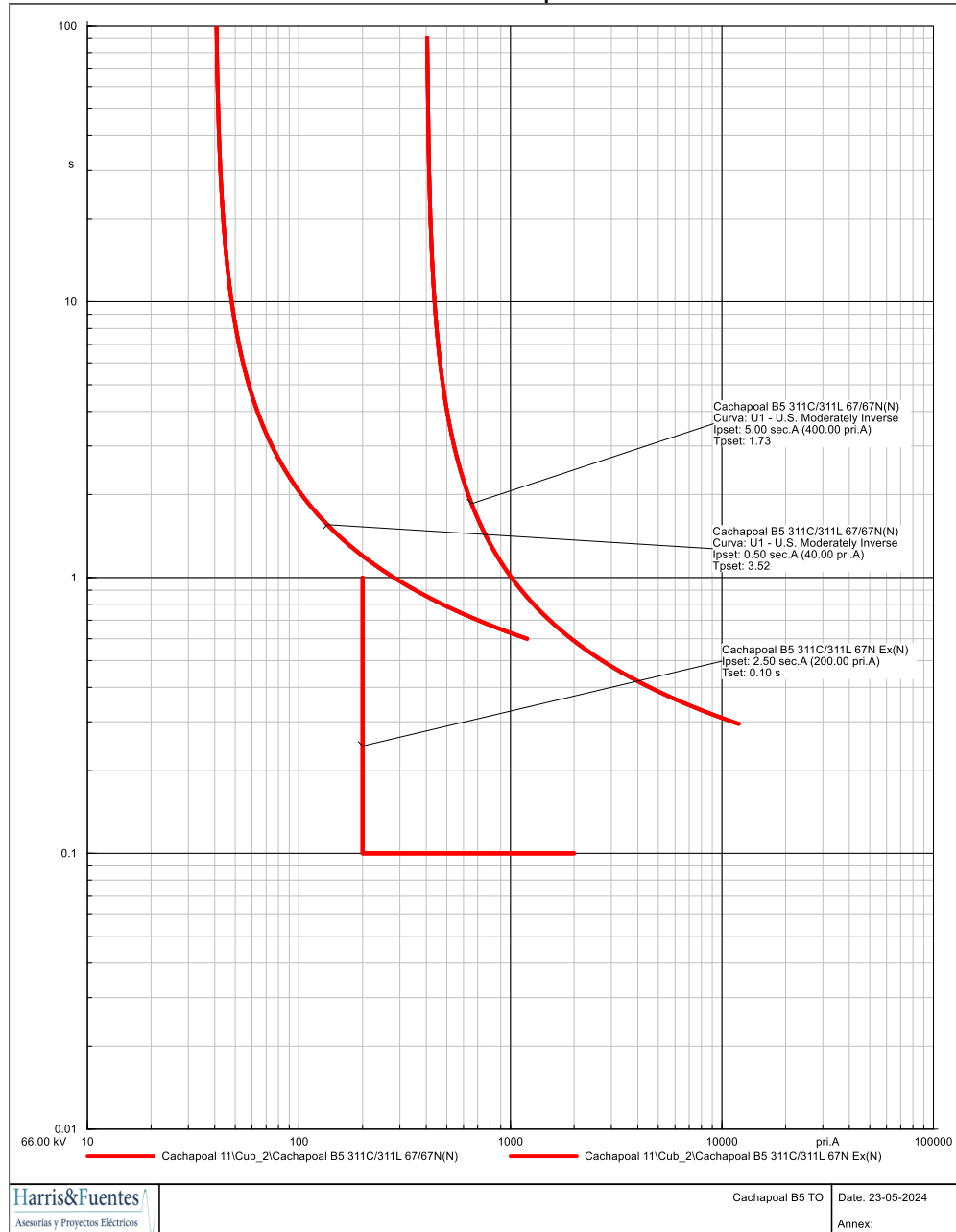
Su operación estará condicionada a la detección de pickup de un elemento de sobrecorriente residual instantáneo con dirección reverse que se programará en las protecciones del paño B4.

Función de sobrecorriente residual instantánea como detector flujo inverso para protecciones del paño B4

Se propone habilitar un elemento sobrecorriente residual instantáneo con dirección Reverse, con un pickup de 2.5 amperes secundarios (200 amperes primarios) y un tiempo de operación de 0.1 segundos.

Este elemento **NO** debe ser incluido en la ecuación de TRIP y tendrá como propósito servir de detector de corriente de falla residual en flujo inverso en el circuito N°1 para habilitar el ajuste condicional de las protecciones del paño B4 de S/E Cachapoal.

S/E Cachapoal– Paño B5 – Relés SEL 311C y SEL 311L
Características Tiempo Corriente



Nota: El elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido (67N Ex en diagrama) solamente despejará fallas con ocurrencia en el circuito N°1 y solo si se activa el detector de falla en sentido reverse que se programa en las protecciones del paño B4 (elemento 67G2T en relés del paño B4).

S/E Cachapoal

Ajustes relés SEL 311C y SEL 311L - Paño B5 Funciones 67/67N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes		Ajustes Propuestos Cachapoal B5 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°1 SEL 311C y SEL 311L 1		
Ajustes Generales				
Relación TT/CC		400 / 5 A 80		
Relación TT/PP Barra		69000 v	:	115 v
Rotación de fases (PHROT)		600 ABC		
Función de Sobrecorriente				
Elemento de Fase				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	M3P + LOP		
	Curva	U1		
	Pickup	5,00 A sec		
	Time dial	1,73		
Elemento Residual				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	32GF		
	Curva	U1		
	Pickup	0,50 A sec		
	Time dial	3,52		
Tiempo definido	Elemento 67G1T	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		32GF	2,50 A sec	5 ciclos
Tiempo definido	Elemento 67G2T	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		32GR	2,50 A sec	INST (ver Nota 1)

Nota 1: El elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido 67G2T se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para habilitar el elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido 67G1T en las protecciones del paño B4 de S/E Cachapoal y NO DEBE SER INCLUIDO EN LA ECUACIÓN DE TRIP.

8.3.3 Ecuación de trip sugerida

Tomando como base el diagrama conceptual de la página N°100 y los criterios expuestos anteriormente, se sugieren las siguientes ecuaciones de Trip para los nuevos relés.

La ecuación de Trip incluye, para el relé SEL 311C, inputs que reciben activaciones desde el relé SEL 311C del paño BR cuando el paño acoplador es utilizado para transferir el paño B4 (Grupo N°4 de ajustes).

Los ajustes propuestos para el Grupo N°4 de ajustes del relé SEL 311C del paño BR se presentan en la sección 8.4.2.

S/E Cachapoal Ajustes relés SEL 311C – Paño B5 Ecuación de Trip

Protección de Distancia y SC Subestación	Ajustes Propuestos
Paño	Cachapoal
Marca /Modelo Relé	B5
Grupo ajustes	LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°1
Ecuación de Trip	SEL 311C
	1
Descripción	
Ecuación de Trip	$Z1T + Z2T + Z3T + 51PT + 51GT + (M2P + Z2G) * (INxxx + INrrr) + 67G1T * (INyyy + INsss)$

Donde:

INxxx corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño B4 por activación de su zona 4 temporizada (Z4T)
 INrrr corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño BR (B4 transferido) por activación de su zona 4 temporizada (Z4T)
 INyyy corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño B4 por activación de su función 67G2T
 INsss corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño BR (B4 transferido) por activación de su función 67G2T

S/E Cachapoal Ajustes relés SEL 311L – Paño B5 Ecuación de Trip

Protección de Distancia y SC Subestación	Ajustes Propuestos
Paño	Cachapoal
Marca /Modelo Relé	B5
Grupo ajustes	LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°1
Ecuación de Trip	SEL 311L
	1
Descripción	
Ecuación de Trip	$Z1T + Z2T + Z3T + 51PT + 51GT + (M2P + Z2G) * INxxx + 67G1T * INyyy$

Donde:

INxxx corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311L del paño B4 por activación de su zona 4 temporizada (Z4T)
 INyyy corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311L del paño B4 por activación de su función 67G2T

8.3.4 Sobrecorriente de emergencia (50E)

En los relés SEL 311C y SEL 311L, la función de sobrecorriente de emergencia se activa ante la detección de pérdida de medida de tensión en una o más fases de las señales de potencial.

Se debe considerar que la falla de potenciales (señal LOP en el relé) provoca el bloqueo de las funciones de distancia y transforma las funciones de sobrecorriente direccionales residuales con dirección forward en funciones de sobrecorriente adireccionales, entonces, para transformar los elementos de sobrecorriente de fases direccionales en adireccionales y con ello mantener la funcionalidad de las características de sobrecorriente, se debe programar los siguientes parámetros en el relé:

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C y SEL 311L – Paño B5
Función 50E

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos Cachapoal B5 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°1 SEL 311C y SEL 311L	
Paño		
Marca /Modelo Relé		
Grupo ajustes		
Función Sobrecorriente de emergencia 50E		
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función pérdida de potencial	ELOP	Y
Control de torque direccionalidad SC de fases	51PTC	M3P+LOP

8.3.5 Función cierre contra falla (SOTF)

Para esta función se propone la habilitación de:

- Los elementos detectores de distancia de fase y residual de segunda zona (**M2P y Z2G**).
- Un elemento de sobrecorriente residual instantáneo (**50Gx**) con el mismo ajuste de valor de pickup de la función de sobrecorriente residual de tiempo definido (2.5 amperes secundarios equivalentes a 200 amperes primarios).

Los ajustes por programar para la función SOTF son los siguientes:

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C y SEL 311L – Paño B5
Función SOTF

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación		Ajustes Propuestos Cachapoal	
Paño		B5	
Marca /Modelo Relé		LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°1	
Grupo ajustes		SEL 311C y SEL 311L	
Función Cierre contra falla SOTF			
Descripción	Parámetro	Ajuste	
Habilita función	ESOTF	Y	
Close enable time delay	CLOEND	OFF	
52A time delay	52AEND	2 ciclos	
SOTF duration	SOTFD	500 ciclos	
Elemento de sobrecorriente residual instantáneo	50GX	2,50 A sec	
Ecuación de trip por SOTF	TRSOTF	M2P + Z2G +50Gx	

8.3.6 Reconexión automática (79)

Se propone habilitar dentro de la programación una reconexión automática a los 10 segundos, con tiempos de reposición de 30 segundos desde estado en ciclo de reconexión y 60 segundos desde estado Lockout.

La reconexión automática debe ser deshabilitada bajo las siguientes condiciones:

- Por encontrarse bloqueada de manera manual
- En el relé SEL 311C por inicio de ciclo de reconexión en el relé SEL 311L
- En el relé SEL 311L por inicio de ciclo de reconexión en el relé SEL 311C

Ajustes relé SEL 311C Paño B5 – S/E Cachapoal Función 79

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos Cachapoal B5 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°1 SEL 311C 1	
Paño		
Marca /Modelo Relé		
Grupo ajustes		
Función de reconexión		
79		
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	E79	1
Inicio de reconexión	79RI	TRIP
Tiempo de reconexión	79OI	500 ciclos
Tiempo de reset desde estado ciclo reconexión	79RSD	1500 ciclos
Tiempo de reset desde estado lockout	79RSLD	3000 ciclos
Supervisión de inicio reconexión	79RIS	Nota 1
Supervisión de la reconexión	79CLS	1
Límite tiempo supervisión reconexión	79CLSD	0 ciclos
Bloqueo de la reconexión	79DTL	OC + SOTFT
Notas	Inhibir por reconexión bloqueada manual	
Nota 1	Inhibir por inicio ciclo reconexión SEL 311L, verificando no se produzca bloqueo cruzado	

Ajustes relé SEL 311L Paño B5 – S/E Cachapoal Función 79

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos Cachapoal B5 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés N°1 SEL 311L 1	
Paño		
Marca /Modelo Relé		
Grupo ajustes		
Función de reconexión		
79		
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	E79	1
Inicio de reconexión	79RI	TRIP
Tiempo de reconexión	79OI	500 ciclos
Tiempo de reset desde estado ciclo reconexión	79RSD	1500 ciclos
Tiempo de reset desde estado lockout	79RSLD	3000 ciclos
Supervisión de inicio reconexión	79RIS	Nota 1
Supervisión de la reconexión	79CLS	1
Límite tiempo supervisión reconexión	79CLSD	0 ciclos
Bloqueo de la reconexión	79DTL	OC + SOTFT
Notas	Inhibir por reconexión bloqueada manual	
Nota 1	Inhibir por inicio ciclo reconexión SEL 311C, verificando no se produzca bloqueo cruzado	

8.4 S/E Cachapoal - Paño BR - Relé SEL 311C Paño Acoplador de Transferencia 66 kV

Actualmente el paño acoplador de transferencia de la barra 66 kV cuenta con relés de tipo electromecánico G.E. IAC52/54 con ajustes de protecciones comunes no diferenciados para todos los paños susceptibles de ser transferidos.

El reemplazo de los equipos instalados por un relé SEL 311C permite crear grupos de ajustes individuales que se programarán de acuerdo al paño que se transfiere.

Los transformadores de corriente que enviarán las señales de corriente al relé SEL 311C está ubicado en el mismo paño BR y tienen relación operativa 400/5 A.

El transformador de potencial (TTPP Barra N°1 o TT PP Barra N°2) al que se conectará el relé SEL 311C serán seleccionado automáticamente dependiendo del paño que será transferido.

Debido a que todos los paños conectados a la barra principal tienen:

- Transformadores de corriente con relación operativa 400/5 A
- Transformadores de potencial relación 600
- Relés SEL modelos SEL 311C o SEL 311L

Los ajustes que se propondrán para los diferentes grupos corresponderán a una homologación perfecta de los ajustes y funciones con las que cuentan las protecciones principales de los paños susceptibles de ser transferidos:

Los grupos de ajustes propuestos para cada paño son los siguientes:

- Grupo 1 B1 **Sin ajustes, paño no cuenta con relés de protección**
- Grupo 2 B2 Ajustes homologados de relé SEL 311C paño B2
- Grupo 3 B3 **Sin ajustes, para el relé SEL 351A de acuerdo a ECAP**
- Grupo 4 B4 Ajustes homologados de relé SEL 311C paño B4
- Grupo 5 B5 Ajustes homologados de relé SEL 311C paño B5

Los ajustes a programar se presentan en las siguientes secciones.

8.4.1 Grupo N°2 de Ajustes – Paño B2 Transferido LT 66 kV Cachapoal - Machalí

S/E Cachapoal Ajustes relés SEL 311C – Paño BR Grupo N°2 de Ajustes – Paño B2 Transferido LT 66 kV Cachapoal - Machalí Funciones 21/21N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos Cachapoal			
Paño	BR			
Marca /Modelo Relé	Acoplador de Transferencia			
Grupo ajustes	SEL 311C			
	2			
	Paño B2 Transferido			
	LT 66 kV Cachapoal - Machalí			
Ajustes Generales				
Relación TT/CC	400 / 5 A			
	80			
Relación TT/PP Barra	66000 v	:	110 v	
		600		
Función de Distancia				
Generales				
Impedancia sec. positiva secundario	0,50	L	64,78 °	
Impedancia sec. cero secundario	2,54	L	80,69 °	
Longitud línea	10,50 km			
Angulo torque máximo	línea			
TANG	0,0 °			
K0	1,384	L	19,68 °	
Elemento de Fase Característica Mho				
Zonas habilitadas	2			
Corriente supervisión	3,95 A sec			
	Dirección	Alcance		Tiempo op.
Primera Zona	Forward	2,50 Ω sec		0 ciclos
Segunda Zona	Forward	4,60 Ω sec		60 ciclos
Tercera Zona	NO	NO		No
Cuarta Zona	NO	NO		NO
Elemento Residual Característica Mho				
Zonas habilitadas	2			
Corriente supervisión	0,5 A sec			
	Dirección	Alcance		Tiempo op.
Primera Zona	Forward	2,50 Ω sec		0 ciclos
Segunda Zona	Forward	4,60 Ω sec		60 ciclos
Tercera Zona	NO	NO		NO
Cuarta Zona	NO	NO		NO
Elemento Residual Característica Cuadrilateral				
Zonas habilitadas	2			
Corriente supervisión	0,5 A sec			
	Dirección	X	R	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	2,50 Ω sec	4,00 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	4,60 Ω sec	4,00 Ω sec	60 ciclos
Tercera Zona	NO	NO	NO	NO
Cuarta Zona	NO	NO	NO	NO

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°2 de Ajustes – Paño B2 Transferido
Funciones 51/50/67N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes		Ajustes Propuestos Cachapoal BR Acoplador de Transferencia SEL 311C 2		
Ajustes Generales		Paño B2 Transferido LT 66 kV Cachapoal - Machalí		
Relación TT/CC		400 / 5 A 80		
Relación TT/PP Barra		66000 v	:	110 v
Función de Sobrecorriente		600		
Elemento de Fase				
C. Torque		1		
Curva		U1		
Pickup		4,50 A sec		
Time dial		2,3		
Tiempo definido		C. Torque	Pickup	Tiempo op.
Tiempo definido 1		1	20,00 A sec	0 ciclos
Elemento Residual				
C. Torque		F32Q		
Curva		U3		
Pickup		0,50 A sec		
Time dial		0,5		
Tiempo definido		C. Torque	Pickup	Tiempo op.
Tiempo definido 1		F32Q	6,00 A sec	0 ciclos

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°2 de Ajustes – Paño B2 Transferido
Función SOTF

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes		Ajustes Propuestos Cachapoal BR Acoplador Transferencia 66 kV SEL 311C 2	
Función Cierre contra falla SOTF		Paño B2 Transferido LT 66 kV Cachapoal - Machalí	
Descripción		Parámetro	Ajuste
Habilita función		ESOTF	Y
Close enable time delay		CLOEND	500 ciclos
52A time delay		52AEND	10 ciclos
SOTF duration		SOTFD	500 ciclos
Ecuación de trip por SOTF		TRSOTF	M1P + Z1G + 50P1 +50G1

