



## INFORME DE AUDITORÍA

CGE TRANSMISIÓN-RELE-MAY23-PPP-279

S/E PLACILLA

MAYO 2023

					
FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN	ELAB.	REV.	APRO.
03.04.2025	EMITIDO PARA APROBACIÓN	E	MOJ	AGR	OAA
16.09.2024	EMITIDO PARA APROBACIÓN	D	SRS	AGR	MAF
18.10.2023	EMITIDO PARA APROBACIÓN	C	AGR	AFH	MAF
12.07.2023	EMITIDO PARA APROBACIÓN	B	AGR	ESS	MAF
26.05.2023	EMITIDO PARA APROBACIÓN	A	AGR	AFH	MAF

# ÍNDICE

1. ALCANCE.....	5
2. RESUMEN EJECUTIVO.....	6
2.1. Paño C1 .....	7
2.2. Paño C2 .....	9
2.3. Paño CT .....	11
3. PARTICIPANTES Y RECURSOS.....	13
4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN .....	14
4.1. Diagrama unifilar de instalación intervenida.....	15
4.2. Características del esquema de protección .....	16
4.3. PMGD conectadas.....	17
4.4. SSAA y autonomía .....	18
5. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD .....	19
5.1. Paño C1 .....	20
5.2. Paño C2 .....	21
5.3. Paño CT .....	22
6. REVISIÓN DE CONFIGURACIÓN.....	23
6.1. Paño C1 – Relé COOPER FORM 5.....	24
6.1.1. Sincronización horaria .....	24
6.1.2. Eventos .....	24
6.1.3. Oscilografías.....	24
6.1.4. Ajustes.....	25
6.1.5. Lógica.....	27
6.1.6. Voltaje de batería .....	27
6.1.7. Comtrades.....	27
6.2. Paño C2 – Relé COOPER FORM 6.....	28
6.2.1. Sincronización horaria .....	28
6.2.2. Eventos .....	28
6.2.3. Oscilografías.....	29
6.2.4. Ajustes.....	29
6.2.5. Lógica.....	31
6.2.6. Voltaje de batería .....	31

6.2.7.	Comtrades.....	31
6.3.	Paño CT – Relé COOPER FORM 6 .....	32
6.3.1.	Sincronización horaria .....	32
6.3.2.	Eventos .....	32
6.3.3.	Oscilografías.....	33
6.3.4.	Ajustes.....	33
6.3.5.	Lógica.....	34
6.3.6.	Voltaje de batería .....	35
6.3.7.	Comtrades.....	35
7.	PRUEBA DE PROTECCIÓN .....	36
7.1.	PRUEBA DE BALANCE .....	36
7.1.1.	Paño C1 - Relé COOPER FORM 5 .....	37
7.1.2.	Paño C2 - Relé COOPER FORM 6 .....	39
7.1.3.	Paño CT - Relé COOPER FORM 6 .....	41
7.2.	PRUEBAS FUNCIONALES .....	43
7.2.1.	Paño C1 – Relé COOPER FORM 5.....	44
7.2.2.	Paño C2 – Relé COOPER FORM 6.....	45
7.2.3.	Paño CT – Relé COOPER FORM 6 .....	46
7.3.	DISPAROS EFECTIVOS.....	47
7.3.1.	Paño C1 – Relé COOPER FORM 5.....	47
7.3.2.	Paño C2 – Relé COOPER FORM 6.....	48
7.3.3.	Paño CT – Relé COOPER FORM 6 .....	49
8.	REVISIÓN DE COORDINACIÓN Y AJUSTES DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS	50
8.1.	CONDICIONES GENERALES.....	50
8.1.1.	Base de datos.....	50
8.1.2.	Proyección.....	50
8.1.3.	Condición de evaluación.....	50
8.1.4.	Diagrama Unilineal .....	51
8.2.	TRANSFORMADOR N°1 (BT).....	52
8.2.1.	Ajustes existentes.....	52
8.2.2.	Gráficos .....	53
8.2.3.	Coordinación de protecciones .....	56
8.2.4.	Observaciones.....	57

8.2.5.	Conclusiones .....	57
8.3.	Transformador N°1 (CT) .....	58
8.3.1.	Ajustes existentes.....	59
8.3.2.	Gráficos .....	60
8.3.3.	Coordinación de Protecciones .....	62
8.3.4.	Observaciones.....	63
8.3.5.	Conclusiones .....	63
8.4.	Alimentador C1 .....	64
8.4.1.	Ajustes existentes.....	65
8.4.2.	Gráficos .....	66
8.4.3.	Coordinación de protecciones .....	68
8.4.4.	Observaciones.....	68
8.4.5.	Conclusiones .....	68
8.5.	Alimentador C2.....	69
8.5.1.	Ajustes existentes.....	70
8.5.2.	Gráficos .....	71
8.5.3.	Coordinación de protecciones .....	73
8.5.4.	Observaciones.....	74
8.5.5.	Conclusiones .....	74
9.	CONCLUSIÓN.....	75

# 1. ALCANCE

En el contexto del servicio de auditoría técnica de la Subestación Placilla, propiedad de la empresa CGE TRANSMISIÓN, Reliable Energy Ingeniería Ltda. En el rol de **Auditor técnico**, emite el presente informe de prueba de las protecciones de los paños C1, C2 y CT de la Subestación Placilla.

La auditoría se focaliza en la verificación de la implementación, estado, desempeño y coordinación de los relés de protección de los sistemas de protección asociados al transformador de 66/24-14,4 [kV] y alimentadores en 13,2 [kV] Placilla y Peñuelas de la subestación Placilla. Cabe destacar que no es parte de esta auditoría la verificación de los tiempos de actuación de los interruptores que conforman la S/E, ni la verificación de su capacidad de ruptura.

## 2. RESUMEN EJECUTIVO

Junto con este informe, se entrega una carpeta de documentación referida a la auditoría técnica de la subestación Placilla. Sirva este segmento para ordenar y dar guía de los documentos y archivos entregados en la carpeta “AUDITORÍA SUBESTACIÓN PLACILLA”.

En esta carpeta se encuentra:

- Carpeta “ANEXOS” con documentación la cual contiene la siguiente información:
  - Carpeta “DOCUMENTACIÓN TÉCNICA”: Contiene diagramas unilineales, unilineal funcional y planos elementales de control AC/DC, ajustes de protección entregados por CGE TRANSMISIÓN, además, de la pauta de mantenimiento del banco de baterías correspondiente.
  - Carpeta “PRUEBAS FUNCIONALES”: Contiene las verificaciones de las funciones asociadas a los equipos de protección, según corresponda.
- Carpetas con documentación para cada paño auditado, listadas como “C1, “C2”, “CT”. En estas carpetas se encuentra la siguiente información:
  - Carpeta “BACK UP”: Contiene información extraída de los relés de protección y Printout.
  - Carpeta “OSCILOGRAFÍAS”: Contiene las oscilografías extraídas de los equipos, solo cuando estos posean dicho tipo de registro de evento.
- Carpeta “INFORME DE AUDITORÍA”: Está contenido el informe de auditoría, el cual presenta el reporte de revisión de ajustes de protección y los informes de fallas utilizados durante los análisis.
- Carpeta “TABLA DE HALLAZGOS”: Está contenida la tabla de hallazgos de la subestación auditada.
- Carpeta “RESPUESTAS A OBSERVACIONES CEN”: Está contenido el documento con respuestas emitidas en documento “COR-DCO-AUDIT-CGE-V3 Placilla lter3”.