Ver programación en relé SEL 311C de paño B2

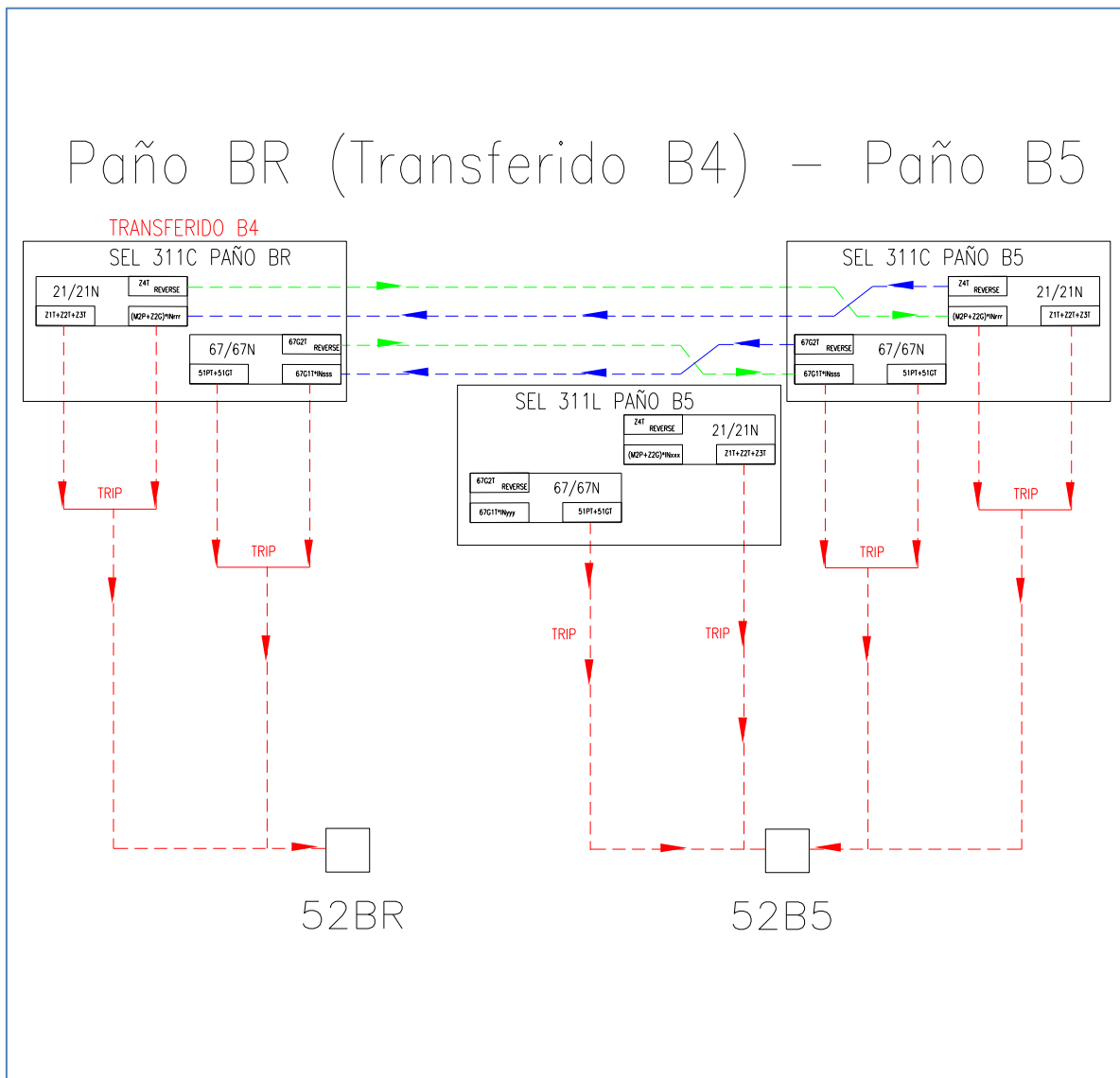
S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°2 de Ajustes – Paño B2 Transferido
Función 79

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Función de reconexión 79	Ajustes Propuestos Cachapoal BR Acoplador Transferencia 66 kV SEL 311C	
	2 Paño B2 Transferido LT 66 kV Cachapoal - Machalí	
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	E79	1
Inicio de reconexión	79RI	TRIP
Tiempo de reconexión	79OI1	500 ciclos
Tiempo de reset desde estado ciclo reconexión	79RSD	1500 ciclos
Tiempo de reset desde estado lockout	79RSLD	3000 ciclos
Supervisión de inicio reconexión	79RIS	LT2 (*)
Supervisión de la reconexión	79CLS	1
Límite tiempo supervisión reconexión	79CLSD	OFF
Bloqueo de la reconexión	79DTL	ILT2 (*)

(*) Ver programación en relé SEL 311C de paño B2

8.4.2 Grupo N°4 de Ajustes – Paño B4 Transferido Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés

En el siguiente diagrama conceptual se muestran los elementos de protección determinados para las protecciones de los paños BR (pañó B4 transferido) y B5, considerando los ajustes condicionales definidos en la sección 8.2 del presente documento y que tienen como propósito acelerar el disparo de las protecciones del paño B4 para fallas que se presenten en el circuito N°2 de la LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés.



S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°4 de Ajustes – Paño B4 Transferido
Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Funciones 21/21N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Propuestos Cachapoal BR Acoplador de Transferencia SEL 311C 4			
	Paño B4 Transferido Circuito N°2 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés			
	Ajustes Generales			
Relación TT/CC	400 / 5 A 80			
	69000 v	:	115 v	
	600			
Rotación de fases (PHROT)	ABC			
Función de Distancia				
Generales				
Impedancia sec. positiva secundario	0,50	L	60,39 °	
Impedancia sec. cero secundario	1,81	L	76,84 °	
Longitud línea	8,69 km			
Angulo torque máximo	línea			
TANG	0,0 °			
K0	0,900	L	22,48 °	
Detectores de corriente de falla				
Característica de fases Zona 1 (50PP1)	5,00 A sec			
Característica de fases Zona 2 (50PP2)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 3 (50PP3)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 4 (50PP4)	5,00 A sec			
Característica residual Z1(50L1 y 50GZ1)	0,50 A sec			
Característica residual Z2(50L2 y 50GZ2)	0,50 A sec			
Característica residual Z3(50L3 y 50GZ3)	0,50 A sec			
Característica residual Z4(50L4 y 50GZ4)	0,50 A sec			
Elemento de Fase Característica Mho				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	Alcance		Tiempo op.
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec		0 ciclos
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec		15 ciclos
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec		30 ciclos
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec		2,5 ciclos (ver Nota 1)
Elemento Residual Característica Mho				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	Alcance		Tiempo op.
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec		0 ciclos
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec		15 ciclos
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec		30 ciclos
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec		2,5 ciclos (ver Nota 1)
Elemento Residual Característica Cuadrilateral				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	X	R	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0,40 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	0,40 Ω sec	15 ciclos
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	8,00 Ω sec	30 ciclos
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	0,40 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)

Nota 1: La Zona 4 (Reverse) se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para acelerar el disparo de la zona 2 de las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal y NO DEBE SER INCLUIDA EN LA ECUACIÓN DE TRIP.

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°4 de Ajustes – Paño B4 Transferido
Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Funciones 67/67N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación		Ajustes Propuestos Cachapoal BR Acoplador de Transferencia SEL 311C 4		
Paño		Paño B4 Transferido		
Marca /Modelo Relé		Circuito N°2 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés		
Grupo ajustes				
Ajustes Generales				
	Relación TT/CC	400 / 5 A 80		
	Relación TT/PP Barra	69000 v	:	115 v
	Rotación de fases (PHROT)	600 ABC		
Función de Sobrecorriente				
Elemento de Fase				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	M3P + LOP		
	Curva	U1		
	Pickup	5,00 A sec		
	Time dial	1,73		
Elemento Residual				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	32GF		
	Curva	U1		
	Pickup	0,50 A sec		
	Time dial	3,52		
Tiempo definido	Elemento 67G1T	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		32GF	2,50 A sec	5 ciclos
Tiempo definido	Elemento 67G2T	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		32GR	2,50 A sec	INST (ver Nota 1)

Nota 1: El elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido 67G2T se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para habilitar el elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido 67G1T en las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal y NO DEBE SER INCLUIDO EN LA ECUACIÓN DE TRIP.

Ecuación de trip sugerida

Tomando como base el diagrama conceptual de la página N°130 y los criterios expuestos en la sección 8.2, se sugiere la siguiente ecuación de Trip para el Grupo N°4 de ajustes del relé SEL 311C del paño BR.

La ecuación de Trip incluye inputs que reciben activaciones desde el relé SEL 311C del paño B5.

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°4 de Ajustes – Paño B4 Transferido
Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Ecuación de Trip

Protección de Distancia y SC	Ajustes Propuestos
Subestación	Cachapoal
Paño	BR
Marca /Modelo Relé	Acoplador Transferencia 66 kV
Grupo ajustes	SEL 311C
Ecuación de Trip	4
	Paño B4 Transferido
	Circuito N°2 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés
Descripción	
Ecuación de Trip	$Z1T + Z2T + Z3T + 51PT + 51GT + (M2P + Z2G) * INrrr + 67G1T * INsss$

Donde:

INrrr corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño B5 por activación de su zona 4 temporizada (Z4T)

INsss corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño B5 por activación de su función 67G2T

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°4 de Ajustes – Paño B4 Transferido
Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Función 50E

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos	
Paño	Cachapoal	
Marca /Modelo Relé	BR	
Grupo ajustes	Acoplador Transferencia 66 kV	
	SEL 311C	
	4	
	Paño B4 Transferido	
Función Sobrecorriente de emergencia 50E	Circuito N°2 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés	
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función pérdida de potencial	ELOP	Y
Control de torque direccionalidad SC de fases	51PTC	M3P+LOP

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°4 de Ajustes – Paño B4 Transferido
Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Función SOTF

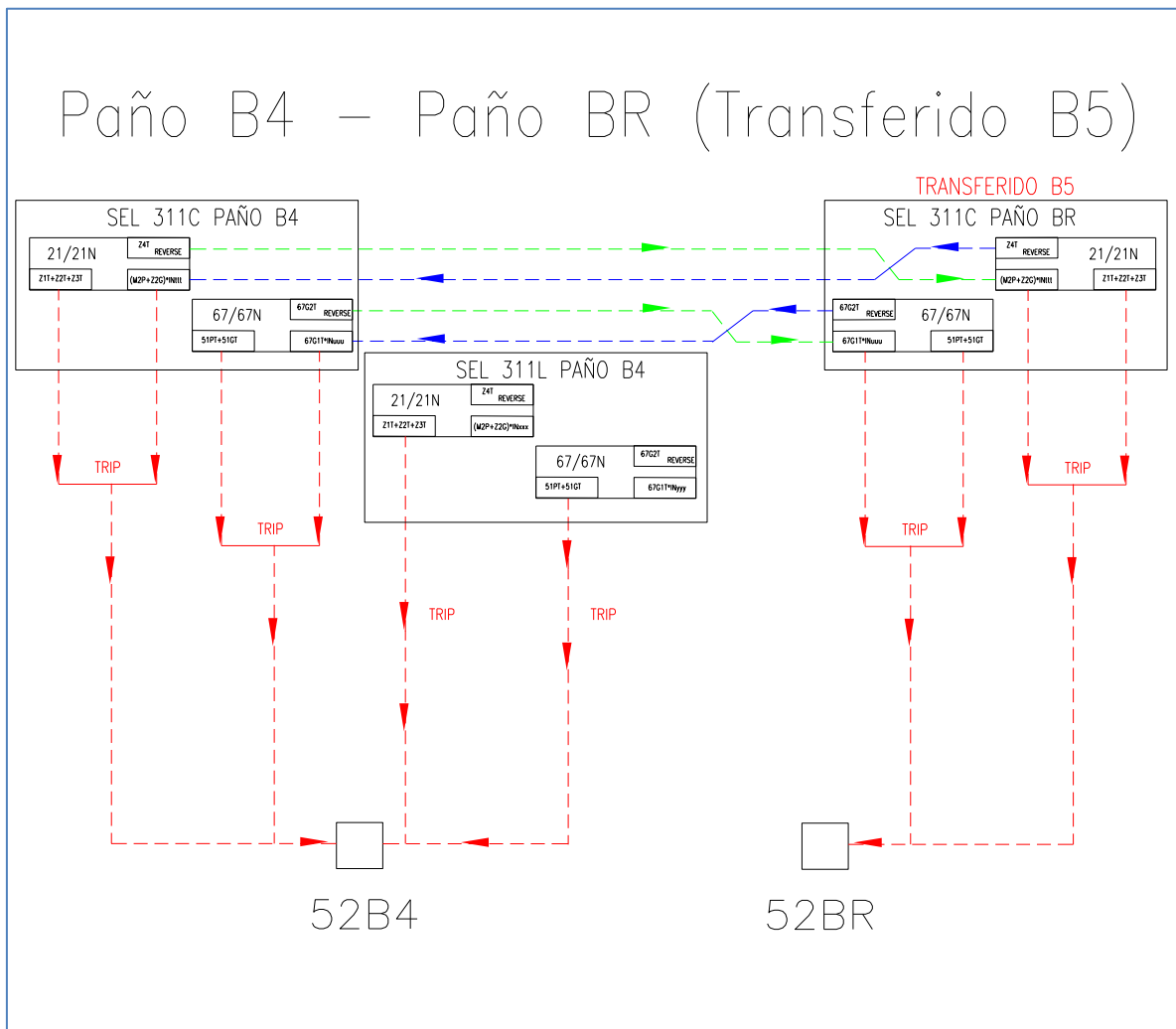
Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos	
Paño	Cachapoal	
Marca /Modelo Relé	BR	
Grupo ajustes	Acoplador Transferencia 66 kV	
	SEL 311C	
	4	
	Paño B4 Transferido	
Función Cierre contra falla SOTF	Circuito N°2 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés	
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	ESOTF	Y
Close enable time delay	CLOEND	OFF
52A time delay	52AEND	2 ciclos
SOTF duration	SOTFD	500 ciclos
Elemento de sobrecorriente residual instantáneo	50GX	2,50 A sec
Ecuación de trip por SOTF	TRSOTF	M2P + Z2G +50Gx

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°4 de Ajustes – Paño B4 Transferido
Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Función 79

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos	
Paño	Cachapoal	
Marca /Modelo Relé	BR	
Grupo ajustes	Acoplador Transferencia 66 kV	
Función de reconexión	SEL 311C	
79	4	
	Paño B4 Transferido	
	Circuito N°2 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés	
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	E79	1
Inicio de reconexión	79RI	TRIP
Tiempo de reconexión	79OI1	500 ciclos
Tiempo de reset desde estado ciclo reconexión	79RSD	1500 ciclos
Tiempo de reset desde estado lockout	79RSLD	3000 ciclos
Supervisión de inicio reconexión	79RIS	Nota 1
Supervisión de la reconexión	79CLS	1
Límite tiempo supervisión reconexión	79CLSD	0 ciclos
Bloqueo de la reconexión	79DTL	OC + SOTFT
Notas		
Nota 1	Inhibir por reconexión bloqueada manual	

8.4.3 Grupo N°5 de Ajustes – Paño B5 Transferido Circuito N°1 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés

En el siguiente diagrama conceptual se muestran los elementos de protección determinados para las protecciones de los paños B4 y BR (pañó B5 transferido), considerando los ajustes condicionales definidos en la sección 8.3 del presente documento y que tienen como propósito acelerar el disparo de las protecciones del paño B4 para fallas que se presenten en el circuito N°1 de la LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés.



S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°5 de Ajustes – Paño B5 Transferido
Circuito N°1 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Funciones 21/21N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Propuestos Cachapoal BR Acoplador de Transferencia SEL 311C 5 Paño B5 Transferido Circuito N°1 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés			
Ajustes Generales				
Relación TT/CC	400 / 5 A 80			
Relación TT/PP Barra	69000 v	:	115 v	
Rotación de fases (PHROT)	600 ABC			
Función de Distancia				
Generales				
Impedancia sec. positiva secundario	0,50	L	60,39 °	
Impedancia sec. cero secundario	1,81	L	76,84 °	
Longitud línea	8,69 km			
Angulo torque máximo	línea			
TANG	0,0 °			
K0	0,900	L	22,48 °	
Detectores de corriente de falla				
Característica de fases Zona 1 (50PP1)	5,00 A sec			
Característica de fases Zona 2 (50PP2)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 3 (50PP3)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 4 (50PP4)	5,00 A sec			
Característica residual Z1(50L1 y 50GZ1)	0,50 A sec			
Característica residual Z2(50L2 y 50GZ2)	0,50 A sec			
Característica residual Z3(50L3 y 50GZ3)	0,50 A sec			
Característica residual Z4(50L4 y 50GZ4)	0,50 A sec			
Elemento de Fase Característica Mho				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	Alcance	Tiempo op.	
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0 ciclos	
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	15 ciclos	
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	30 ciclos	
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)	
Elemento Residual Característica Mho				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	Alcance	Tiempo op.	
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0 ciclos	
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	15 ciclos	
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	30 ciclos	
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)	
Elemento Residual Característica Cuadrilateral				
Zonas habilitadas	3 + 1			
	Dirección	X	R	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	0,40 Ω sec	0,40 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	0,60 Ω sec	0,40 Ω sec	15 ciclos
Tercera Zona	Forward	2,70 Ω sec	8,00 Ω sec	30 ciclos
Cuarta Zona	Reverse	0,60 Ω sec	0,40 Ω sec	2,5 ciclos (ver Nota 1)

Nota 1: La Zona 4 (Reverse) se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para acelerar el disparo de la zona 2 de las protecciones del paño B4 de S/E Cachapoal y NO DEBE SER INCLUIDA EN LA ECUACIÓN DE TRIP.

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°5 de Ajustes – Paño B5 Transferido
Circuito N°1 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Funciones 67/67N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Ajustes Generales		Ajustes Propuestos Cachapoal BR Acoplador de Transferencia SEL 311C 5		
		Paño B5 Transferido		
		Circuito N°1 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés		
Relación TT/CC		400 / 5 A 80		
		69000 v	:	115 v
		600		
Rotación de fases (PHROT)		ABC		
Función de Sobrecorriente				
Elemento de Fase				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	M3P + LOP		
	Curva	U1		
	Pickup	5,00 A sec		
	Time dial	1,73		
Elemento Residual				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	32GF		
	Curva	U1		
	Pickup	0,50 A sec		
	Time dial	3,52		
Tiempo definido	Elemento 67G1T	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		32GF	2,50 A sec	5 ciclos
Tiempo definido	Elemento 67G2T	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		32GR	2,50 A sec	INST (ver Nota 1)

Nota 1: El elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido 67G2T se utiliza solamente como detector de falla en sentido reverse para habilitar el elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido 67G1T en las protecciones del paño B4 de S/E Cachapoal y NO DEBE SER INCLUIDO EN LA ECUACIÓN DE TRIP.

Ecuación de trip sugerida

Tomando como base el diagrama conceptual de la página N°136 y los criterios expuestos en la sección 8.2, se sugiere la siguiente ecuación de Trip para el Grupo N°5 de ajustes del relé SEL 311C del paño BR.

La ecuación de Trip incluye inputs que reciben activaciones desde el relé SEL 311C del paño B4.

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°5 de Ajustes – Paño B5 Transferido
Circuito N°2 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Ecuación de Trip

Protección de Distancia y SC	Ajustes Propuestos
Subestación	Cachapoal
Paño	BR
Marca /Modelo Relé	Acoplador Transferencia 66 kV
Grupo ajustes	SEL 311C
Ecuación de Trip	5
	Paño B5 Transferido
	Circuito N°1 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés
Descripción	
Ecuación de Trip	$Z1T + Z2T + Z3T + 51PT + 51GT + (M2P + Z2G) * INttt + 67G1T * INuuu$

Donde:

INttt corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño B4 por activación de su zona 4 temporizada (Z4T)

INuuu corresponde a input que recibe señal de output desde relé SEL 311C del paño B4 por activación de su función 67G2T

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°5 de Ajustes – Paño B5 Transferido
Circuito N°1 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Función 50E

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos Cachapoal	
Paño	BR	
Marca /Modelo Relé	Acoplador Transferencia 66 kV	
Grupo ajustes	SEL 311C	
Función Sobrecorriente de emergencia 50E	5	
	Paño B5 Transferido	
	Circuito N°1 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés	
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función pérdida de potencial	ELOP	Y
Control de torque direccionalidad SC de fases	51PTC	M3P+LOP

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°5 de Ajustes – Paño B5 Transferido
Circuito N°1 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Función SOTF

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos Cachapoal	
Paño	BR	
Marca /Modelo Relé	Acoplador Transferencia 66 kV	
Grupo ajustes	SEL 311C	
Función Cierre contra falla SOTF	5	
	Paño B5 Transferido	
	Circuito N°1 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés	
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	ESOTF	Y
Close enable time delay	CLOEND	OFF
52A time delay	52AEND	2 ciclos
SOTF duration	SOTFD	500 ciclos
Elemento de sobrecorriente residual instantáneo	50GX	2,50 A sec
Ecuación de trip por SOTF	TRSOTF	M2P + Z2G +50Gx

S/E Cachapoal
Ajustes relés SEL 311C – Paño BR
Grupo N°5 de Ajustes – Paño B5 Transferido
Circuito N°1 - LT 2x66 kV Cachapoal – Punta de Cortés
Función 79

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación	Ajustes Propuestos	
Paño	Cachapoal	
Marca /Modelo Relé	BR	
Grupo ajustes	Acoplador Transferencia 66 kV	
Función de reconexión	SEL 311C	
79	5	
	Paño B5 Transferido	
	Circuito N°1 LT 66 kV Cachapoal - Punta de Cortés	
Descripción	Parámetro	Ajuste
Habilita función	E79	1
Inicio de reconexión	79RI	TRIP
Tiempo de reconexión	79OI1	500 ciclos
Tiempo de reset desde estado ciclo reconexión	79RSD	1500 ciclos
Tiempo de reset desde estado lockout	79RSLD	3000 ciclos
Supervisión de inicio reconexión	79RIS	Nota 1
Supervisión de la reconexión	79CLS	1
Límite tiempo supervisión reconexión	79CLSD	0 ciclos
Bloqueo de la reconexión	79DTL	OC + SOTFT
Notas		
Nota 1	Inhibir por reconexión bloqueada manual	

9. AJUSTES PROPUESTOS PARA PROTECCIONES EXISTENTES

9.1 S/E Punta de Cortés - Paño B4 - Relé SEL 311C Circuito N°1 LT 2x66 kV Punta de Cortés - Cachapoal

Actualmente, para fallas francas bifásicas a tierra y monofásicas a tierra, la primera zona de la característica cuadrilateral residual de la función de distancia alcanza la barra 66 kV de S/E Cachapoal con tiempo de operación instantáneo, provocando por lo tanto falta de coordinación con las protecciones actuales y proyectadas de los paños 66 kV en la citada subestación.

Lo anterior es motivado por un ajuste del factor de compensación de secuencia cero que no corresponde a las características de la línea.

Para corregir esta condición se propone modificar el factor de compensación de secuencia cero (k_0) de la primera zona adaptándolo al valor calculado para el circuito N°1 de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal.

El valor calculado para el k_0 se presenta en la siguiente tabla:

S/E Punta de Cortés – Paño B4 – Relé SEL 311C – Factor de compensación sec 0

Línea	R1 [Ohms pri]	X1 [Ohms pri]	Z1 [Ohms]		R0 [Ohms pri]	X0 [Ohms pri]	Z0 [Ohms pri]		Propuesto k0	
			Magnitud	Ángulo			Magnitud	Ángulo	Magnitud	Ángulo
Cachapoal - Punta de Cortés N°1	1,8423	3,2414	3,7283	60,39 °	3,0936	13,2349	13,5916	76,84 °	0,900	22,48 °

S/E Punta de Cortés Ajustes relé SEL 311C - Paño B4 Factor de Compensación secuencia 0

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Actuales Punta de Cortés B4 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal N°1 SEL 311C 1			Ajustes Propuestos Punta de Cortés B4 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal N°1 SEL 311C 1		
	k0M1 y k0A1 (Zona 1)			0,900	L	22,48 °
	k0M y k0A (Zonas 2,3 y 4)	1,249	L	1,249	L	26,80 °

9.2 S/E Punta de Cortés - Paño B5 - Relé SEL 311C

Circuito N°2 LT 2x66 kV Punta de Cortés - Cachapoal

Actualmente, para fallas francas bifásicas a tierra y monofásicas a tierra, la primera zona de la característica cuadrilateral residual de la función de distancia alcanza la barra 66 kV de S/E Cachapoal con tiempo de operación instantáneo, provocando por lo tanto falta de coordinación con las protecciones actuales y proyectadas de los paños 66 kV en la citada subestación.

Lo anterior es motivado por un ajuste del factor de compensación de secuencia cero que no corresponde a las características de la línea.

Para corregir esta condición se propone modificar el factor de compensación de secuencia cero (k_0) de la primera zona adaptándolo al valor calculado para el circuito N°2 de la LT 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal.

El valor calculado para el k_0 se presenta en la siguiente tabla:

S/E Punta de Cortés – Paño B5 – Relé SEL 311C – Factor de compensación sec 0

Línea	R1 [Ohms pri]	X1 [Ohms pri]	Z1 [Ohms]		R0 [Ohms pri]	X0 [Ohms pri]	Z0 [Ohms pri]		Propuesto k0	
			Magnitud	Ángulo			Magnitud	Ángulo	Magnitud	Ángulo
Cachapoal - Punta de Cortés N°2	1,8423	3,2414	3,7283	60,39 °	3,0936	13,2349	13,5916	76,84 °	0,900	22,48 °

S/E Punta de Cortés

Ajustes relé SEL 311C - Paño B5

Factor de Compensación secuencia 0

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Actuales Punta de Cortés B5 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal N°2 SEL 311C 1				Ajustes Propuestos Punta de Cortés B5 LT 66 kV Punta de Cortés - Cachapoal N°2 SEL 311C 1			
	k0M1 y k0A1 (Zona 1)							
	k0M y k0A (Zonas 2,3 y 4)	1,287	L	27,50 °	0,900	L	22,48 °	
		1,287	L	27,50 °	1,287	L	27,50 °	

9.3 S/E Cachapoal Unidades de Control Alimentadores Paños MT

a) Multiplicador de tiempo función sobrecorriente residual de tiempo inverso

Para el Grupo Alternativo, en la unidades de control SEL 351R de los paños C1, C2 y C3, se modifica el multiplicador de tiempo de la característica residual de tiempo inverso (parámetro 51N1TD) al valor 2.5.

b) Multiplicador de tiempo sobrecorriente residual de tiempo inverso en la función Cold Load Pickup

Las cabeceras de alimentadores que cuentan con unidades de control SEL 351R tienen habilitadas la función Cold Load Pickup que modifica la característica de operación por los primeros 250 ciclos (5 segundos) posteriores a un cierre manual. La ecuación de Trip de las unidades de control SEL 351R es la siguiente:

$$TR = (51P1T + 51N1T * !LT1 + 67N1T * !LT1) * !SV8T + (51P2T + 51N2T * !LT1) * SV8T + 50P1$$

Donde la expresión $(51P2T + 51N2T * !LT1)$ indica las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso habilitadas durante los primeros 250 ciclos, condicionadas por la activación de la variable temporal $SV8T$ ($SV8DO = 250$ ciclos).

En las unidades de control SEL 351R de los paños C1, C2 y C3 se modifica el multiplicador de tiempo de la característica residual de tiempo inverso utilizado cuando se encuentra activa la función Cold Load Pickup (parámetro 51N2TD), al valor 2.5.

c) Emulación de reset curvas tiempo corriente unidades de control SEL 351R

En las protecciones de las cabeceras C1, C2, C3, C5 y C6, que cuentan con unidades de control SEL 351R, se modifica a "No" el parámetro de ajuste de emulación de reset de las curvas tiempo corriente, actualmente programado en "Si", el que tenía el propósito de asegurar coordinación con los relés de tipo electromecánico que se retiran en los paños CT1 y CT2.

d) N° de operaciones por activación de la función SEF (Sensitive Earth Fault) unidades de control Cooper Power F4C

En las unidades de control correspondientes a los paños C4 y C9 se elimina la reconexión automática ante operación de la función SEF, de acuerdo a criterios establecidos por CGET.

e) Modificación de ajustes de pickup y tiempo de operación de la función SEF (Sensitive Earth Fault)

En las unidades de control correspondientes a los paños C4, C5 y C9 se modifica pickup y tiempo de operación (sólo C4 y C9) de la función SEF para el grupo normal de ajustes.

f) Activación de la función SEF (Sensitive Earth Fault) para grupo alternativo de ajustes en unidades de control SEL 351R

En las unidades de control correspondientes a los paños C1, C2, C3 , C5, y C6 se habilita la función SEF para el grupo alternativo de ajustes

g) Operación de función de sobrecorriente instantánea en unidades de control F4C

En las unidades de control F4C correspondientes a los alimentadores C4, C9 y C10 la función de sobrecorriente instantánea de fases actualmente se encuentra operativa para la primera operación. Se propone habilitar también para la segunda operación.

Access Code	Security		Scroll	Limits		Incr	Parameter	Factory Settings
	Write	Read		High	Low			
134	1	0	YES	1-2-3-4	1	--	High-Current Trip - Phase (Active Trip Number)	0
134	1	0	YES	1-2-3-4	1	--	High-Current Trip - Ground (Active Trip Number)	0
<ul style="list-style-type: none"> Indicates on which trip operation High-Current Trip is active. Trip operations, on which High-Current Trip is active, are customer selectable, via the keyboard, for any combination in sequence (i.e., select 3, 4; or 1 only, 2 only; or 1, 2, 3, 4, etc.) . Use the PHASE/GROUND key to examine phase or ground. 								

En las siguientes tablas se resumen los ajustes a modificar para cada cabecera de alimentador.

9.3.1 S/E Cachapoal – Paño C1 – Unidad de Control SEL 351R Alimentador El Cobre

S/E Cachapoal – Paño C1 – Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C1	C1
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador El Cobre	Alimentador El Cobre
Función de Sobrecorriente	SEL 351R Grupo N°1	SEL 351R Grupo N°1
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup (51P1P)	400 A prim.	400 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,8	0,8
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim.	Pickup 4000 A prim.
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	2,5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup 12 A prim.	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. 90 seg.	Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

S/E Cachapoal – Paño C1 – Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C1	C1
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador El Cobre	Alimentador El Cobre
Función de Sobrecorriente	SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)	SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup (51P1P)	600 A prim.	600 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,5	0,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim.	Pickup 4000 A prim.
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup NO	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. NO	Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

9.3.2 S/E Cachapoal – Paño C2 – Unidad de Control SEL 351R Alimentador Brasil

S/E Cachapoal – Paño C2 – Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C2	C2
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador Brasil	Alimentador Brasil
Función de Sobrecorriente	SEL 351R Grupo N°1	SEL 351R Grupo N°1
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup (51P1P)	400 A prim.	400 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,8	0,8
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim.	Pickup 4000 A prim.
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	2,5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup 12 A prim.	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. 90 seg.	Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

S/E Cachapoal – Paño C2 – Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C2	C2
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador Brasil	Alimentador Brasil
Función de Sobrecorriente	SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)	SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup (51P1P)	600 A prim.	600 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,5	0,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim.	Pickup 4000 A prim.
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup NO	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. NO	Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

9.3.3 S/E Cachapoal – Paño C3 – Unidad de Control SEL 351R Alimentador Astorga

S/E Cachapoal – Paño C3 – Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C3	C3
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Astorga	Alimentador Astorga
Función de Sobrecorriente	SEL 351R Grupo N°1	SEL 351R Grupo N°1
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup (51P1P)	400 A prim.	400 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,8	0,8
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim.	Pickup 4000 A prim.
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	2,5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup 12 A prim.	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. 90 seg.	Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

S/E Cachapoal – Paño C3 – Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente+C81:L107 Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C3	C3
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Astorga	Alimentador Astorga
Función de Sobrecorriente	SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)	SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup (51P1P)	600 A prim.	600 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,5	0,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim.	Pickup 4000 A prim.
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup NO	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. NO	Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

9.3.4 S/E Cachapoal – Paño C4 – Unidad de Control Cooper Power Form 4C Alimentador Lo Conty

S/E Cachapoal – Paño C4 – Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria		Ajustes Actuales Cachapoal		Ajustes Propuestos Cachapoal	
Paño		C4		C4	
Marca /Modelo Reconectador - U de Control		Alimentador Lo Conty Cooper Power Form 4C Grupo Normal		Alimentador Lo Conty Cooper Power Form 4C Grupo Normal	
Función de Sobrecorriente		Elemento de Fase			
Tiempo Inverso (51)	Curva	116		116	
	Pickup	340 A prim.		340 A prim.	
	Time dial /Multiplicador	1		1	
	Sumador	0 seg.		0 seg.	
Instantáneo / Tiempo definido (50)		Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
HCT Active Shot Number - Phase (Code 134P)		3600 A prim.	0,02 seg.	3600 A prim.	0,02 seg.
Elemento Residual		1		1,2	
Tiempo Inverso (51N)		140		140	
Curva		50 A prim.		50 A prim.	
Pickup		0,4		0,4	
Time dial /Multiplicador		0 seg.		0 seg.	
Sumador					
Instantáneo / Tiempo definido (50N)		Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
		NO	NO	NO	NO
SEF		Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
		25 A prim.	120 seg.	12,5 A prim.	90 seg.
Función de Reconexión					
N° operaciones para lockout (51/50/51N)		2		2	
SGF Operations to Lockout (Code 124)		2		1	
Tiempo reconexión		5 seg.		5 seg.	

S/E Cachapoal – Paño C4 – Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal		Ajustes Actuales Cachapoal	
Paño	C4		C4	
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador Lo Conty Cooper Power Form 4C Grupo Alternativo		Alimentador Lo Conty Cooper Power Form 4C Grupo Alternativo	
Función de Sobrecorriente				
Elemento de Fase				
Tiempo Inverso (51)	Curva	116	Curva	116
	Pickup	420 A prim.	Pickup	420 A prim.
	Time dial /Multiplicador	1	Time dial /Multiplicador	1
	Sumador	0 seg.	Sumador	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	3600 A prim.	0,02 seg.	3600 A prim.	0,02 seg.
HCT Active Shot Number - Phase (Code 134P)	1		1,2	
Elemento Residual				
Tiempo Inverso (51N)	Curva	140	Curva	140
	Pickup	50 A prim.	Pickup	50 A prim.
	Time dial /Multiplicador	0,4	Time dial /Multiplicador	0,4
	Sumador	0 seg.	Sumador	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	NO	NO	NO	NO
SEF	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	25 A prim.	120 seg.	12,5 A prim.	90 seg.
Función de Reconexión				
N° operaciones para lockout (51/50/51N) SGF Operations to Lockout (Code 124)	2		2	
	2		1	
	5 seg.		5 seg.	
	Tiempo reconexión			

9.3.5 S/E Cachapoal – Paño C5 – Unidad de Control SEL 351R Alimentador El Olivar

S/E Cachapoal – Paño C5 – Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C5	C5
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador El Olivar	Alimentador El Olivar
Función de Sobrecorriente	SEL 351R Grupo N°1	SEL 351R Grupo N°1
Elemento de Fase		
Curva	U2	U2
Pickup (51P1P)	400 A prim.	400 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,8	0,8
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim.	Pickup 4000 A prim.
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	2,5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	2,5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup 25 A prim.	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. 90 seg.	Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

S/E Cachapoal – Paño C5 – Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C5	C5
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador El Olivar	Alimentador El Olivar
Función de Sobrecorriente	SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)	SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)
Elemento de Fase		
Curva	U2	U2
Pickup (51P1P)	600 A prim.	600 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,5	0,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim.	Pickup 4000 A prim.
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	2,5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	2,5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup NO	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. NO	Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

9.3.6 S/E Cachapoal – Paño C6 – Unidad de Control SEL 351R Alimentador Requinoa

S/E Cachapoal – Paño C6 – Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C6	C6
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Requinoa SEL 351R Grupo N°1	Alimentador Requinoa SEL 351R Grupo N°1
Función de Sobrecorriente		
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup (51P1P)	400 A prim.	400 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,8	0,8
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim. Tiempo op. 0 seg.	Pickup 4000 A prim. Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	2,5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	2,5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO Tiempo op. NO	Pickup NO Tiempo op. NO
SEF	Pickup 12 A prim. Tiempo op. 90 seg.	Pickup 12 A prim. Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

S/E Cachapoal – Paño C6 – Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal	Ajustes Propuestos Cachapoal
Paño	C6	C6
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Requinoa SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)	Alimentador Requinoa SEL 351R Grupo N°2 (Alternativo)
Función de Sobrecorriente		
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup (51P1P)	600 A prim.	600 A prim.
Pickup CLPU (51P2P)	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador (51P1TD)	0,5	0,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51P2TD)	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 4000 A prim. Tiempo op. 0 seg.	Pickup 4000 A prim. Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup (51N1P)	50 A prim.	50 A prim.
Pickup CLPU (51N2P)	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador (51N1TD)	2,5	2,5
Time dial /Multiplicador CLPU (51N2TD)	2,5	2,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO Tiempo op. NO	Pickup NO Tiempo op. NO
SEF	Pickup NO Tiempo op. NO	Pickup 12 A prim. Tiempo op. 90 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

9.3.7 S/E Cachapoal – Paño C9 – Unidad de Control Cooper Power Form 4C Alimentador La Puente Alta

S/E Cachapoal – Paño C9 – Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal		Ajustes Propuestos Cachapoal	
Paño	C9		C9	
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador La Puente Alta		Alimentador La Puente Alta	
Función de Sobrecorriente	Cooper Power Form 4C		Cooper Power Form 4C	
Elemento de Fase	Grupo Normal		Grupo Normal	
Tiempo Inverso (51)	Curva	116	Curva	116
	Pickup	400 A prim.	Pickup	400 A prim.
	Time dial /Multiplicador	1	Time dial /Multiplicador	1
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Sumador	0 seg.	Sumador	0 seg.
	Pickup	3600 A prim.	Pickup	3600 A prim.
	Tiempo op.	0,02 seg.	Tiempo op.	0,02 seg.
HCT Active Shot Number - Phase (Code 134P)	1		1,2	
Elemento Residual				
Tiempo Inverso (51N)	Curva	140	Curva	140
	Pickup	50 A prim.	Pickup	50 A prim.
	Time dial /Multiplicador	0,4	Time dial /Multiplicador	0,4
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Sumador	0 seg.	Sumador	0 seg.
	Pickup	NO	Pickup	NO
	Tiempo op.	NO	Tiempo op.	NO
SEF	Pickup	25 A prim.	Pickup	12,5 A prim.
	Tiempo op.	120 seg.	Tiempo op.	90 seg.
Función de Reconexión				
N° operaciones para lockout (51/50/51N)	2		2	
SGF Operations to Lockout (Code 124)	2		1	
Tiempo reconexión	5 seg.		5 seg.	