Como resultado de la auditoría técnica de la subestación Placilla se emiten las siguientes tablas de hallazgos por paño, los cuales hacen referencia al grado de cumplimiento de la NTSyCS y sus anexos técnicos, además, a las indicaciones del fabricante de los equipos de protección:

## 2.1. Paño C1

Protección de alimentador, relé COOPER FORM 5, Serial: S/N, Paño C1 – Placilla. Se emiten los siguientes hallazgos con sus conclusiones y recomendaciones:

Tabla 1: Resumen de hallazgos y recomendaciones paño C1

ÍTEM	HALLAZGO	CALIFICACIÓN	RECOMENDACIÓN
Estado General Relé/Unidad de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de panal de avispas al interior de gabinete de protección.</li> </ul>	Criticidad menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda verificar estado interno del equipo de protección.</li> </ul>
Verificación de alambrado y equipos que componen el sistema de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>Correcto, sin anomalías.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Documentación técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama Unilineal Simplificado: <b>Actualizado y correcto</b></li> <li>Diagrama Unilineal Funcional: <b>No actualizado.</b></li> <li>Diagramas elementales de AC y DC: <b>No aplica al ser solo reconectores de patio.</b></li> <li>Estudio de coordinación de ajustes de protecciones vigente (ECAP ENTREGADO POR CGE): <b>“EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2_Revisado”, no corresponde a lo ajustado en terreno.</b></li> </ul>	Criticidad menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda actualizar las relaciones de transformación en el DUF.</li> </ul>
		Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe actualizar ECAP entregado, ya que no se mencionan todos los ajustes encontrados.</li> </ul>
Cumplimiento NTSyCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sincronización horaria externa. <b>No Cumple</b></li> <li>Registros oscilográficos. <b>No Cumple</b></li> <li>Registros de eventos secuenciales. <b>Cumple</b></li> <li>Coordinación de ajustes de protección. <b>Cumple</b></li> <li>Tiempos de paso de coordinación. <b>Cumple</b></li> <li>Comparación con ECAP adjunto en INFOTÉCNICA: <b>No Cumple</b></li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe implementar la sincronización horaria vía GPS, ya que incumple con el artículo 3-24 de la NTSyCS.</li> <li>Se debe implementar el registro y almacenamiento de oscilografías, ya que se incumple con el artículo 1-7.48 de la NTSyCS.</li> <li>Se debe actualizar ECAP entregado, puesto que incumple con el artículo 8-22 de la NTSyCS, además se debe adjuntar dicho ECAP en Infotécnica, ya que incumple con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.</li> </ul>
Coordinación de protecciones (Verificado en DigSILENT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>La revisión de ajustes ha tenido por finalidad verificar el comportamiento de las protecciones eléctricas asociadas al alimentador C1 de la S/E Placilla. La verificación se ha realizado mediante la modelación de las funciones de protección en la base de datos DigSILENT considerando los ajustes actuales. Los tiempos de paso de coordinación obtenidos confirman que, para las fallas calculadas, los ajustes actuales proporcionan una protección adecuada con la selectividad requerida, cumpliendo así con los requisitos establecidos en el Artículo 5-40, literal e), de la NTSyCS para este tipo de instalación.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Comparación de ajustes de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>El ECAP de la subestación Placilla, “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2_Revisado”, no corresponde a lo ajustado en terreno.</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe actualizar ECAP para el Paño C1.</li> </ul>
Comparación de configuraciones lógicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unidad de control cuenta con lógica de fábrica, que permite el correcto disparo de las funciones de protección ajustadas, exceptuando el ajuste de la función SEF para el grupo normal, la cual no permite la habilitación en local, ni por SCADA.</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe verificar las lógicas asociadas al disparo de la función SEF en grupo normal.</li> </ul>

Verificación de curvas de protecciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante inyección secundaria con equipo COOPER TYPE MET, se obtuvieron tiempos de actuación correctamente efectuados, exceptuando la función SEF, la que, al momento de probarla para el grupo normal, esta no actúa, sobrepasando los 90 segundos para la cual está configurada. A modo de prueba, se activa el grupo alternativo y se ejecuta la función SEF, y esta actúa en el tiempo estipulado, por lo que se encuentra que la función SEF configurada para el grupo normal posee problemas de comunicación al momento de habilitarla o bloquearla en la protección y por SCADA.</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe verificar condición de la función SEF para grupo normal.</li> </ul>
Verificación de vías de disparo	<ul style="list-style-type: none"> <li>El interruptor 52C1, posee una bobina de desenganche la cual se encuentra correcta, ya que fue verificada mediante inyección primaria de corriente.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Batería de respaldo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los equipos pertenecientes al tablero de distribución de corriente continua se encuentran respaldados por un banco de baterías con una capacidad de 120 [AH] y tensión de 125 [Vcc], permitiendo una autonomía máxima estimada de 133 horas. Cabe destacar que no se llevaron a cabo pruebas respectivas a los SSAA. El documento entregado "9.- SE PLACILLA NOVIEMBRE 2022" corresponde a la pauta de mantenimiento más reciente del banco de baterías, el cual presenta observaciones por atender. Para más detalles ver documento adjunto en la carpeta de documentación técnica en los ANEXOS "REPORTE DE MANTENIMIENTO BANCO DE BATERÍAS".</li> </ul>	Criticidad menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda atender las verificaciones y correcciones asociadas al banco de baterías.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>El equipo COOPER FORM 5 del paño C1 dispone de batería propia, la cual posee una tensión de 27,1 [V], lo cual cumple con el voltaje de batería establecido en el manual del fabricante. Se realiza la verificación del estado de esta, mediante el método indicado por el fabricante, el cual es realizar la descarga a través de la botonera, y su resultado es satisfactorio.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones</li> </ul>
Comtrades	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se simulan archivos comtrades en este paño, ya que el equipo no cuenta con la tecnología para almacenar y descargar archivos comtrades.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones</li> </ul>

En la tabla anterior, se encuentran los hallazgos detectados durante la auditoría realizada en el paño C1 de la Subestación Placilla. El equipo tiene un funcionamiento correcto en base al manual del fabricante y los ajustes actuales proporcionan una protección adecuada con la selectividad requerida.