S/E Cachapoal – Paño C9 – Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal		Ajustes Propuestos Cachapoal	
Paño	C9		C9	
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador La Puente Alta		Alimentador La Puente Alta	
Función de Sobrecorriente	Cooper Power Form 4C		Cooper Power Form 4C	
Elemento de Fase	Grupo Alternativo		Grupo Alternativo	
Tiempo Inverso (51)	Curva	116	Curva	116
	Pickup	460 A prim.	Pickup	460 A prim.
	Time dial /Multiplicador	1	Time dial /Multiplicador	1
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Sumador	0 seg.	Sumador	0 seg.
	Pickup	3600 A prim.	Pickup	3600 A prim.
	Tiempo op.	0,02 seg.	Tiempo op.	0,02 seg.
HCT Active Shot Number - Phase (Code 134P)	1		1,2	
Elemento Residual				
Tiempo Inverso (51N)	Curva	140	Curva	140
	Pickup	50 A prim.	Pickup	50 A prim.
	Time dial /Multiplicador	0,4	Time dial /Multiplicador	0,4
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Sumador	0 seg.	Sumador	0 seg.
	Pickup	NO	Pickup	NO
	Tiempo op.	NO	Tiempo op.	NO
SEF	Pickup	25 A prim.	Pickup	12,5 A prim.
	Tiempo op.	120 seg.	Tiempo op.	90 seg.
Función de Reconexión				
N° operaciones para lockout (51/50/51N)	2		2	
SGF Operations to Lockout (Code 124)	2		1	
Tiempo reconexión	5 seg.		5 seg.	

9.3.8 S/E Cachapoal – Paño C10 – Unidad de Control Cooper Power Form 4C Alimentador La Granja

S/E Cachapoal – Paño C10 – Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Cachapoal		Ajustes Propuestos Cachapoal	
Paño	C10		C10	
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador La Granja Cooper Power Form 4C Grupo Normal		Alimentador La Granja Cooper Power Form 4C Grupo Normal	
Función de Sobrecorriente	Elemento de Fase			
Tiempo Inverso (51)	Curva	116	Curva	116
	Pickup	400 A prim.	Pickup	400 A prim.
	Time dial /Multiplicador	1	Time dial /Multiplicador	1
	Sumador	0 seg.	Sumador	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	3600 A prim.	0,02 seg.	3600 A prim.	0,02 seg.
HCT Active Shot Number - Phase (Code 134P)		1	1,2	
Elemento Residual				
Tiempo Inverso (51N)	Curva	140	Curva	140
	Pickup	50 A prim.	Pickup	50 A prim.
	Time dial /Multiplicador	0,4	Time dial /Multiplicador	0,4
	Sumador	0 seg.	Sumador	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	NO	NO	NO	NO
SEF	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	12,5 A prim.	90 seg.	12,5 A prim.	90 seg.
Función de Reconexión				
N° operaciones para lockout (51/50/51N) SGF Operations to Lockout (Code 124) Tiempo reconexión	2		2	
	1		1	
	5 seg.		5 seg.	

S/E Cachapoal – Paño C10 – Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria		Ajustes Actuales Cachapoal		Ajustes Propuestos Cachapoal	
Paño		C10		C10	
Marca /Modelo Reconectador - U de Control		Alimentador La Granja Cooper Power Form 4C Grupo Alternativo		Alimentador La Granja Cooper Power Form 4C Grupo Alternativo	
Función de Sobrecorriente					
Elemento de Fase					
Tiempo Inverso (51)	Curva	116		116	
	Pickup	600 A prim.		600 A prim.	
	Time dial /Multiplicador	1		1	
	Sumador	0 seg.		0 seg.	
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup		Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	3600 A prim.		0,02 seg.	3600 A prim.	0,02 seg.
HCT Active Shot Number - Phase (Code 134P)		1		1,2	
Elemento Residual					
Tiempo Inverso (51N)	Curva	140		140	
	Pickup	50 A prim.		50 A prim.	
	Time dial /Multiplicador	0,4		0,4	
	Sumador	0 seg.		0 seg.	
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup		Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	NO		NO	NO	NO
SEF	Pickup		Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	12,5 A prim.		90 seg.	12,5 A prim.	90 seg.
Función de Reconexión					
N° operaciones para lockout (51/50/51N)		2		2	
SGF Operations to Lockout (Code 124)		1		1	
Tiempo reconexión		5 seg.		5 seg.	

10. CURVAS TIEMPO CORRIENTE DE COORDINACIÓN PROPUESTAS

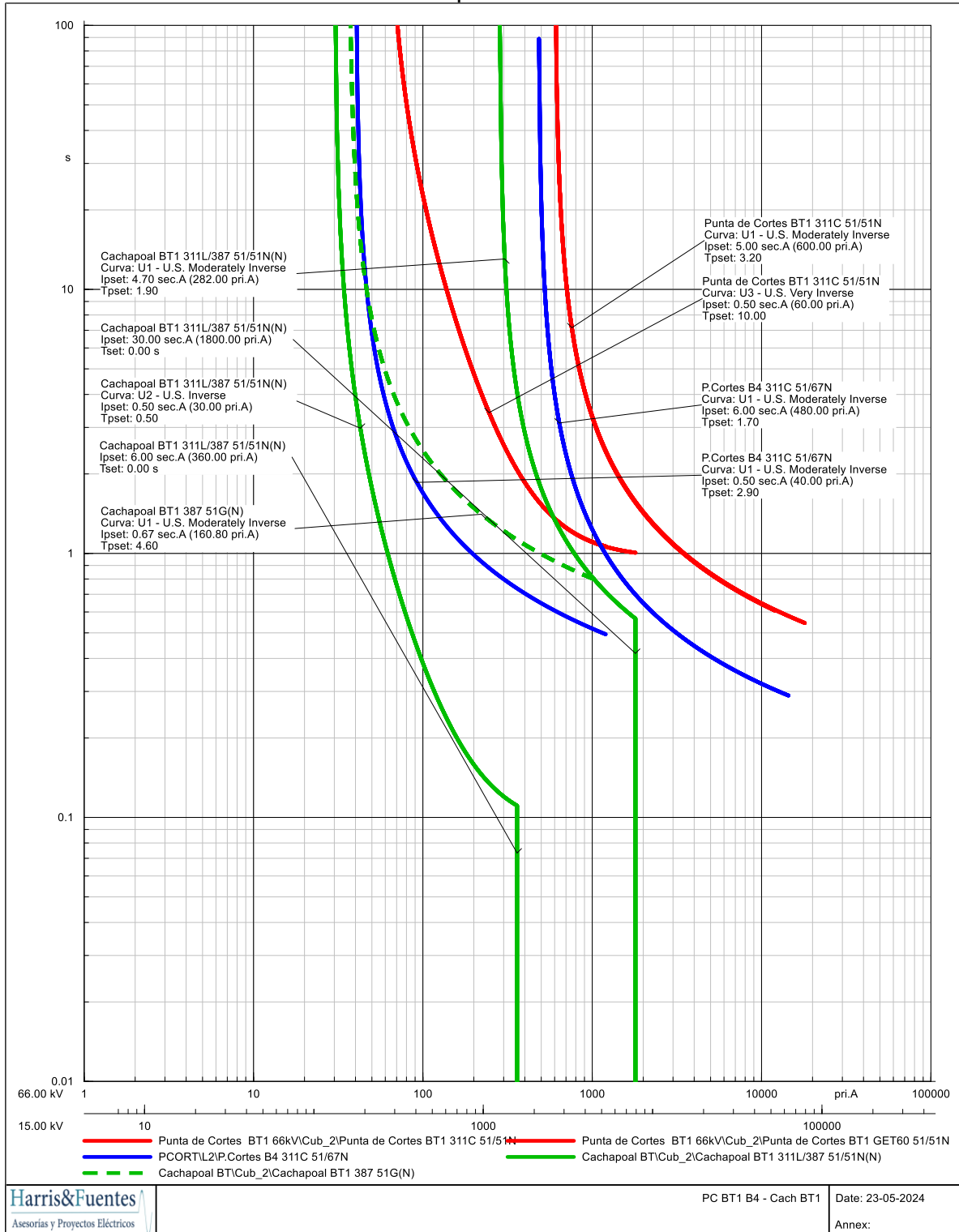
Debido a que los ajustes propuestos para las protecciones de los paños BT1 y CT1 de S/E Cachapoal son idénticos a los propuestos para las protecciones de los paños BT2 y CT2, se presentan solamente las curvas de coordinación de las protecciones de los paños BT1 y CT1 con sus adyacencias superiores e inferiores.

Debido a que los ajustes actuales las protecciones de los paños B4 y B5 de S/E Punta de Cortés son idénticos, se presentan solamente las curvas de coordinación de las protecciones del paño B4 con sus adyacencias superiores e inferiores.

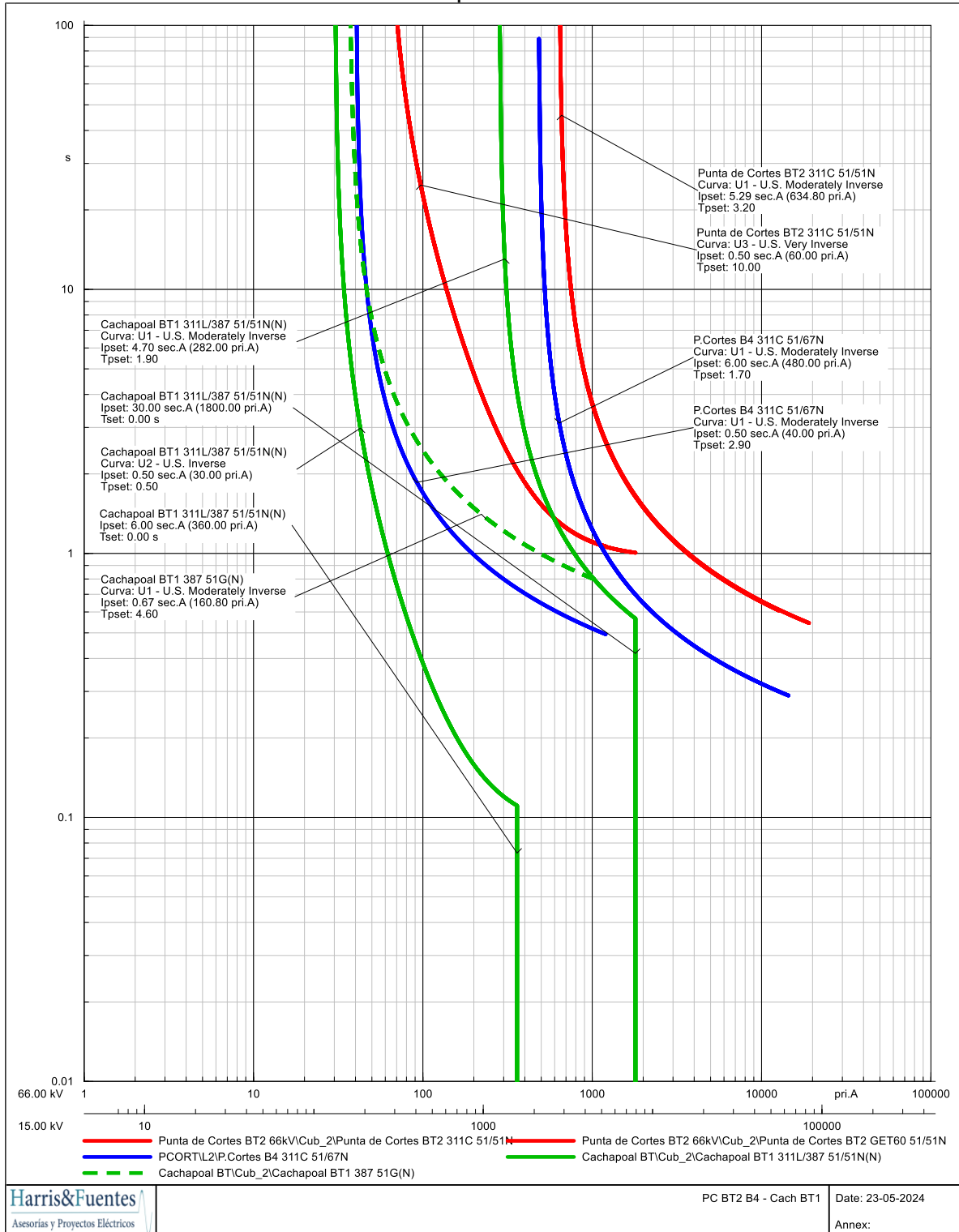
Con objeto de minimizar la cantidad de etiquetas en los diagramas y dado que las características tiempo - corriente de los relés redundantes están homologadas, para los siguientes paños solamente se muestran los ajustes de los relés que se indican:

- Punta de Cortés – BT1 : Relé SEL 311C
- Punta de Cortés – BT2 : Relé SEL 311C
- Punta de Cortés – BT3 : Relé SEL 311C
- Rancagua – B5 : Relés SEL 311C/SEL 351A
- Rancagua – B6 : Relé SEL 311C

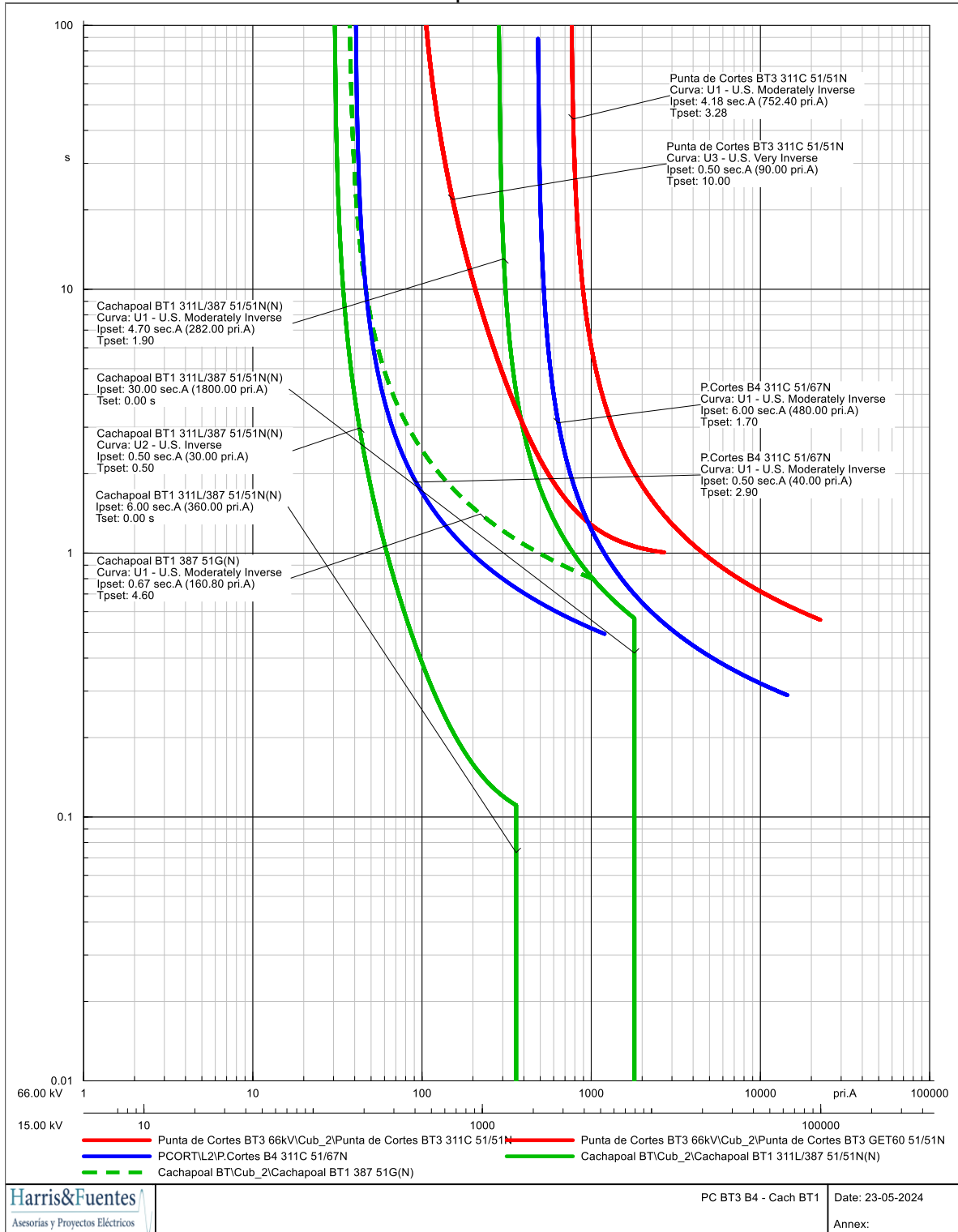
S/E Punta de Cortés: Paños BT1 – B4
S/E Cachapoal: Paño BT1



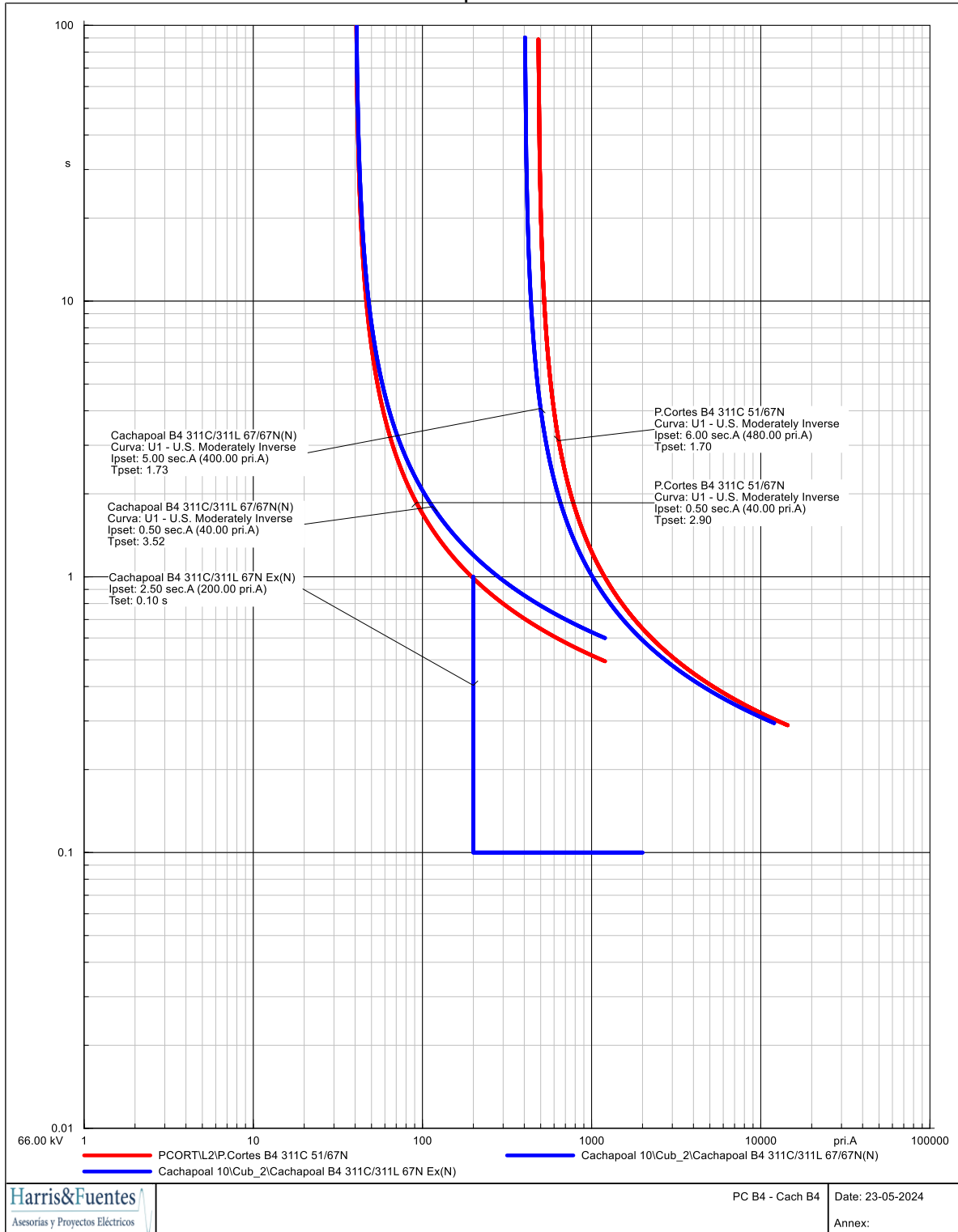
S/E Punta de Cortés: Paños BT2 – B4
S/E Cachapoal: Paño BT1



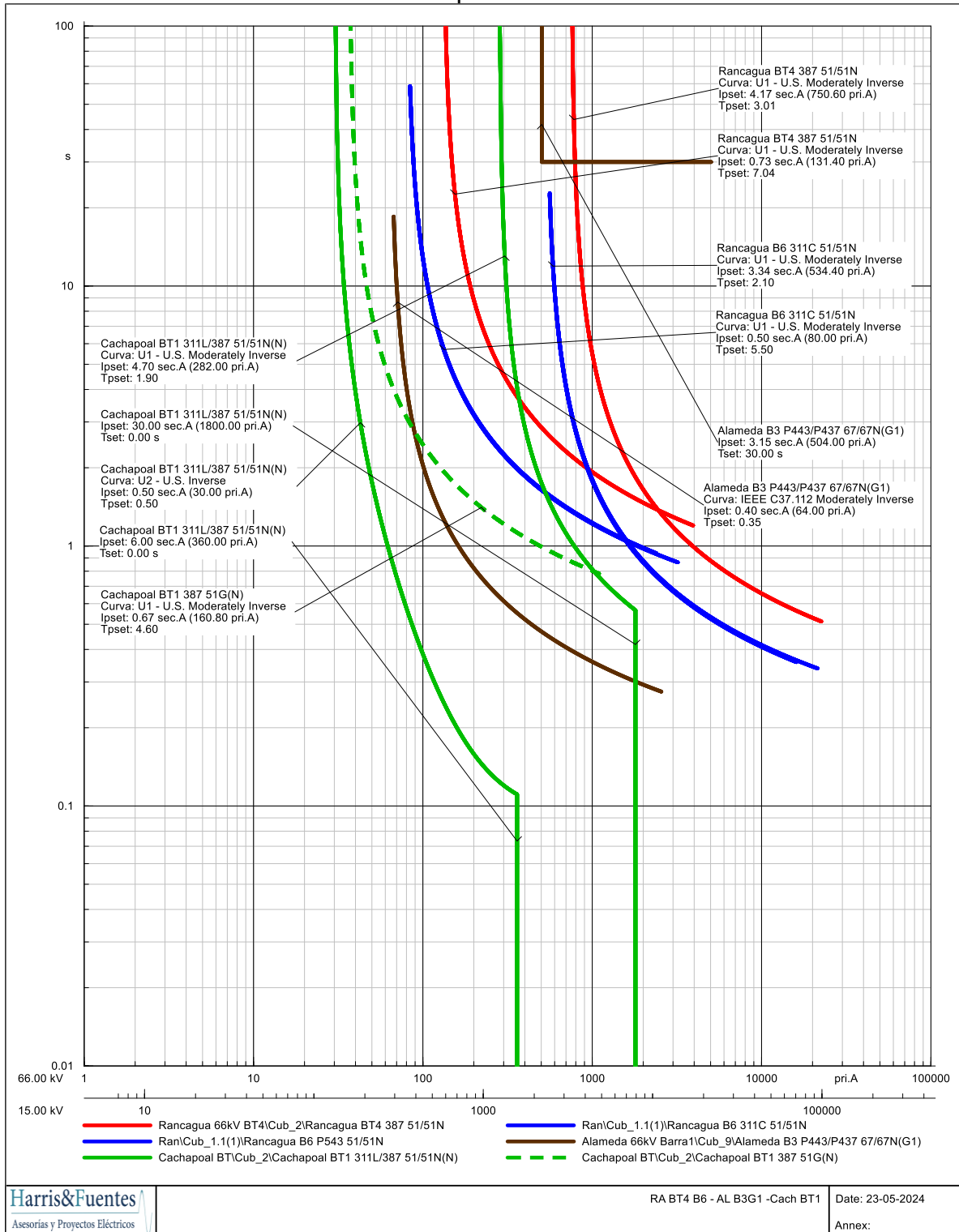
S/E Punta de Cortés: Paños BT3 – B4
S/E Cachapoal: Paño BT1



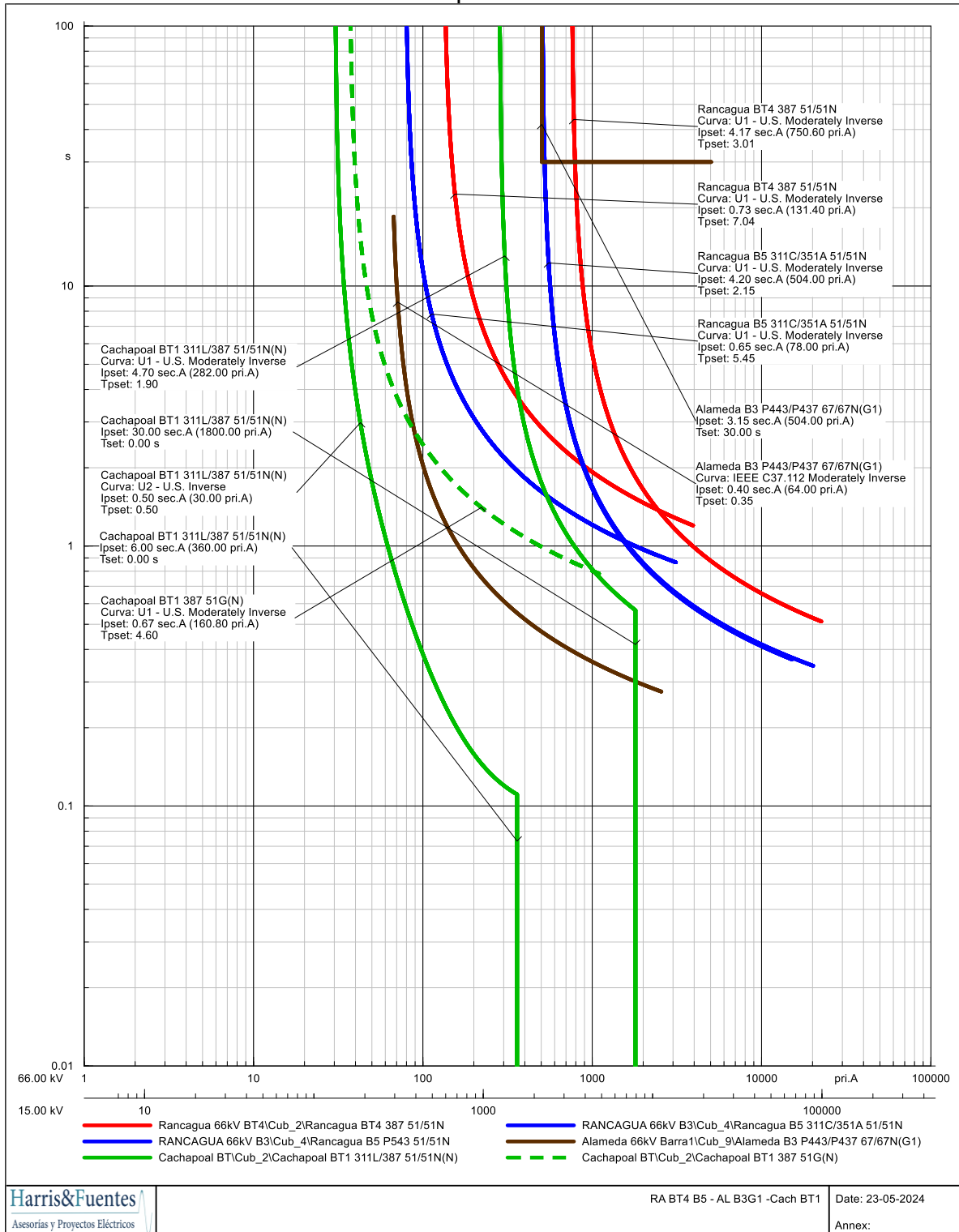
S/E Punta de Cortés: Paño B4
S/E Cachapoal: Paño B4



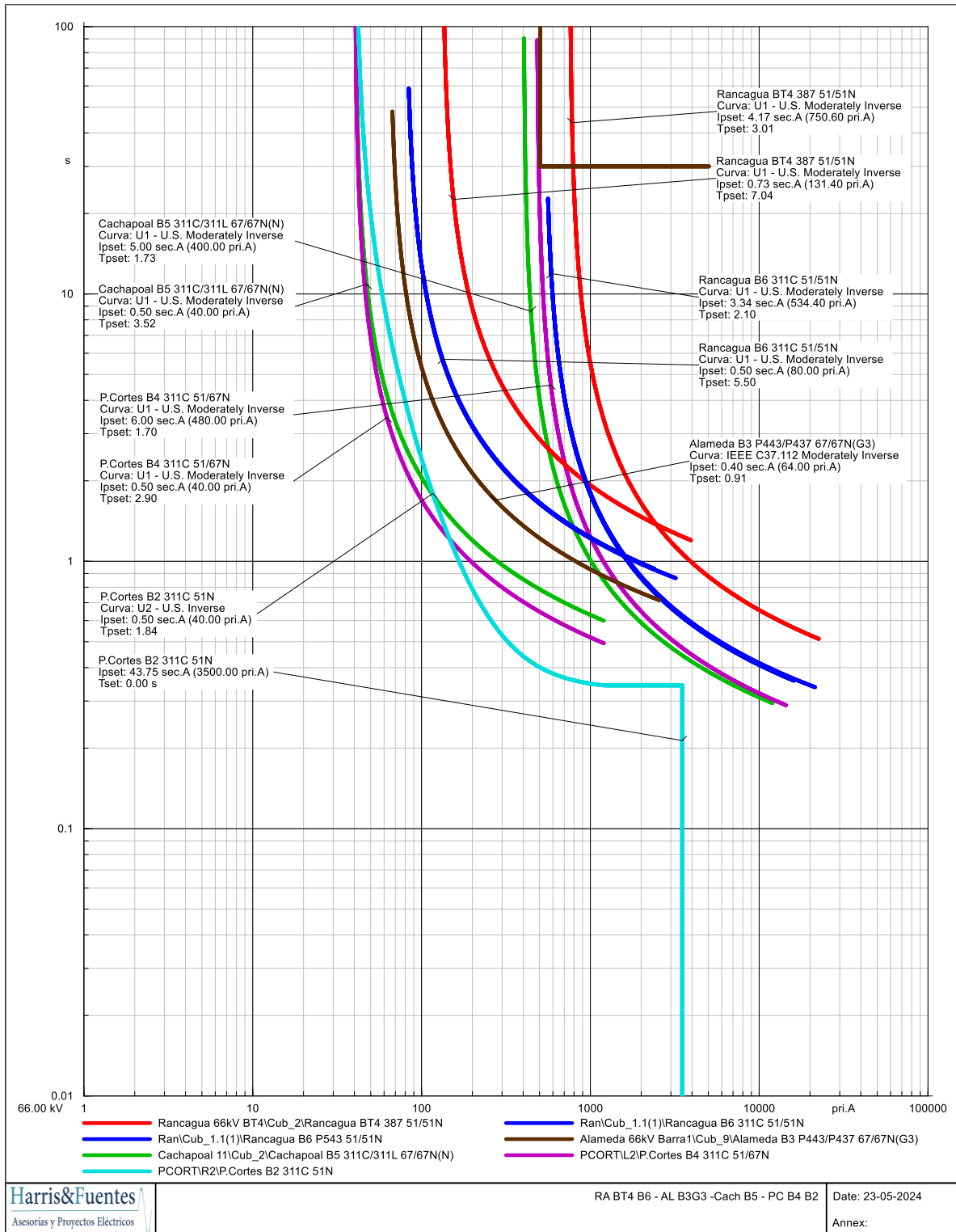
S/E Rancagua: Paños BT4 – B6
S/E Alameda: Paño B3 (G1)
S/E Cachapoal: Paño BT1



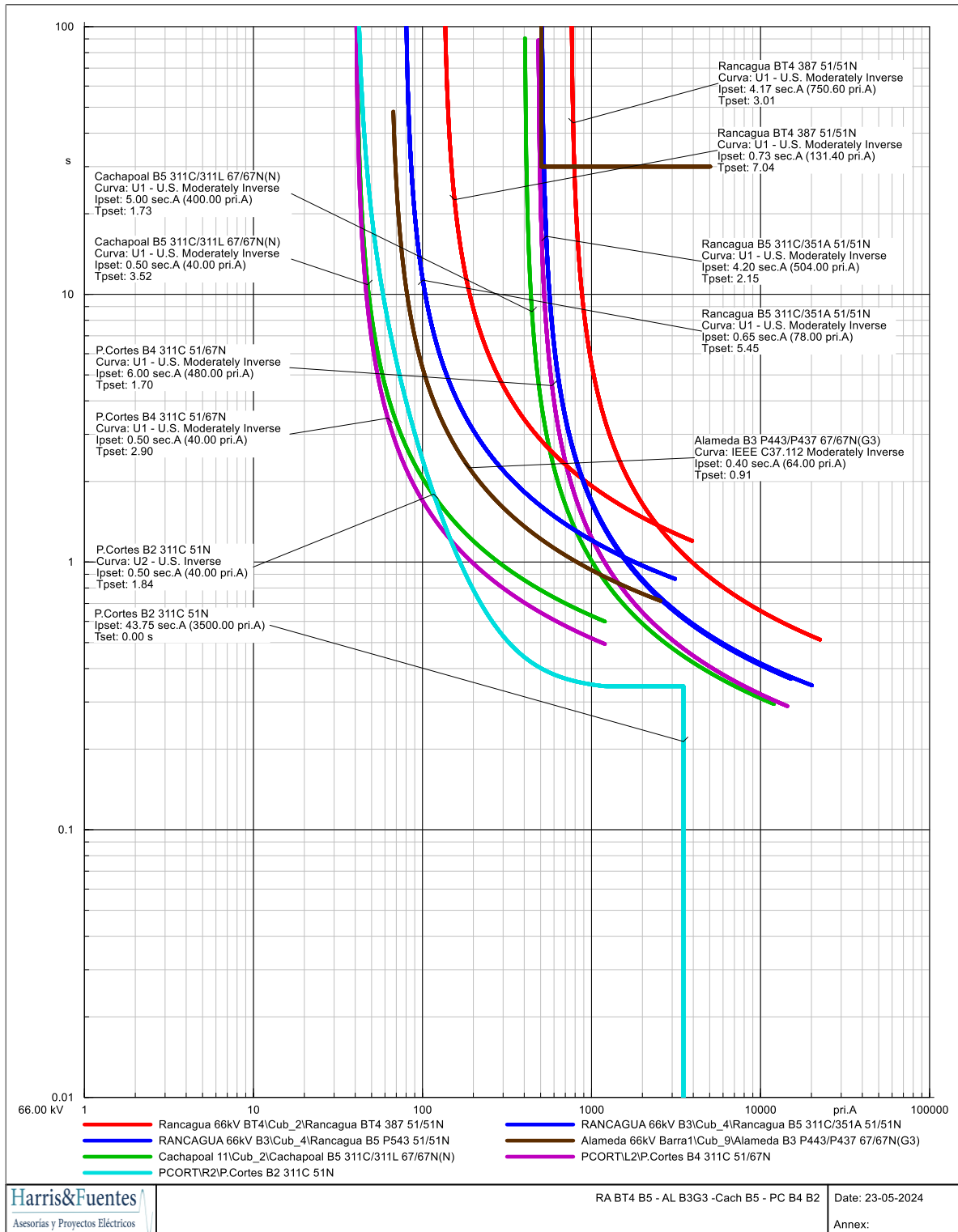
S/E Rancagua: Paños BT4 – B5
S/E Alameda: Paño B3 (G1)
S/E Cachapoal: Paño BT1