## 2.2. Paño C2

Protección de alimentador, relé COOPER FORM 6, Serial: 001013, Paño C2 – Peñuelas.  
Se emiten los siguientes hallazgos con sus conclusiones y recomendaciones:

Tabla 2: Resumen de hallazgos y recomendaciones paño C2

ÍTEM	HALLAZGO	CALIFICACIÓN	RECOMENDACIÓN
Estado General Relé/Unidad de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por medio de inyecciones primarias en el equipo de protección, se consideran incorrectos los valores primarios de corrientes en las fases A, B y C, en base al rango de tolerancia indicado por el fabricante.</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe verificar el estado general del relé y/o interruptor del paño.</li> </ul>
Verificación de alambrado y equipos que componen el sistema de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>Correcto, sin anomalías.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Documentación técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama Unilineal Simplificado: <b>Actualizado y correcto</b></li> <li>Diagrama Unilineal Funcional: <b>No actualizado.</b></li> <li>Diagramas elementales de AC y DC: <b>No aplica al ser solo re conectadores de patio.</b></li> <li>Estudio de coordinación de ajustes de protecciones vigente (ECAP ENTREGADO POR CGE): <b>“EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2_Revisado”, no corresponde a lo ajustado en terreno. Por otra parte, el ECAP “Modificación ajustes cabecera Peñuelas 52C2 V1” considera la conexión de la PMGD FV Placilla conectada en el paño C2.</b></li> </ul>	Criticidad menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda actualizar las relaciones de transformación en el DUF.</li> </ul>
		Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe actualizar ECAP entregado, ya que no se mencionan todos los ajustes encontrados.</li> </ul>
Cumplimiento NTSyCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sincronización horaria externa. <b>Cumple</b></li> <li>Registros oscilográficos. <b>Cumple</b></li> <li>Registros de eventos secuenciales. <b>Cumple</b></li> <li>Coordinación de ajustes de protección. <b>No Cumple</b></li> <li>Tiempos de paso de coordinación. <b>No Cumple</b></li> <li>Comparación con ECAP adjunto en INFOTÉCNICA: <b>No Cumple</b></li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe reajustar la o las curvas de las protecciones presentadas en esta sección para cumplir con el tiempo de paso estipulado por la NTSyCS.</li> <li>Se debe actualizar ECAP entregado, puesto que incumple con el artículo 8-22 de la NTSyCS, además se debe adjuntar dicho ECAP en Infotécnica, ya que incumple con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.</li> </ul>
Coordinación de protecciones (Verificado en DlgSILENT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>La revisión de ajustes ha tenido por finalidad verificar el comportamiento de las protecciones eléctricas asociadas al alimentador C2 de la S/E Placilla. La verificación se ha realizado mediante la modelación de las funciones de protección en la base de datos DlgSILENT considerando los ajustes actuales. Existe un incumplimiento normativo conforme al Art. 5-40, literal e), de la NTSyCS, debido a que uno o más tiempos de paso de coordinación son inferiores a 15 ciclos (300 ms).</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe reajustar la o las curvas de las protecciones presentadas en esta sección para cumplir con el tiempo de paso estipulado por la NTSyCS.</li> </ul>
Comparación de ajustes de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>El ECAP de la subestación Placilla, “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2_Revisado”, no corresponde a lo ajustado en terreno.</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe actualizar ECAP para el Paño C2.</li> </ul>
Comparación de configuraciones lógicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unidad de control cuenta con lógica de fábrica, que permite el correcto disparo de las funciones de protección ajustadas.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Verificación de curvas de protecciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante inyección secundaria con equipo COOPER TYPE MET se obtuvieron tiempos de actuación correctos.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>

Verificación de vías de disparo	<ul style="list-style-type: none"> <li>El interruptor 52C2, posee una bobina de desenganche la cual se encuentra correcta, ya que fue verificada mediante inyección primaria de corriente.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Batería de respaldo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los equipos pertenecientes al tablero de distribución de corriente continua se encuentran respaldados por un banco de baterías con una capacidad de 120 [AH] y tensión de 125 [Vcc], permitiendo una autonomía máxima estimada de 133 horas. Cabe destacar que no se llevaron a cabo pruebas respectivas a los SSAA. El documento entregado "9.- SE PLACILLA NOVIEMBRE 2022" corresponde a la pauta de mantenimiento más reciente del banco de baterías, el cual presenta observaciones por atender. Para más detalles ver documento adjunto en la carpeta de documentación técnica en los ANEXOS "REPORTE DE MANTENIMIENTO BANCO DE BATERÍAS".</li> </ul>	Criticidad menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda atender las verificaciones y correcciones asociadas al banco de baterías.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>El equipo COOPER FORM 6 del paño C2 dispone de batería propia, la cual posee una tensión de 27,1 [V], lo cual cumple con el voltaje de batería establecido en el manual del fabricante. Se realiza la verificación del estado de esta, mediante el método indicado por el fabricante, el cual es realizar la descarga a través de la botonera, y su resultado es satisfactorio.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Comtrades	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se simulan archivos comtrades en este paño, ya que no se poseen registros de falla previos asociados a eventos de operación incorrecta.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones</li> </ul>

En la tabla anterior, se encuentran los hallazgos detectados durante la auditoría realizada en el paño C2 de la Subestación Placilla. Cabe destacar que el equipo tiene un funcionamiento incorrecto con base al manual del fabricante, ya que, a través de inyecciones secundarias se obtuvieron valores incorrectos para las corrientes por fase, además, los ajustes no proporcionan una adecuada protección, ya que existe un riesgo de descoordinación entre las protecciones debido al tiempo de paso inferior a 15 ciclos (300 [ms]).

## 2.3. Paño CT

Protección de interruptor general MT, Relé COOPER FORM 6, Serial: CP1503S00534, Paño CT – Interruptor general MT. Se emiten los siguientes hallazgos con sus conclusiones y recomendaciones:

Tabla 3: Resumen de hallazgos y recomendaciones paño CT

ÍTEM	HALLAZGO	CALIFICACIÓN	RECOMENDACIÓN
Estado General Relé/Unidad de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por medio de inyecciones primarias en el equipo de protección, se consideran incorrectos los valores primarios de corrientes en las fases A, B y C, en base al rango de tolerancia indicado por el fabricante.</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe verificar el estado general del relé y/o interruptor del paño.</li> </ul>
Verificación de alambrado y equipos que componen el sistema de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>Correcto, sin anomalías.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Documentación técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama Unilineal Simplificado: <b>Actualizado y correcto</b></li> <li>Diagrama Unilineal Funcional: <b>No actualizado.</b></li> <li>Diagramas elementales de AC y DC: <b>No aplica al ser solo reconectores de patio.</b></li> <li>Estudio de coordinación de ajustes de protecciones vigente (ECAP ENTREGADO POR CGE): <b>“EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2_Revisado”, no corresponde a lo ajustado en terreno.</b></li> </ul>	Criticidad menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda actualizar las relaciones de transformación en el DUF.</li> </ul>
		Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe actualizar ECAP entregado, ya que no se mencionan todos los ajustes encontrados.</li> </ul>
Cumplimiento NTSyCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sincronización horaria externa. <b>Cumple</b></li> <li>Registros oscilográficos. <b>Cumple</b></li> <li>Registros de eventos secuenciales. <b>Cumple</b></li> <li>Coordinación de ajustes de protección. <b>No cumple</b></li> <li>Tiempos de paso de coordinación. <b>Cumple</b></li> <li>Comparación con ECAP adjunto en INFOTÉCNICA: <b>No Cumple</b></li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda implementar un esquema simple de protección diferencial de barra, tal como establece el artículo 3-24, literal b), numeral III, de la NTSyCS.</li> <li>Se debe actualizar ECAP entregado, puesto que incumple con el artículo 8-22 de la NTSyCS, además se debe adjuntar dicho ECAP en Infotécnica, ya que incumple con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.</li> </ul>
Coordinación de protecciones (Verificado en DIgSILENT)	<p><b>CT:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La revisión de ajustes ha tenido por finalidad verificar el comportamiento de las protecciones eléctricas asociadas a la celda CT de la S/E Placilla. La verificación se ha realizado mediante la modelación de las funciones de protección en la base de datos DIgSILENT considerando los ajustes actuales. Con lo anterior, se han simulado diferentes tipos de fallas eléctricas mediante el método IEC 60909 2001 en la barra de 13,2kV de la S/E Placilla. Los tiempos de paso de coordinación obtenidos confirman que los ajustes actuales proporcionan una protección adecuada con la selectividad requerida, cumpliendo así con los requisitos establecidos en el Artículo 5-40, literal e), de la NTSyCS para este tipo de instalación. Se identifica un incumplimiento del Art. 3-24, literal b), numeral III, de la NTSyCS (2019) en la barra de 13,2kV. Aunque la barra no está seccionada, una falla en la misma no se despeja en un tiempo inferior a 20 ciclos (400 ms), como lo exige la normativa. Dado que no se cumple este tiempo de despeje.</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda implementar un esquema simple de protección diferencial de barra, tal como establece el artículo.</li> </ul>

Comparación de ajustes de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>El ECAP de la subestación Placilla, "EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2_Revisado", no corresponde a lo ajustado en terreno.</li> </ul>	Criticidad relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe actualizar ECAP para el Paño CT.</li> </ul>
Comparación de configuraciones lógicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unidad de control cuenta con lógica de fábrica, que permite el correcto disparo de las funciones de protección ajustadas.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Verificación de curvas de protecciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante inyección secundaria con equipo COOPER TYPE MET se obtuvieron tiempos de actuación correctos.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Verificación de vías de disparo	<ul style="list-style-type: none"> <li>El interruptor 52CT, posee una bobina de desenganche la cual se encuentra correcta, ya que fue verificada mediante inyección primaria de corriente.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones.</li> </ul>
Batería de respaldo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los equipos pertenecientes al tablero de distribución de corriente continua se encuentran respaldados por un banco de baterías con una capacidad de 120 [AH] y tensión de 125 [Vcc], permitiendo una autonomía máxima estimada de 133 horas. Cabe destacar que no se llevaron a cabo pruebas respectivas a los SSAA. El documento entregado "9.- SE PLACILLA NOVIEMBRE 2022" corresponde a la pauta de mantenimiento más reciente del banco de baterías, el cual presenta observaciones por atender. Para más detalles ver documento adjunto en la carpeta de documentación técnica en los ANEXOS "REPORTE DE MANTENIMIENTO BANCO DE BATERÍAS".</li> </ul>	Criticidad menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda atender las verificaciones y correcciones asociadas al banco de baterías.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>El equipo COOPER FORM 6 del paño CT dispone de batería propia, la cual posee una tensión de 24,9 [V], lo cual cumple con el voltaje de batería establecido en el manual del fabricante. Se realiza la verificación del estado de esta, mediante el método indicado por el fabricante, el cual es realizar la descarga a través de la botonera, y su resultado es satisfactorio.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones</li> </ul>
Comtrades	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se simulan archivos comtrades en este paño, ya que no se poseen registros de falla previos asociados a eventos de operación incorrecta.</li> </ul>	Sin hallazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se emiten recomendaciones</li> </ul>

En la tabla anterior, se encuentran los hallazgos detectados durante la auditoría realizada en el paño CT de la Subestación Placilla. Cabe destacar que el equipo tiene un funcionamiento correcto en base al manual del fabricante a nivel secundario, destacando que a nivel primario los tiempos de operación se consideran incorrectos los valores primarios de corrientes en las fases A, B y C, en base al rango de tolerancia indicado por el fabricante. Por otro lado, se identifica un incumplimiento del Art. 3-24, literal b), numeral III, de la NTSyCS (2019) en la barra de 13,2kV. Aunque la barra no está seccionada, una falla en la misma no se despeja en un tiempo inferior a 20 ciclos (400 ms), como lo exige la normativa.

### 3. PARTICIPANTES Y RECURSOS

A continuación, se muestra una tabla resumen por paño de los participantes y recursos utilizados para realizar la auditoría en la subestación Placilla.

*Tabla 4: Auditores y recursos empleados durante la auditoría*

PAÑO	FECHA EJECUCIÓN	EJECUTADO POR	EQUIPOS DE PRUEBA		
			Multímetro	Inyector secundario	Inyector primario
C1	Lunes, 24 de abril 2023	Oscar Amaro (Ing. CyP)	AEMC MODEL-565	COOPER TYPE MET	SMC RAPTOR
		Ángel González (Ing. CyP)			
		Ariel Fernández (Ing. CyP)			
C2	Lunes, 24 de abril 2023	Oscar Amaro (Ing. CyP)	AEMC MODEL-565	COOPER TYPE MET	SMC RAPTOR
		Ángel González (Ing. CyP)			
		Ariel Fernández (Ing. CyP)			
CT	Martes, 25 de abril 2023	Oscar Amaro (Ing. CyP)	AEMC MODEL-565	COOPER TYPE MET	SMC RAPTOR
		Ángel González (Ing. CyP)			
		Ariel Fernández (Ing. CyP)			

## 4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

La subestación Placilla se ubica en la comuna de Placilla en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Se alimenta de forma radial desde S/E San Fernando, conectada desde el Tap Off proveniente de la línea en 66 kV San Fernando – Nancagua.

Posee un transformador de alta tensión a media tensión según el siguiente detalle:

- Transformador T1, 66/24-14,4 [kV], 10 [MVA].

La barra BA-66 kV en AT, energiza normalmente al transformador T1, mediante un desconectador fusible (89BT-F).

La barra BA-13,2 kV de MT se energiza normalmente desde el transformador T1, mediante el interruptor 52CT.

Las instalaciones para auditar de la SE Placilla son las siguientes:

- a) Paño C1 – Placilla (COOPER FORM 5).
- b) Paño C2 – Peñuelas (COOPER FORM 6).
- c) Paño CT – Interruptor General MT (COOPER FORM 6).