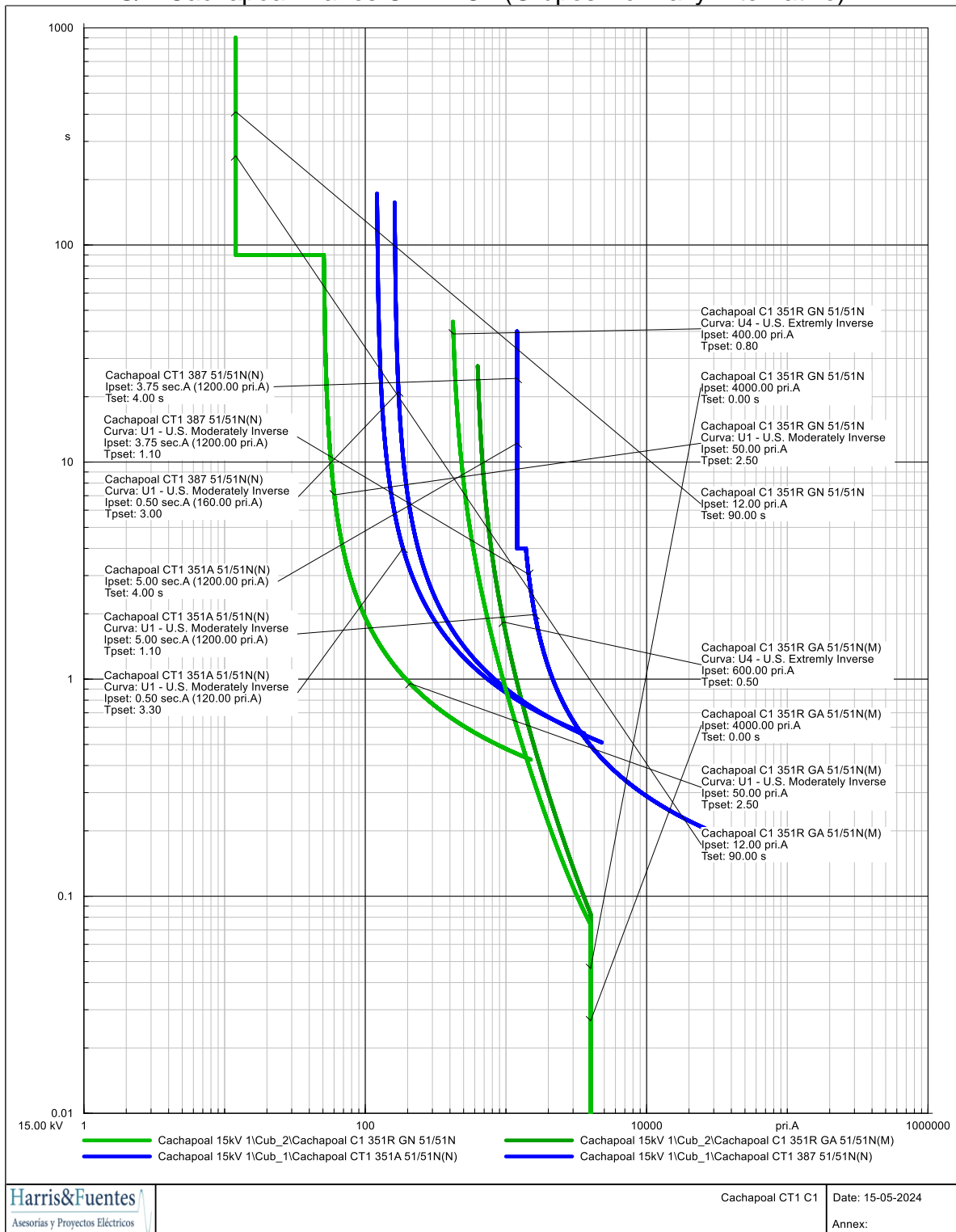
S/E Rancagua: Paños BT4 – B6
S/E Alameda: Paño B3 (G3)
S/E Cachapoal: Paño B5
S/E Punta de Cortés: Paños B4 – B2



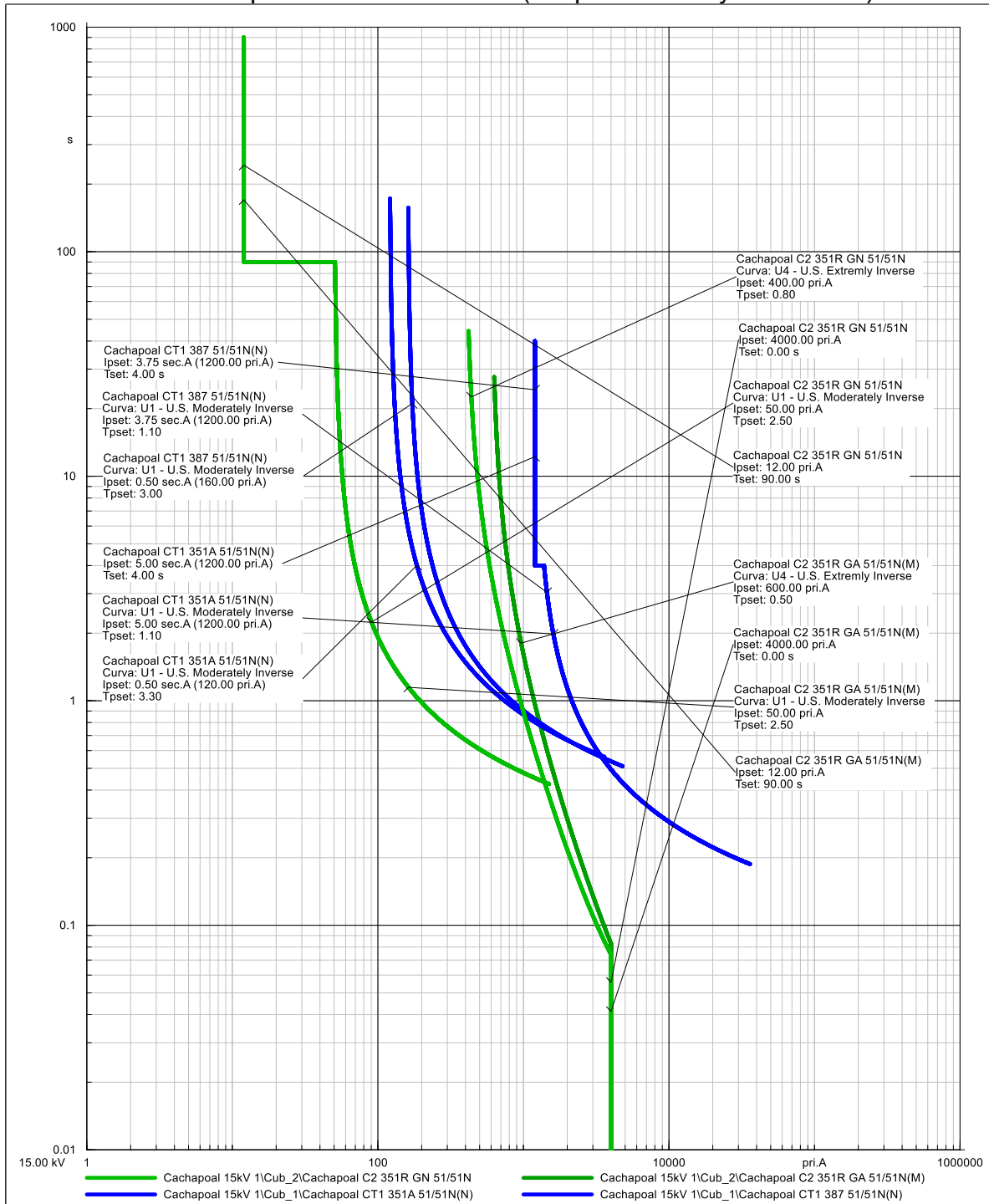
S/E Rancagua: Paños BT4 – B5
S/E Alameda: Paño B3 (G3)
S/E Cachapoal: Paño B5
S/E Punta de Cortés: Paños B4 – B2



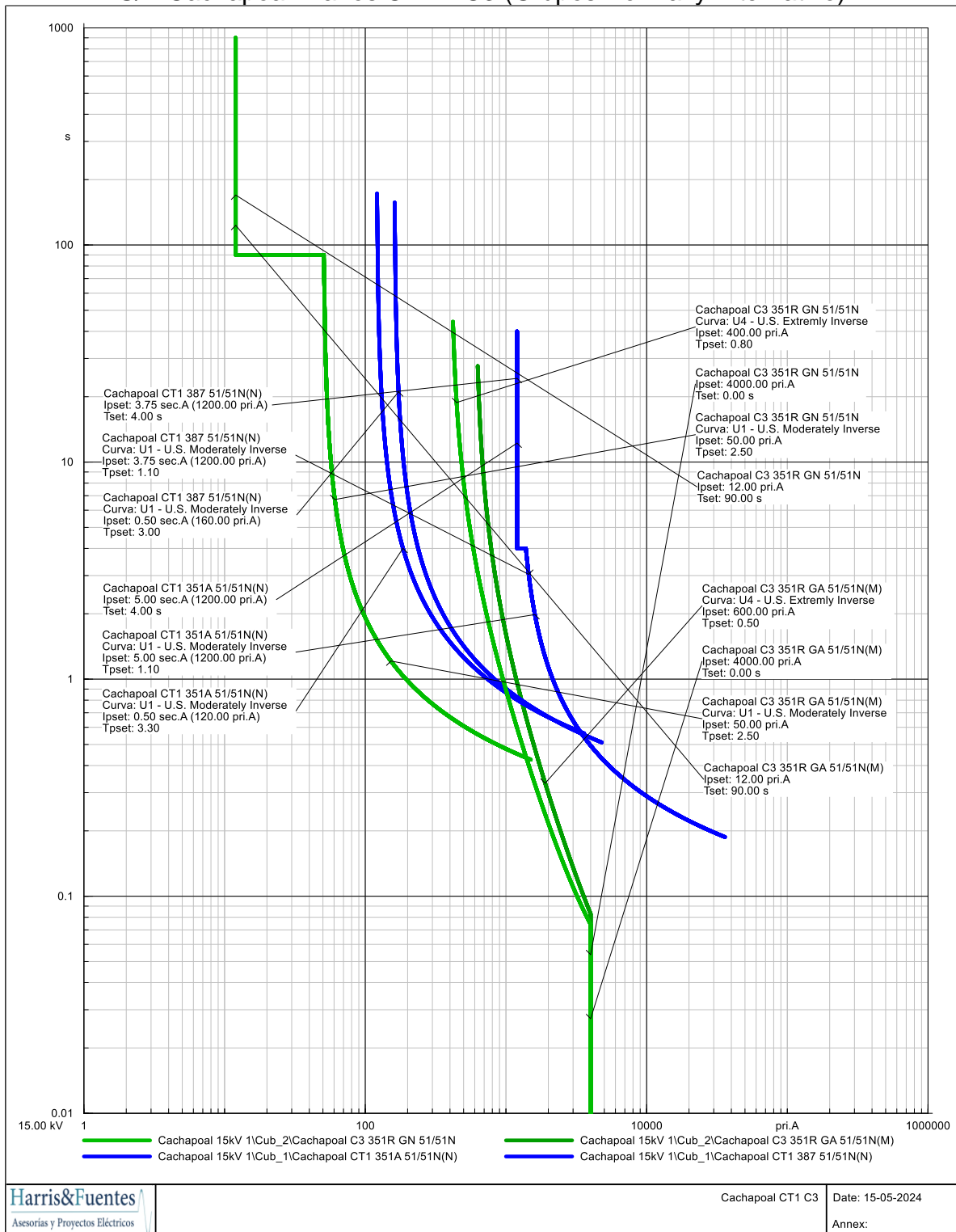
S/E Cachapoal: Paños CT1 – C1 (Grupos Normal y Alternativo)



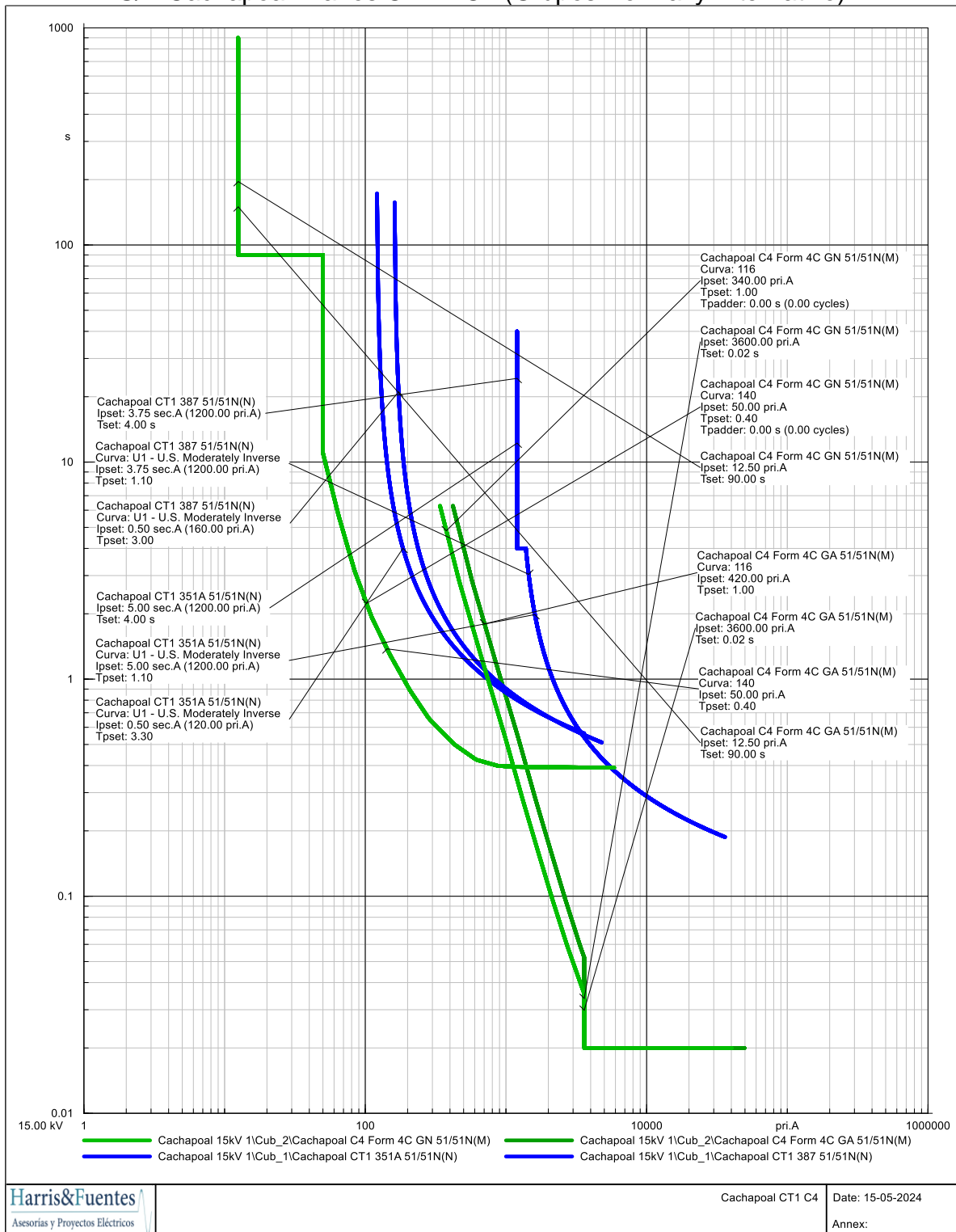
S/E Cachapoal: Paños CT1 – C2 (Grupos Normal y Alternativo)



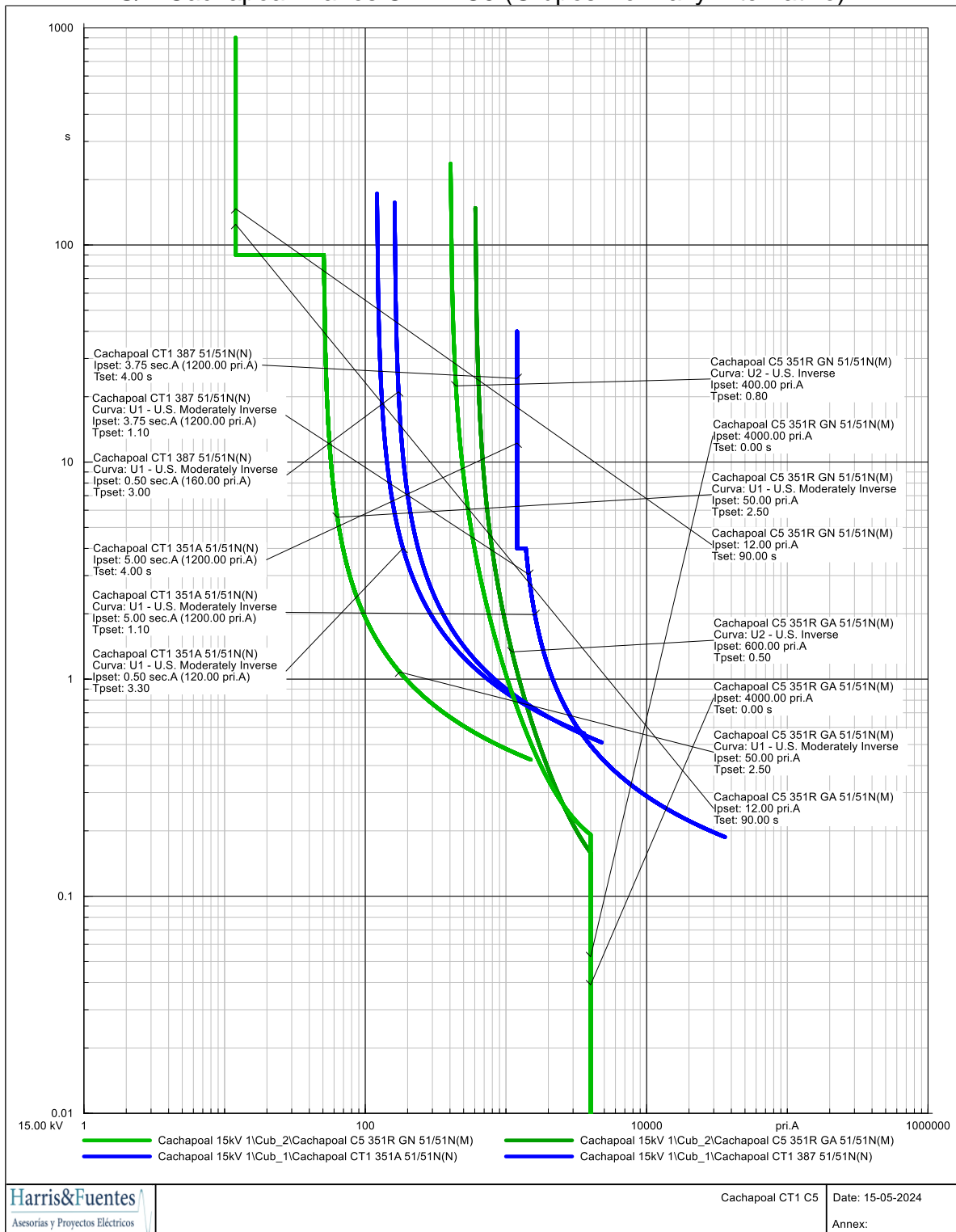
S/E Cachapoal: Paños CT1 – C3 (Grupos Normal y Alternativo)