#### 4.1. Diagrama unifilar de instalación intervenida

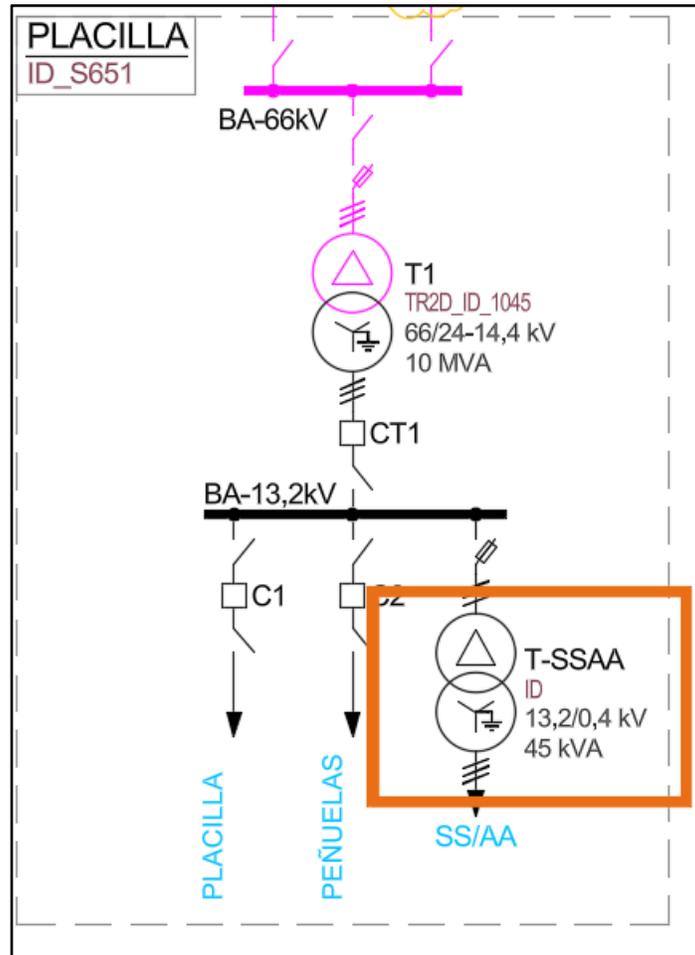


Imagen 1: Diagrama unifilar S/E Placilla

## 4.2. Características del esquema de protección

En la carpeta “DOCUMENTACIÓN TÉCNICA”, se encuentra el diagrama funcional “28-DUF-01-PLACILLA” de la subestación Placilla.

En la siguiente tabla se detalla cómo están compuestos los sistemas de protección auditados, según lo observado en terreno:

*Tabla 5: Detalle de sistema de protección auditados*

Subestación Placilla						
Paño	Interruptor/ Descripción	Funciones	Equipos de medida	Equipos de protección	Número de bobinas de apertura	Ubicación Relé de Protección
CT	52CT	51/51N	TTCC 1000/1	COOPER FORM 6	1	Patio
C1	52C1	51/51N/50/SEF/79	TTCC 1000/1	COOPER FORM 5	1	Patio
C2	52C2	51/51N/50/SEF/79	TTCC 1000/1	COOPER FORM 6	1	Patio

En comparación con el diagrama unifilar y funcional, se tiene que:

- Relación de transformación C1, C2, CT
  - En terreno: 1000/1
  - En plano: No se menciona

En el plano DUF antes mencionado, no se encuentran actualizadas las relaciones de transformación para los alimentadores e interruptor general MT.

**Nota: Adicional a esto, cada reconector tiene en sus mismos bushings la medición de corriente.**

### 4.3. PMGD conectadas

El registro de las PMGD conectadas a la subestación Placilla se muestra a continuación:

**PMGD considerados en documento “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2 Revisado”:**

- No se mencionan PMGD.

**PMGD conectados con anterioridad a la ejecución de la auditoría:**

- Paño C2: PMGD FV Placilla, potencia máxima 9 [MW] (documentación “Estudio de Coordinación de Protección CGR-P002-EAP\_revA”, año 2016).

De acuerdo con lo anterior, solo hay registro de una PMGD, la cual, está conectada posterior a la fecha de elaboración en los documentos ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado” (año 2015), y “Modificación ajustes cabecera Peñuelas 52C2 V1” entregados por CGE transmisión.

Para mayor detalle, revisar en la carpeta ANEXOS, específicamente carpeta PMGD ubicada en DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.

**PMGD conectados con posterioridad a la ejecución de la auditoría:**

- No se tiene registro de PMGD conectada con posterioridad a la fecha de ejecución de la auditoría.

#### 4.4. SSAA y autonomía

En la carpeta “DOCUMENTACIÓN TÉCNICA”, se encuentra el documento “ANEXO 4-DU-SSAA-CA\_CC-SE PLACILLA”, correspondiente a los diagramas elementales de CA/ CC, en el que detallan sus cargas asociadas.

En el plano antes mencionado, se encuentra detallada la alimentación de los servicios auxiliares, en la cual se muestra que los equipos pertenecientes al tablero de distribución de corriente continua se encuentran respaldados por un banco de baterías con una capacidad de 120 [AH] y tensión de 125 [Vcc], permitiendo una autonomía máxima estimada de 133 horas. Cabe destacar que no se llevaron a cabo pruebas respectivas a los SSAA. El documento entregado “9.- SE PLACILLA NOVIEMBRE 2022”, corresponde a la pauta de mantenimiento más reciente del banco de baterías, el cual presenta observaciones por atender.

Para más detalles, revisar documentos en la carpeta “**REPORTE DE MANTENIMIENTO BANCO DE BATERÍAS**” adjunto en la carpeta de DOCUMENTACIÓN TÉCNICA de los ANEXOS.

3.- OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES
<ul style="list-style-type: none"><li>• INSPECCIÓN VISUAL SIN OBSERVACIONES.</li><li>• TENSIÓN DE FLOTACIÓN DENTRO DEL RANGO RECOMENDADO.</li><li>• TENSION DE TODAS LAS BATERÍAS UNIFORMES Y NORMALES</li><li>• RESISTENCIA INTERNA DE LAS BATERÍAS CON VALORES NORMALES Y UNIFORMES.</li><li>• <b>EQUIPO CON MUCHO POLVO EN EL GABINETE DEL CARGADOR Y BATERÍAS, FALTA SELLADO ADECUADO.</b></li><li>• <b>CARGADOR EN EL INTERIOR DE GABINETE SIN PUERTA.</b></li></ul>

*Imagen 2: Extracto de pauta de mantenimiento de baterías “9.- SE PLACILLA NOVIEMBRE 2022”*

## 5. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

La auditoría comienza con una inspección física (estructura, ubicación, cableado y limpieza) y funcional (display, leds, pulsadores, selectores y palanca de operación), de los relés de protección asociados a los paños C1, C2 y CT en la subestación Placilla. Además, se revisan los planos disponibles, como el diagrama unilineal simplificado, los diagramas elementales AC y DC, para verificar equipos y funciones de protección.

Luego, se establece comunicación entre el equipo de protección y un computador, se extraen los ajustes del dispositivo y se bloquean las vías de disparo correspondientes. Posteriormente, se conecta el equipo de inyección y se inyectan corrientes nominales a nivel secundario para verificar el alambrado y la medición del equipo.

Tras comprobar el correcto funcionamiento del equipo, se llevan a cabo pruebas de inyección secundaria para validar los tiempos de las curvas de protección, de acuerdo con el Estudio de Coordinación de Ajustes de Protecciones (ECAP). Al finalizar las pruebas, se verifican las vías de disparo del interruptor asociado al paño, utilizando inyección de fallas, forzando las salidas binarias o a través de selectores de apertura y cierre.

Finalmente, se presenta un listado con las condiciones de cada equipo de protección, acompañado de un registro fotográfico por paño.

## 5.1. Paño C1

Tabla 6: Detalle constructivo del armario Paño C1

PAÑO C1 – EQUIPO: COOPER FORM 5		
N°	DESCRIPCIÓN	COMENTARIO
1	Disposición de equipo y componentes	Correcto
2	Operatividad de leds, display, pulsadores, selectores y palanca.	Correcto
3	Borneras (estado, limpieza y sujeción)	Correcto
4	Identificación de equipos	Correcto
5	Identificación de bornes	Correcto
6	Estado del alambrado interno	Correcto
7	Limpieza y/o presencia de roedores	Presencia de panal de avispas al interior de gabinete de protección.



Imagen 3: Relé COOPER FORM 5 y detalle interno, Paño C1

## 5.2. Paño C2

Tabla 7: Detalle constructivo del armario Paño C2

PAÑO C2 – EQUIPO: COOPER FORM 6		
N°	DESCRIPCIÓN	COMENTARIO
1	Disposición de equipo y componentes	Correcto
2	Operatividad de leds, display, pulsadores, selectores y palanca.	Correcto
3	Borneras (estado, limpieza y sujeción)	Correcto
4	Identificación de equipos	Correcto
5	Identificación de bornes	Correcto
6	Estado del alambrado interno	Correcto
7	Limpieza y/o presencia de roedores	Correcto



Imagen 4: Relé COOPER FORM 6 y detalle interno, Paño C2



Imagen 5: Placa de datos del equipo

### 5.3. Paño CT

Tabla 8: Detalle constructivo del armario Paño CT

PAÑO CT – EQUIPO: COOPER FORM 6		
N°	DESCRIPCIÓN	COMENTARIO
1	Disposición de equipo y componentes	Correcto
2	Operatividad de leds, display, pulsadores, selectores y palanca.	Correcto
3	Borneras (estado, limpieza y sujeción)	Correcto
4	Identificación de equipos	Correcto
5	Identificación de bornes	Correcto
6	Estado del alambrado interno	Correcto
7	Limpieza y/o presencia de roedores	Correcto



Imagen 6: Relé COOPER FORM 6 y detalle interno, Paño CT



Imagen 7: Placa de datos del equipo

## 6. REVISIÓN DE CONFIGURACIÓN

Mediante la comunicación entre el equipo de protección y un computador, utilizando diferentes configuraciones de puertos seriales, se lleva a cabo la extracción y verificación de ajustes en varios dispositivos de protección. Para las protecciones COOPER FORM 5 (Paño C1) y COOPER FORM 6 (Paños C2 y CT), se emplea el puerto Serial RS232 directo.

Los ajustes se extraen utilizando los siguientes softwares específicos:

- ProView: COOPER FORM 5 y 6.

Durante este proceso, se verifica que los ajustes coincidan con los descritos en el estudio de coordinación de protecciones. Además, se documentan la sincronización horaria, los eventos, las oscilografías y las lógicas, si las hubiere, antes de realizar cualquier prueba.

## 6.1. Paño C1 – Relé COOPER FORM 5

### 6.1.1. Sincronización horaria

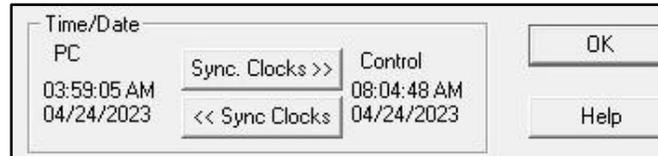


Imagen 8: Tiempo del equipo (tomado el 24/04/2023 a las 03:59:05)

En la Imagen 8, se puede observar que el equipo posee la fecha correcta pero no la hora correcta. Por lo que no cuenta con señal de sincronización externa vía GPS, incumpliendo con el artículo 3-24 de la NTSyCS.

### 6.1.2. Eventos

Se extrae el listado de eventos encontrado en el equipo antes de realizar las pruebas. Para visualizar la complejidad de eventos guardados por el equipo a la fecha, se puede revisar en la carpeta **BACK-UP** y luego el archivo .jpg “EVENTOS”.

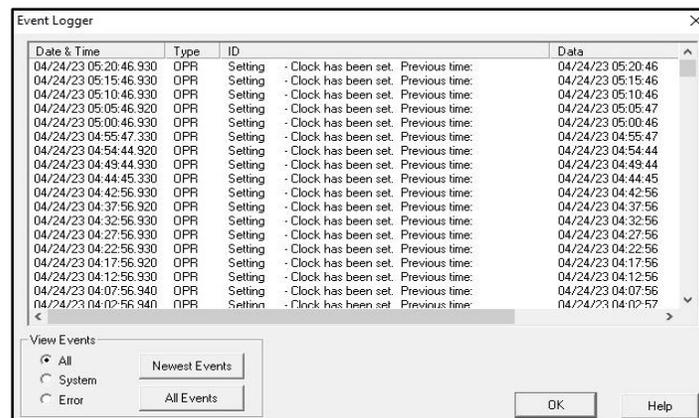


Imagen 9: Extracto de listado de eventos encontrados antes de realizar pruebas

Se deja constancia de que, por medio de los eventos obtenidos, no se evidencia ninguna anomalía en la protección.

### 6.1.3. Oscilografías

El equipo de protección COOPER FORM 5 no cuenta con la tecnología de almacenar y registrar eventos oscilográficos, por lo que, se incumple con el artículo 1-7.48 de la NTSyCS.

### 6.1.4. Ajustes

Con el software del equipo, se lee y guarda el proyecto, del cual se genera un Printout que contiene todas las configuraciones y ajustes del equipo. Para este equipo de protección, se encontró un solo grupo habilitado con los ajustes que se muestran a continuación en valores primarios:

<u>Normal Protection Profile</u>			<u>Sensitive Ground Fault</u>	
Reset time:	30		SGF is Enabled	
Fast Trips Disabled Shots to Lockout:	1		Minimum Trip:	15 Amps
Disc Reset interval:	0		Trip Time:	90 Secs.
[ ] Sequence Coordination			SGF Reclose Interval 1:	2 Secs.
Maximum Sequence Coordination Operation Number:	1		SGF Reclose Interval 2:	2 Secs.
[ ] Ground Trip Precedence			SGF Reclose Interval 3:	2 Secs.
[X] Reset Targets on Reclose.			Operations to Lockout:	1
[X] Reclose/Retry.			SGF Reset Interval:	30 Secs.
Retry Interval = 5Secs.			Directional SGF Enabled?	No
Retry Attempts = 10			Directional SGF: Max Torque Angle	0
	<u>Phase</u>	<u>Ground</u>	Directional SGF: Torque Angle Width	90
Min. Trip	300 Amps	60 Amps	Directional SGF: Vo Voltage Threshold	4
Operations to			<u>High Current Trip (HCT)</u>	
Lockout 2	2		Trip Modification Time	Phase
Shot 1 TCC	133x0.7	134x1+0.04	Activation Current	0.05 secs.
Shot 2 TCC	133x0.7	134x1+0.04	Shot 1	2800Amps
Shot 3 TCC	133x0.7	134x1+0.04	Shot 2	On
Shot 4 TCC	133x0.7	134x1+0.04	Shot 3	Off
FTD TCC	133x0.7	134x1+0.04	Shot 4	Off
<u>Reclose Intervals</u>				
1st Interval	5 Sec.	5 Sec.		
2nd Interval	5 Sec.	5 Sec.		
3rd Interval	5 Sec.	5 Sec.		