S/E Cachapoal: Paños CT1 – C4 (Grupos Normal y Alternativo)



S/E Cachapoal: Paños CT1 – C5 (Grupos Normal y Alternativo)



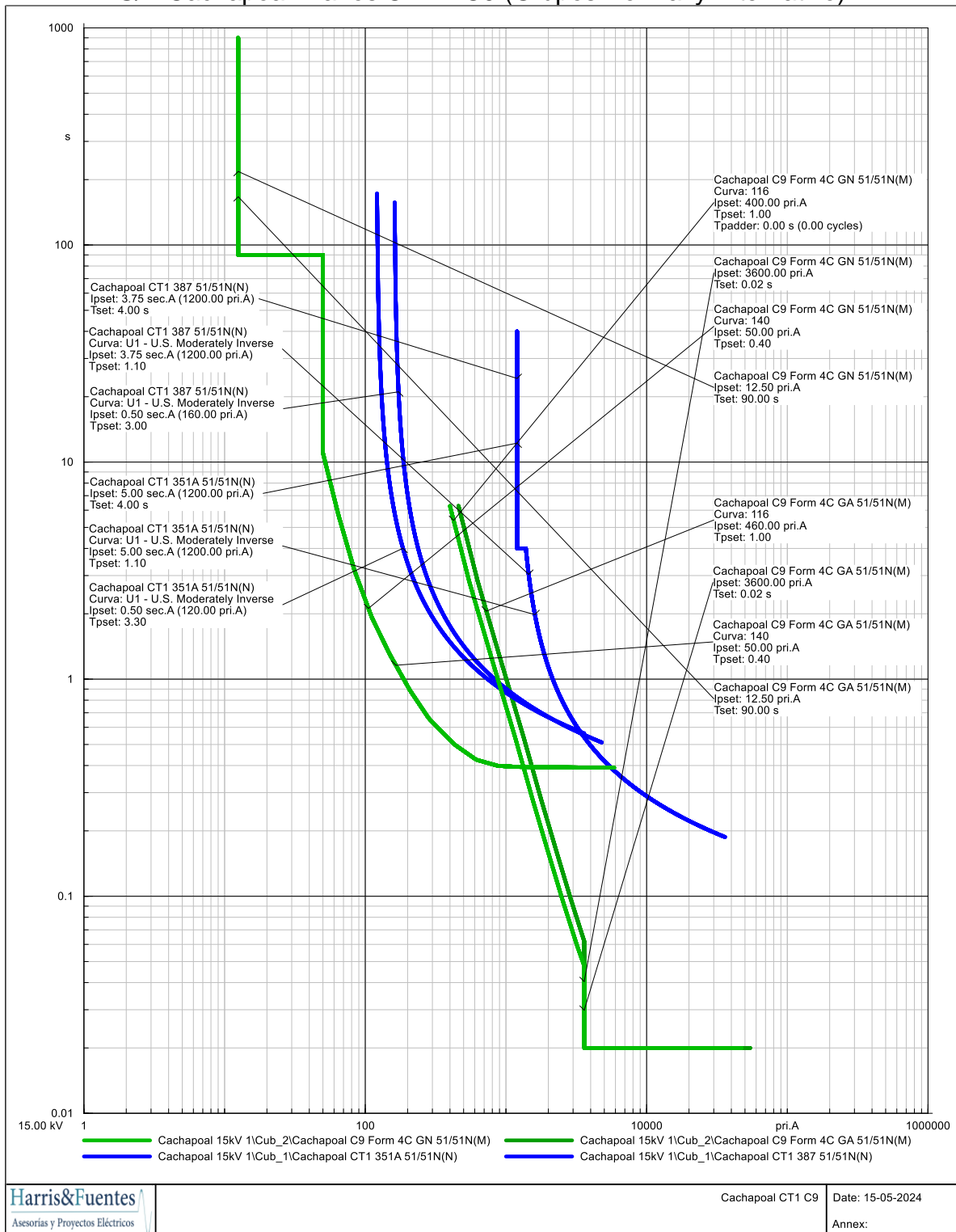
The plot displays the time-current characteristics (TCC) for various circuit breakers. The y-axis represents current (I) in amperes (A) on a logarithmic scale from 0.01 to 1000. The x-axis represents time (t) in seconds (s) on a logarithmic scale from 0.01 to 100,000. The curves show the relationship between the current and the time it takes for the breaker to trip. The legend at the bottom identifies the curves and their corresponding breakers:

- Green curves:** Cachapoal 15kV 1Cub_2Cachapoal C6 351R GN 51/51N
- Blue curves:** Cachapoal 15kV 1Cub_1Cachapoal CT1 351A 51/51N(N)

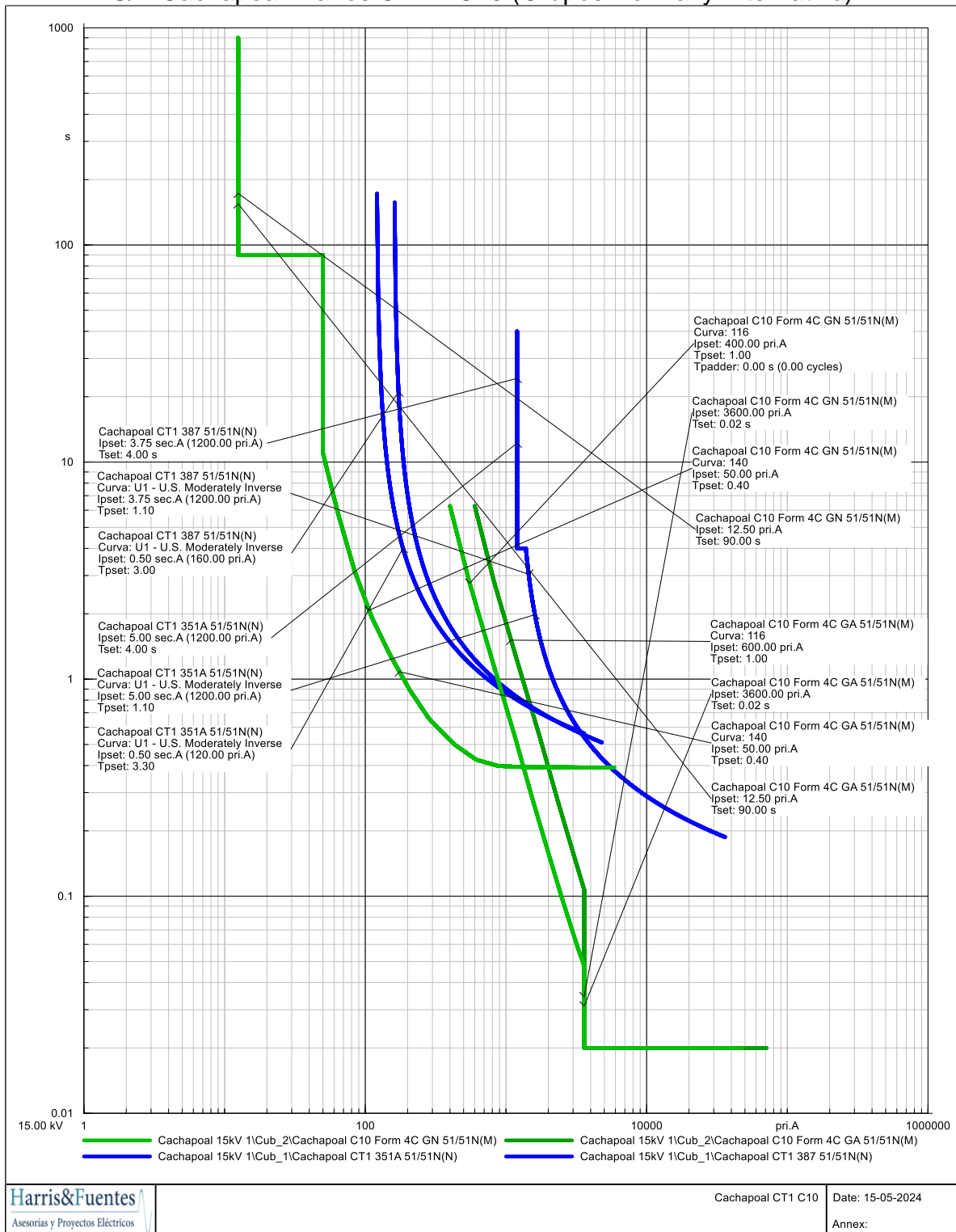
The plot also includes several annotations for specific breakers and their settings:

- Cachapoal CT1 387 51/51N(N):**
 - Ipset: 3.75 sec.A (1200.00 pri.A)
 - Tset: 4.00 s
 - Curva: U1 - U.S. Moderately Inverse
 - Ipset: 3.75 sec.A (1200.00 pri.A)
 - Tset: 1.10
 - Curva: U1 - U.S. Moderately Inverse
 - Ipset: 0.50 sec.A (160.00 pri.A)
 - Tset: 3.00
- Cachapoal CT1 351A 51/51N(N):**
 - Ipset: 5.00 sec.A (1200.00 pri.A)
 - Tset: 4.00 s
 - Curva: U1 - U.S. Moderately Inverse
 - Ipset: 5.00 sec.A (1200.00 pri.A)
 - Tset: 1.10
 - Curva: U1 - U.S. Moderately Inverse
 - Ipset: 0.50 sec.A (120.00 pri.A)
 - Tset: 3.30
- Cachapoal C6 351R GN 51/51N:**
 - Curva: U4 - U.S. Extremely Inverse
 - Ipset: 400.00 pri.A
 - Tset: 0.80
 - Ipset: 4000.00 pri.A
 - Tset: 0.00 s
 - Curva: U1 - U.S. Moderately Inverse
 - Ipset: 50.00 pri.A
 - Tset: 2.50
 - Ipset: 12.00 pri.A
 - Tset: 90.00 s
- Cachapoal C6 351R GA 51/51N(M):**
 - Curva: U4 - U.S. Extremely Inverse
 - Ipset: 600.00 sec.A (600.00 pri.A)
 - Tset: 0.50
 - Ipset: 4000.00 sec.A (4000.00 pri.A)
 - Tset: 0.00 s
 - Curva: U1 - U.S. Moderately Inverse
 - Ipset: 50.00 sec.A (50.00 pri.A)
 - Tset: 2.50
 - Ipset: 12.00 sec.A (12.00 pri.A)
 - Tset: 90.00 s

S/E Cachapoal: Paños CT1 – C9 (Grupos Normal y Alternativo)



S/E Cachapoal: Paños CT1 – C10 (Grupos Normal y Alternativo)



11. CÁLCULO DE NIVELES DE CORTOCIRCUITO

Se presentan los niveles de cortocircuito obtenidos por el proyecto NUP 4281 “S/E Cachapoal - Reemplazo protecciones paños BT1, BT2, B5, B4, B3, BR, CT1, CT2, nuevos TTCC paños BT1, BT2, TTPP barra 66 kV”, determinados según el método IEC 60909 en las barras de interés, según las topologías indicadas:

Topología TO1_PCT1

TO1_PCT1		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase	I0x3	Fase	I0x3	Fase	I0x3	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594	0,825
Cachapoal 66kV	66,0	2,805	2,427	2,798	2,781	1,376	1,372	0,781	0,780	2,790	1,373	0,780
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,244	3,674	4,746	5,876	0,383	0,380	0,191	0,190	4,927	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,357	3,772	4,887	6,072	0,383	0,380	0,191	0,190	5,072	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,484	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,189	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,356	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,925	2,531	2,874	2,698	1,388	1,345	0,784	0,772	2,805	1,362	0,776

Topología TO1_PCT2

TO1_PCT2		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase	I0x3	Fase	I0x3	Fase	I0x3	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594	0,825
Cachapoal 66kV	66,0	3,046	2,636	3,107	3,230	1,424	1,419	0,792	0,789	3,132	1,412	0,787
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,352	3,768	4,841	5,944	0,383	0,380	0,191	0,190	5,024	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,471	3,871	4,986	6,145	0,383	0,380	0,191	0,190	5,175	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,189	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,355	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,702	2,338	2,629	2,378	1,367	1,298	0,782	0,762	2,527	1,324	0,768

Topología TO1_PCT3

TO1_PCT3		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase	I0x3	Fase	I0x3	Fase	I0x3	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594	0,825
Cachapoal 66kV	66,0	3,858	3,337	3,887	3,894	1,474	1,468	0,799	0,797	3,872	1,470	0,798
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,643	4,020	5,094	6,118	0,382	0,380	0,191	0,190	5,278	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,779	4,137	5,255	6,332	0,382	0,380	0,191	0,190	5,446	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,462	7,355	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,702	2,338	2,629	2,378	1,367	1,298	0,782	0,762	2,527	1,324	0,768

Topología TO2_PCT1

TO2_PCT1		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I'k)									
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT	2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594
Cachapoal 66kV	66,0	2,514	2,176	2,416	2,079	1,327	1,220	0,774	0,741	2,274	1,263
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,100	3,550	4,640	5,783	0,382	0,380	0,191	0,190	4,798	0,379
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,206	3,642	4,774	5,974	0,382	0,380	0,191	0,190	4,936	0,379
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,189	1,535
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,356	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590
Lo Miranda 66kV	66,0	2,925	2,531	2,874	2,698	1,388	1,345	0,784	0,772	2,805	1,362

Topología TO2_PCT2

TO2_PCT2		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I'k)									
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT	2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594
Cachapoal 66kV	66,0	2,706	2,341	2,618	2,320	1,350	1,265	0,777	0,751	2,496	1,299
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,202	3,638	4,730	5,850	0,382	0,380	0,191	0,190	4,890	0,379
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,313	3,734	4,869	6,045	0,382	0,380	0,191	0,190	5,033	0,379
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,355	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590
Lo Miranda 66kV	66,0	2,702	2,338	2,629	2,378	1,367	1,298	0,782	0,762	2,527	1,324

Topología TO2_PCT3

TO2_PCT3		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I'k)									
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT	2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594
Cachapoal 66kV	66,0	3,325	2,876	3,169	2,642	1,425	1,313	0,793	0,761	2,941	1,356
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,472	3,872	4,970	6,019	0,382	0,380	0,191	0,190	5,130	0,379
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,598	3,981	5,123	6,225	0,382	0,380	0,191	0,190	5,288	0,379
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,462	7,355	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590
Lo Miranda 66kV	66,0	2,702	2,338	2,629	2,378	1,367	1,298	0,782	0,762	2,527	1,324

Topología TO3_PCT1

TO3_PCT1		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I'k)									
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT	2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594
Cachapoal 66kV	66,0	2,514	2,176	2,416	2,079	1,327	1,220	0,774	0,741	2,274	1,263
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,100	3,550	4,640	5,783	0,382	0,380	0,191	0,190	4,798	0,379
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,206	3,642	4,774	5,974	0,382	0,380	0,191	0,190	4,936	0,379
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,189	1,535
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,356	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590
Lo Miranda 66kV	66,0	2,925	2,531	2,874	2,698	1,388	1,345	0,784	0,772	2,805	1,362

Topología TO3_PCT2

TO3_PCT2		Corriente de Cortocircuito Simetrica Inicial (I'k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594	0,825
Cachapoal 66kV	66,0	2,706	2,341	2,618	2,320	1,350	1,265	0,777	0,751	2,496	1,299	0,759
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,202	3,638	4,730	5,850	0,382	0,380	0,191	0,190	4,890	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,313	3,734	4,869	6,045	0,382	0,380	0,191	0,190	5,033	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,355	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,702	2,338	2,629	2,378	1,367	1,298	0,782	0,762	2,527	1,324	0,760

Topología TO3_PCT3

TO3_PCT3		Corriente de Cortocircuito Simetrica Inicial (I'k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,202	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	4,342	3,755	5,534	8,102	1,678	1,631	0,852	0,831	5,647	1,594	0,825
Cachapoal 66kV	66,0	3,325	2,876	3,169	2,642	1,425	1,313	0,793	0,761	2,941	1,356	0,771
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,472	3,872	4,970	6,019	0,382	0,380	0,191	0,190	5,130	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,598	3,981	5,123	6,225	0,382	0,380	0,191	0,190	5,288	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,462	7,355	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,702	2,338	2,629	2,378	1,367	1,298	0,782	0,762	2,527	1,324	0,760

Topología TO4_RAT4

TO4_RAT4		Corriente de Cortocircuito Simetrica (Ib)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,201	8,143	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	3,710	3,209	5,098	7,878	1,669	1,622	0,854	0,829	5,038	1,568	0,820
Cachapoal 66kV	66,0	3,281	2,838	3,634	4,282	1,508	1,486	0,814	0,800	3,712	1,460	0,796
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,446	3,849	4,920	6,001	0,383	0,380	0,191	0,190	5,106	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,570	3,957	5,070	6,207	0,383	0,380	0,191	0,190	5,263	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,462	7,355	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,702	2,338	2,629	2,378	1,367	1,298	0,782	0,762	2,527	1,324	0,760

Topología TO5_RAT4

T05_RAT4		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I'k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,201	8,144	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	3,712	3,211	5,020	7,675	1,664	1,619	0,853	0,828	4,998	1,565	0,820
Cachapoal 66kV	66,0	3,282	2,839	3,612	4,221	1,503	1,483	0,812	0,799	3,690	1,458	0,796
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,446	3,850	4,921	6,002	0,383	0,380	0,191	0,190	5,107	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,571	3,957	5,072	6,207	0,383	0,380	0,191	0,190	5,264	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,181	1,537	1,541	0,825	0,818	3,598	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,291	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,462	7,355	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,702	2,338	2,629	2,378	1,367	1,298	0,782	0,762	2,527	1,324	0,760

Topología TO6_RAT4

TO6_RAT4		Corriente de Cortocircuito Simetrica Inicial (I''k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT	2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50	
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	[kA]	[kA]	
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,201	8,143	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	3,710	3,209	5,098	7,878	1,669	1,622	0,854	0,829	5,038	1,568	0,820
Cachapoal 66kV	66,0	3,281	2,838	3,634	4,281	1,508	1,486	0,814	0,800	3,712	1,460	0,796
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,446	3,849	4,920	6,001	0,383	0,380	0,191	0,190	5,106	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,570	3,957	5,070	6,207	0,383	0,380	0,191	0,190	5,263	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,182	1,537	1,541	0,825	0,818	3,599	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,292	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,356	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,487	2,152	2,346	1,855	1,295	1,132	0,765	0,711	2,124	1,200	0,722

Topología TO7_RAT4

TO7_RAT4		Corriente de Cortocircuito Simetrica Inicial (I''k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT	2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50	
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	[kA]	[kA]	
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,201	8,143	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	3,712	3,211	5,019	7,675	1,664	1,619	0,853	0,828	4,998	1,565	0,820
Cachapoal 66kV	66,0	3,282	2,839	3,611	4,220	1,503	1,483	0,812	0,799	3,689	1,458	0,796
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,446	3,850	4,921	6,002	0,383	0,380	0,191	0,190	5,107	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,571	3,957	5,072	6,207	0,383	0,380	0,191	0,190	5,264	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,182	1,537	1,541	0,825	0,818	3,599	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,292	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,356	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,487	2,152	2,346	1,844	1,295	1,129	0,765	0,710	2,116	1,198	0,722

Topología TO8_RAT4

TO8_RAT4		Corriente de Cortocircuito Simetrica Inicial (I''k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT	2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50	
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,201	8,143	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	3,712	3,211	5,019	7,675	1,664	1,619	0,853	0,828	4,998	1,565	0,820
Cachapoal 66kV	66,0	3,282	2,839	3,611	4,220	1,503	1,483	0,812	0,799	3,689	1,458	0,796
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,446	3,850	4,921	6,002	0,383	0,380	0,191	0,190	5,107	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,571	3,957	5,072	6,207	0,383	0,380	0,191	0,190	5,264	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV/BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,182	1,537	1,541	0,825	0,818	3,599	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV/BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,292	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV/BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,356	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,248	1,946	2,104	1,504	1,240	1,015	0,754	0,673	1,802	1,108	0,700

Topología TO9_RAT4

TO9_RAT4		Corriente de Cortocircuito Simetrica Inicial (I''k)										
Barra	unom/kV	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	Fase [kA]	10x3 [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV BT1	66,0	4,364	3,774	5,645	8,382	1,684	1,635	0,854	0,832	5,732	1,597	0,826
Rancagua 66kV BT4	66,0	3,726	3,223	5,201	8,143	1,675	1,627	0,856	0,830	5,106	1,571	0,821
Alameda 66kV	66,0	3,712	3,211	5,019	7,675	1,664	1,619	0,853	0,828	4,998	1,565	0,820
Cachapoal 66kV	66,0	3,282	2,839	3,611	4,220	1,503	1,483	0,812	0,799	3,689	1,458	0,796
Cachapoal 15kV CT1	15,0	4,446	3,850	4,921	6,002	0,383	0,380	0,191	0,190	5,107	0,379	0,190
Cachapoal 15kV CT2	15,0	4,571	3,957	5,072	6,207	0,383	0,380	0,191	0,190	5,264	0,379	0,190
Punta de Cortes 66kV BT1	66,0	3,163	2,737	3,485	4,182	1,537	1,541	0,825	0,818	3,599	1,496	0,809
Punta de Cortes 66kV BT2	66,0	3,474	3,005	4,045	5,292	1,597	1,585	0,838	0,824	4,190	1,535	0,816
Punta de Cortes 66kV BT3	66,0	4,574	3,955	5,463	7,356	1,652	1,626	0,844	0,830	5,632	1,590	0,824
Lo Miranda 66kV	66,0	2,248	1,946	2,104	1,504	1,240	1,015	0,754	0,673	1,802	1,108	0,702

12. VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

La verificación de coordinación de las protecciones se realiza por medio de barridos de cortocircuito de paso constante de acuerdo con las rutas definidas para este estudio.

Los resultados se presentan en tablas de verificación y gráficos tiempo distancia donde se identifica la subestación, el paño y el tipo de cada uno de los relés de protección que participan del análisis de coordinación.

En el Anexo B, documento emitido por separado, se encuentran los resultados de los barridos de cortocircuito para todas las topologías de operación y rutas de verificación descritas en el capítulo 5 del presente informe.

En las tablas de barridos de cortocircuito, para las protecciones de los paños B4 y B5 de S/E Cachapoal, se han incluido por separado las funciones de protección que tienen operación condicional dependientes de la detección de falla en flujo inverso en el circuito contrario.

Por ejemplo, para las nuevas protecciones del paño B4 debe considerarse que los tiempos de operación que se presentan en las tablas corresponden a las siguientes funciones:

- Cachapoal B4 311C/311L 21/21N (N) presenta los tiempos de operación del elemento más rápido de Z1, Z2 o Z3.
- Cachapoal B4 311C/311L 21/21N Ex(N) presenta el tiempo de operación de la Z2 acelerada, es decir 0.05 segundos.
- Cachapoal B4 67/67N(N) presenta los tiempos de operación del elemento más rápido de las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso.
- Cachapoal B4 67N Ex(N) presenta los tiempos de operación del elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido, es decir 0.1 segundos.

Los elementos condicionados 21/21NEx y 67NEx propuestos para las nuevas protecciones de los paños B4 y B5 de S/E Cachapoal solamente se muestran en las tablas de coordinación correspondientes a las topologías con alimentación radial desde S/E Punta de Cortés.

Para las topologías con alimentación radial desde S/E Rancagua los elementos indicados en el párrafo anterior no presentarán operación debido al sentido de los flujos de falla que se producen (paños B4 y B5 de S/E Cachapoal, ambos en sentido Forward).

En las topologías que NO se alimenta la barra 66 kV de S/E Punta de Cortés desde S/E Rancagua, las protecciones del paño B3 de S/E Alameda utilizan el Grupo N°1 de ajustes.

En las topologías que SI se alimenta la barra 66 kV de S/E Punta de Cortés desde S/E Rancagua, las protecciones del paño B3 de S/E Alameda utilizan el Grupo N°3 de ajustes.

Para mayor compresión, la nomenclatura utilizada en las tablas de barrido es la siguiente:

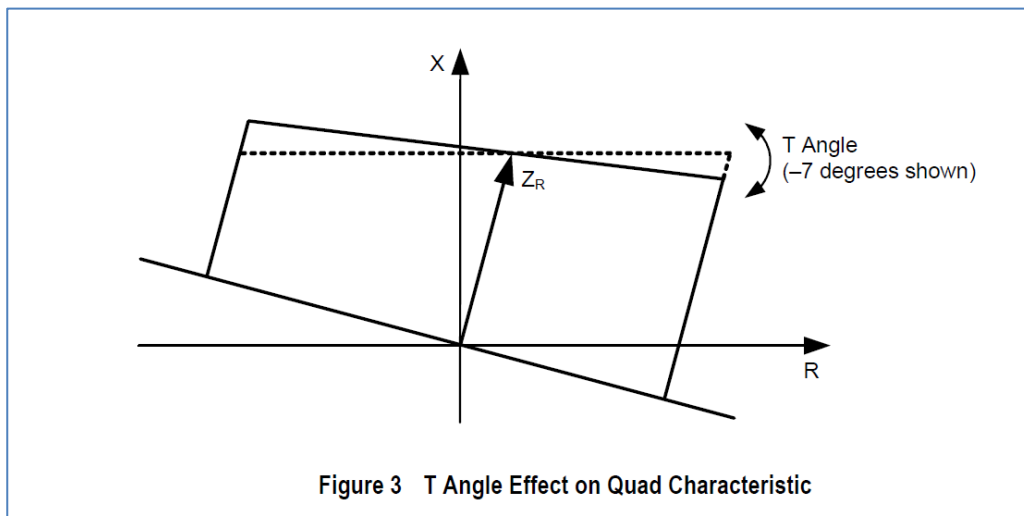
Ejemplo:

Ruta 1
Escenario:TO1_PCT1
Falla:3F

Indica que se está verificando la coordinación de protecciones para la ruta 1, según topología TO1_PCT1, es decir alimentación radial desde el transformador T1 de S/E Punta de Cortés.

13. MODELACIÓN RELÉS SEL 311C EN BD DigSILENT

En la función de distancia cuadrilateral residual de los relés SEL 311C, el ángulo no homogéneo de inclinación de la característica cuadrilátera (TANG) tiene el punto de pivote en el punto de alcance XG , definido por el ángulo de la línea.



El modelo DigSILENT del relé SEL 311C considera el punto de pivote para el ángulo no homogéneo de inclinación en el eje X, lo que implica una reducción del alcance efectivo.

Para obtener en la modelación un alcance equivalente al programado en el relé se debe realizar la siguiente conversión:

$$XG_{DigSILENT} = XG_{relé} \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \right)$$

Donde:

- α es el ángulo TANG de la característica cuadrilátera
- β es el ángulo de línea programado.

Por lo anterior, en la base de datos DigSILENT se realiza la corrección de parámetros correspondiente en los relés SEL 311C de los paños BT1, BT2, BT3 y B2 de S/E Punta de Cortés y en el relé SEL 311C del paño BT4 de S/E Rancagua, los que tienen programado un TANG diferente de 0° .

14. COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

14.1 Topologías alimentación de S/E Cachapoal desde S/E Punta de Cortés

Para las topologías con alimentación de S/E Cachapoal desde S/E Punta de Cortés, es decir las topologías 1, 2 y 3, se observa plena coordinación de las nuevas protecciones que se instalan en S/E Cachapoal con las actuales protecciones del entorno para el sistema estudiado.

Para las topologías que consideran conectados en paralelo ambos circuitos de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal, es decir las topologías 1 (TO1_PCT1, TO1_PCT2 y TO1_PCT3), se realizó un análisis con operación secuencial, el que considera primero la operación de las protecciones del paño B5 de S/E Punta de Cortés ante una falla en el circuito N°2 de la línea, lo que se muestra en el anexo de barridos de cortocircuito bajo las rutas 21, 22 y 23.

En este informe no se muestra el análisis secuencial para fallas en el circuito N°1 debido a que sus resultados son equivalentes a los obtenidos para fallas en el circuito N°2.

Para el análisis secuencial en cuanto a orden y tiempo de operación de las protecciones involucradas considerar los siguientes ejemplos:

Ejemplo N°1 (ver barridos ruta 21)

Topologías TO1_PCT1 y TO1_PCT1a (alimentación a través del T1)

Falla trifásica al 99% del circuito N°2 (partiendo desde Cachapoal)

- Las protecciones de los paños B4 de S/E Punta de Cortés y B4-B5 de S/E Cachapoal no detectan la falla.
- La protección del paño B5 de S/E Punta de Cortés despeja el extremo Punta de Cortés del circuito N°2 de manera instantánea, cambiando la topología de TO1_PCT1 a TO1_PCT1a.
- Al establecerse la topología TO1_PCT1a, la zona 4 de las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal (circuito N°1) detectan falla en sentido reverse y con un retardo de 0.05 segundos envían señal a las protecciones del paño 4 (circuito N°2) para su operación por pickup de zona 2 (sin retardo).

En resumen, el tiempo de total de despeje de las protecciones de ambos extremos del circuito N°2, para falla indicada, es de 0.05 segundos.

Ejemplo N°2 (ver barridos ruta 23)

Topologías TO1_PCT3 y TO1_PCT3a (alimentación a través del T3)

Falla bifásica a tierra con resistencia de 50 ohms al 75% del circuito N°2 (partiendo desde Cachapoal)

- La protección del paño B4 (circuito N°1) de S/E Punta de Cortés se prepara para despejar la falla en 1.65 segundos a través de su función de sobrecorriente de tiempo inverso.
- Las protecciones del paño B4 (circuito N°2) de S/E Cachapoal se preparan para despejar la falla en 2.00 segundos a través de su función de sobrecorriente residual de tiempo inverso.
- Las protecciones del paño B5 (circuito N°1) de S/E Cachapoal no detectan la falla en sentido reverse debido al bajo aporte de corriente bajo la condición de paralelo
- La protección del paño B5 de S/E Punta de Cortés despejan el extremo Punta de Cortés del circuito N°2 en un tiempo de operación de 0.574 segundos, cambiando la topología de TO1_PCT3 a TO1_PCT3a.
- Al establecerse la topología TO1_PCT3a las protecciones del paño B5 de S/E Cachapoal (circuito N°1) detectan falla en sentido reverse y sin retardo envían señal a las protecciones del paño 4 (circuito N°2) para su operación por el elemento de sobrecorriente residual de tiempo definido (retardo de 0.1 segundos).

En resumen, el tiempo de total de despeje de las protecciones de ambos extremos del circuito N°2, para falla indicada, es de 0.674 segundos.

14.2 Topologías alimentación de S/E Cachapoal desde S/E Rancagua

Para las topologías con alimentación de S/E Cachapoal desde S/E Rancagua, con ambos circuitos de la línea 2x66 kV Punta de Cortés – Cachapoal abiertos en el extremo Cachapoal, es decir las topologías 4 y 5, se observa correcta coordinación de las nuevas protecciones que se instalan en S/E Cachapoal con las actuales protecciones del entorno para el sistema estudiado en el entendido se considera aceptado un paso de coordinación de 275 ms entre las protecciones del paño B3 de S/E Alameda y las protecciones de los paños 66 kV de S/E Cachapoal.

El paso de coordinación de hasta 275 ms al que se hace referencia en el párrafo anterior y que se observa en los barridos para fallas bifásicas a tierra o monofásicas francas con ocurrencia en los bushings 66 kV del T1 o T2 de S/E Cachapoal fueron aceptados por el CEN en el documento de aprobación del ECAP desarrollado con ocasión del proyecto NUP 1116 denominado “Ampliación en S/E Alameda”.

14.3 Topologías alimentación barra 66 kV de S/E Punta de Cortés desde S/E Rancagua

Para las topologías 6,7 8 y 9 que consideran, bajo condiciones excepcionales, alimentar a capacidad restringida los consumos del transformador N°2 de S/E Lo Miranda desde S/E Rancagua, por indisponibilidad de la transformación 154/66 kV en S/E Punta de Cortés, se observan pasos de coordinación insuficientes entre protecciones de respaldo.

Se solicita aceptar esta situación teniendo en consideración:

- a) Que corresponde a una topología de uso bajo contingencia extrema (indisponibilidad completa de la transformación 154/66 kV en S/E Punta de Cortés).
- b) Que para fallas francas, la protección principal siempre coordinara con alguna de sus adyacencias superiores,
- c) Que esta situación fue expuesta en el ECAP desarrollado con ocasión del proyecto NUP 1116 denominado “Ampliación en S/E Alameda” y fue aceptada por el CEN dada su característica de condición operacional de muy baja probabilidad de ocurrencia.

15. CONCLUSIONES

Se realiza el informe del Estudio de Coordinación y Ajustes de Protecciones que considera el proyecto NUP 4281 “S/E Cachapoal - Reemplazo protecciones paños BT1, BT2, B5, B4, B3, BR, CT1, CT2, nuevos TTCC paños BT1, BT2, TTPP barra 66 kV” consiste en el reemplazo de las protecciones asociadas a los paños antes indicados por protecciones digitales de tipo numérica, en la instalación de nuevos TTCC en los paños BT1 y BT2 y la instalación de nuevo TTPP en la barra auxiliar de 66 kV a la que se encuentran conectados los paños BT1 y BT2.

En el informe se presentan ajustes para las nuevas protecciones correspondientes a los paños que se indican:

- Relés SEL 311L, SEL 387 y SEL 351A que se instalan, asociados al transformador N°1.
- Relés SEL 311L, SEL 387 y SEL 351A que se instalan, asociados al transformador N°2.
- Relés SEL 311C y SEL 311L que se instalan en el paño B4.
- Relés SEL 311C y SEL 311L que se instalan en el paño B5.
- Relé SEL 311C que se instala en el paño BR.

Además, según lo indicado en este informe, se propone la modificación de ajustes en las siguientes protecciones:

- Relé SEL 311C del paño B4 de S/E Punta de Cortés.
- Relé SEL 311C del paño B5 de S/E Punta de Cortés.
- Unidades de control reconectadores paños C1, C2, C3, C4, C5, C6, C9 y C10 de S/E Cachapoal.

De acuerdo con los análisis efectuados, para las topologías analizadas, con excepción de lo expuesto en la sección 14.3 de Comentarios, existe adecuada coordinación entre las nuevas protecciones que se instalan y las protecciones de la zona de influencia del proyecto.

De la verificación de coordinación de protecciones realizada, se puede concluir que, con los ajustes de protecciones propuestos para los nuevos equipos, estos se comportarán de manera selectiva con el sistema de acuerdo con la Norma Técnica vigente.

ANEXO A
AJUSTES ACTUALES DE LAS PROTECCIONES QUE PARTICIPAN EN EL ESTUDIO

Documento emitido por separado

ANEXO B

BARRIDOS DE CORTOCIRCUITO

Documento emitido por separado

ANEXO C

RESUMEN DE AJUSTES DE PROTECCIONES PROPUESTOS

Documento emitido por separado

ANEXO D
FOTOS DE PLACA TRANSFORMADORES
VALORES DE IMPEDANCIAS DE SECUENCIA POSITIVA

a) T1 S/E Punta de Cortés

HERTZ		%Z		BASE	
				VOLTAJE	KVA
50	Z(+)	11.08	154000	A / 69000	45000
	Z(+)	22.88	154000	A / 13800	45000
	50Z(+)	8.02	69000	A / 13800	45000
	Z(O)	12.33	154000/√3	A / 69000/√3	45000
	Z(O)	22.36	154000/√3	A / 13800	45000
	Z(O)	7.95	69000/√3	A / 13800	45000
			A		
			A		
			A		
			A		
			A		


 AUT. S.I.G.-D.G.E. 5323/P No. T-1195-B
 HECHO EN MEXICO POR IEM, TLALNEPANTLA, MEXICO
 CON TECNOLOGIA WESTINGHOUSE

b) T2 S/E Punta de Cortés

TENSION DE CORTOCIRCUITO A 75°, 50Hz		
BASE (kVA)	RELACION (VOLTIOS)	TENSION DE CORTOCIRCUITO (%)
36000	154000 / 69000	7.91
36000	154000 / 14800	4.18
36000	69000 / 14800	3.07

c) T3 S/E Punta de Cortés

IMPEDENCIA DE CORTOCIRCUITO (BASE 60 MVA)					
POS.	AT1 / BT	AT2 / BT	AT1 / TERC.	AT2 / TERC.	BT / TERC.
1	10.322	9.325	17.286	15.687	5.718
11	10.227	9.327	16.821	15.771	
21	9.889	10.718	17.010	17.211	

Nº DEL FABRICANTE	113381
AÑO DE FABRICACIÓN	2017
fr	50 Hz
Sr ONAN	60 / 60 / 20 MVA
Sr ONAF	75 / 75 / 25 MVA
Ur AT1	230 ±10x1% kV
Ur AT2	154 ±10x1.5% kV
Ur BT	69 kV
Ur TERC	14,8 kV

d) T1 S/E Cachapoal

IMPEDANCIA A 75 °C				
15000	kVA	69000	V	15000 V
				10.15 %
				%

e) T2 S/E Cachapoal

IMPEDANCIA A 75 ° C				
15000	kVA	69000	V	15000 V
				10.03 %
				%

ANEXO E
DIAGRAMA UNILINEAL FUNCIONAL DEL PROYECTO

Documento emitido por separado

ANEXO F
VERIFICACIÓN ESTABILIDAD
PROTECCIÓN DIFERENCIAL TRANSFORMADORES T1 Y T2
S/E ALAMEDA

Documento emitido por separado