*Imagen 10: Ajustes extraídos del equipo grupo Normal*

En la Imagen 10, se muestran los ajustes extraídos del equipo de protección el día de la auditoría. Se puede apreciar que posee habilitadas las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual, función de sobrecorriente instantánea de fase, SEF y reconexión.

A continuación, se muestra una tabla con los ajustes del equipo en comparación con los expuestos en el estudio vigente entregado por CGE TRANSMISIÓN “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”, tal que:

Tabla 9: Ajustes equipo de protección COOPER FORM 5, grupo normal

GRUPO NORMAL	
AJUSTE EQUIPO DE PROTECCIÓN	AJUSTE PROPUESTO ECAP
<b>51: Función sobrecorriente de tiempo inverso de fase</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 300 [A prim].</li> <li>Curva: 133</li> <li>Time dial: 0,7</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 300 [A prim].</li> <li>Curva: 132</li> <li>Time dial: No se menciona.</li> </ul>
<b>51N: Función de sobrecorriente tiempo inverso residual</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 60 [A prim].</li> <li>Curva: 134</li> <li>Time dial: 1</li> <li>Adder: 0,04</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 50 [A prim].</li> <li>Curva: 134</li> <li>Time dial: No se menciona.</li> <li>Adder: No se menciona.</li> </ul>
<b>50: Función de sobrecorriente tiempo definido de fase</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 2800 [A prim].</li> <li>Retraso: 0,05 [s]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: No se menciona.</li> <li>Retraso: No se menciona.</li> </ul>
<b>SEF: Función falla sensitiva a tierra</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 15 [A prim].</li> <li>Time: 90 [s]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 15 [A prim].</li> <li>Time: 90 [s]</li> </ul>
<b>79: Reconexión</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de reconexiones: 1</li> <li>Tiempo de reconexión: 5 [s]</li> <li>Reset time: 30 [s]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de reconexiones: 1</li> <li>Tiempo de reconexión: 2 [s]</li> <li>Reset time: No se menciona.</li> </ul>

Tabla 10: Ajustes equipo de protección COOPER FORM 5, grupo alternativo

GRUPO ALTERNATIVO	
AJUSTE EQUIPO DE PROTECCIÓN	AJUSTE ECAP PROPUESTO
<b>51: Función sobrecorriente de tiempo inverso de fase</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 300 [A prim].</li> <li>Curva: 133</li> <li>Time dial: 0,7</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 400 [A prim].</li> <li>Curva: 132</li> <li>Time dial: No se menciona.</li> </ul>
<b>51N: Función sobrecorriente de tiempo inverso residual</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 60 [A prim].</li> <li>Curva: 134</li> <li>Time dial: 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 50 [A prim].</li> <li>Curva: 134</li> <li>Time dial: No se menciona.</li> </ul>

Se observa que los ajustes extraídos del relé con respecto a los ajustes del ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia revisado”, no menciona ajustes de la función de sobrecorriente instantánea de fase, posee distinto los ajustes de las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual, y la reconexión, además ECAP menciona ajuste alternativo para la función de sobrecorriente de tiempo inverso de fase con un pickup distinto al del grupo normal, mientras que no está configurado grupo alternativo en la protección, ya que es igual al normal, por lo tanto, está incumpliendo el artículo 8-22 de la NTSyCS, además dicho ECAP no se encuentra adjunto en plataforma de infotécnica, incumpliendo con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.

A continuación, se presenta una tabla con el resumen de funciones habilitadas, según el ECAP y las funciones que realmente posee el equipo de protección ajustado.

Tabla 11: Comparación de ajustes de ECAP y ajustes presentes en el equipo de protección

COMPARACIÓN DE AJUSTES			
PROTECCIÓN	FUNCIONES		COMENTARIO
	ECAP	EQUIPO	
COOPER FORM 5, GRUPO NORMAL	51	51	Ajustado distinto a ECAP
	51N	51N	Ajustado distinto a ECAP
	-	50	No se menciona en ECAP
	79	79	Ajustado distinto a ECAP
	SEF	SEF	Ajustado igual que ECAP
COOPER FORM 5, GRUPO ALTERNATIVO	51	-	No ajustado en equipo de protección
	51N	-	No ajustado en equipo de protección

### 6.1.5. Lógica

El equipo COOPER FORM 5 posee lógicas configurables denominadas “Workbench”, sin embargo, no posee modificación alguna a esta lógica, debido a que CGE TRANSMISIÓN solamente utiliza las funciones configuradas de fábrica para ser ajustadas y utilizadas sin modificaciones internas. La utilización de estas funciones preconfiguradas permite la correcta habilitación de las funciones de protección, las cuales funcionan correctamente, exceptuando el ajuste de la función SEF para el grupo normal, la cual no permite la habilitación en local, ni por SCADA.

### 6.1.6. Voltaje de batería

El equipo COOPER FORM 5 cuenta con una batería de respaldo, la cual según la medición propia del equipo presenta un voltaje de 28 [V], lo cual cumple con el voltaje de batería establecido en el manual del fabricante.

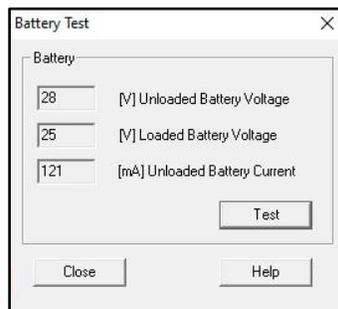


Imagen 11: Voltaje de la batería del equipo

### 6.1.7. Comtrades

No se simulan archivos comtrades en este paño, ya que el equipo no cuenta con la tecnología para almacenar y descargar archivos comtrades.

## 6.2. Paño C2 – Relé COOPER FORM 6

### 6.2.1. Sincronización horaria

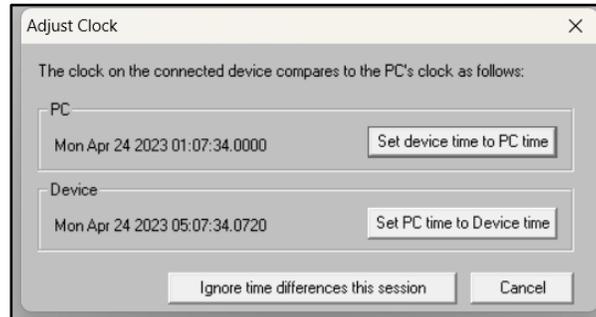


Imagen 12: Tiempo del equipo (tomado el 24/04/2023 a las 01:07:34)

En la Imagen 12, se puede observar que el equipo posee la hora y fecha correcta, por lo que cuenta con señal de sincronización externa vía GPS, cumpliendo con el artículo 3-24 de la NTSyCS.

### 6.2.2. Eventos

Se extrae el listado de eventos encontrado en el equipo antes de llevar a cabo las pruebas. Para visualizar la complejidad de eventos guardados por el equipo a la fecha, se puede revisar en la carpeta **BACK-UP** y luego el archivo .txt **"EVENTOS"**.

```
User device name = Form6 Alim. Penuelas
```

Evt	Date	Time	Type	IA	IB	IC	3I0	VA	VB	VC		
001	23/04/24	02:42:06.390	MAN/EXT TRIP/LO						69	55	79	1 0 220 0
002	23/04/24	02:42:06.390	CONTROL LOCKOUT						69	55	79	1 0 220 0
003	23/04/24	02:40:32.729	NON-RECLOSE ON						70	54	80	0 0 220 0
004	23/03/19	21:01:38.022	no control alarm						166	98	182	0 0 213 0
005	23/03/19	21:01:24.937	CONTROL ALARMS						0	0	0	0 0 0 0
006	23/03/19	10:30:59.260	no control alarm						124	77	140	1 0 187 0
007	23/03/19	10:30:10.043	CONTROL ALARMS						0	0	0	0 0 0 0
008	23/03/15	16:41:52.224	non-reclose off						87	84	68	1 0 214 0
009	23/03/15	13:40:27.652	NON-RECLOSE ON						185	189	173	0 0 211 0
010	23/03/11	11:28:40.173	non-reclose off						39	24	32	0 0 214 0
011	23/03/11	11:20:50.158	NON-RECLOSE ON						51	36	48	0 0 214 0
012	23/03/03	19:56:56.645	non-reclose off						225	230	207	1 0 214 0
013	23/03/03	13:44:23.467	NON-RECLOSE ON						236	240	220	0 0 213 0
014	22/12/22	18:44:50.565	no control alarm						121	96	125	0 0 214 0
015	22/12/22	18:44:31.170	CONTROL ALARMS						122	98	127	0 0 0 0
016	22/12/18	14:52:31.477	no control alarm						152	86	162	1 0 209 0
017	22/12/18	14:52:22.202	CONTROL ALARMS						0	0	0	0 0 0 0
018	22/12/18	11:21:38.347	no control alarm						163	74	173	1 0 196 0
019	22/12/18	10:41:48.479	CONTROL ALARMS						0	0	0	0 0 0 0
020	22/12/18	10:35:02.962	no control alarm						113	62	123	0 0 194 0

Imagen 13: Extracto de listado de eventos encontrados antes de llevar a cabo pruebas

Se deja constancia de que por medio de los eventos obtenidos no se evidencia ninguna anomalía en la protección.

### 6.2.3. Oscilografías

Para el relé COOPER FORM 6 fue posible descargar 14 oscilografías, las que se encuentran disponibles para su visualización y revisión en la carpeta “OSCILOGRAFÍAS”.

Se deja constancia de que el equipo de protección registra correctamente las medidas analógicas, así como digitales, tanto existentes como las emitidas durante un evento ocurrido en un archivo de evento oscilográfico.

### 6.2.4. Ajustes

Con el software del equipo, se lee y guarda el proyecto, del cual se genera un Printout que contiene todas las configuraciones y ajustes del equipo. El equipo de protección, se encontró un solo grupo habilitado con los ajustes que se muestran a continuación en valores primarios:

UserDeviceName		Form6 Alm. Penuel				
<u>Overcurrent Settings</u>		<u>Normal</u>	<u>Alternate 1</u>	<u>Reclose Intervals</u>	<u>Normal</u>	<u>Alternate 1</u>
<b>Phase:</b>				<b>Phase/Neg Sequence:</b>		
PhsTripBlk	Unblocked	Unblocked		PQOpenInt#1	5	5
FastTripBlock	Unblocked	Unblocked		PQOpenInt#2	5	5
TCCPMInTrip	433	433		PQOpenInt#3	5	5
TCC1PCurve	132	132		<b>Ground:</b>		
TCC1PMultEnable	Enable	Enable		GndOpenInt#1	5	5
TCC1PMult	0.9	0.9		GndOpenInt#2	5	5
TCC1PHCTEnable	Enable	Enable		GndOpenInt#3	5	5
TCC1PHCT Mul	6.3	6.3		ResetTme	30	30
TCC2PCurve	132	132		<b>Sensitive Earth Fault</b>		
TCC2PMultEnable	Enable	Enable			<u>Normal</u>	<u>Alternate 1</u>
TCC2PMult	0.9	0.9		SEFBlock	Disable	Disable
TCC2PHCTEnable	Enable	Enable		SEFMinTrip	15	15
TCC2PHCT Mul	6.3	6.3		SEFTime	90	90
<b>Ground:</b>				SEFReclnt	5	5
GndTripBlk	Unblocked	Blocked		SEFNumOps	1	1
FastTripBlock	Unblocked	Unblocked				
TCCGMinTrip	60	60				
TCC1GCurve	134	134				
TCC1GMultEnable	Enable	Enable				
TCC1GMult	1.25	1.25				
TCC2GCurve	134	134				
TCC2GMultEnable	Enable	Enable				
TCC2GMult	1.25	1.25				

Imagen 14: Ajustes extraídos del equipo, grupo normal

En la Imagen 14, se muestran los ajustes extraídos del equipo de protección el día de la auditoría. Se puede apreciar que posee habilitadas las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual, función de sobrecorriente instantánea de fase, SEF y reconexión.

A continuación, se muestra una tabla con los ajustes del equipo en comparación con los expuestos en el estudio vigente entregado por CGE TRANSMISIÓN “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”, tal que:

Tabla 12: Ajustes equipo de protección COOPER FORM 6, grupo normal

GRUPO NORMAL	
AJUSTE EQUIPO DE PROTECCIÓN	AJUSTE PROPUESTO ECAP
<b>51: Función sobrecorriente de tiempo inverso de fase</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 433 [A prim].</li> <li>Curva: 132</li> <li>Time dial: 0,9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 300 [A prim].</li> <li>Curva: 132</li> <li>Time dial: No se menciona.</li> </ul>
<b>51N: Función de sobrecorriente tiempo inverso residual</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 60 [A prim].</li> <li>Curva: 134</li> <li>Time dial: 1,25</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 50 [A prim].</li> <li>Curva: 134</li> <li>Time dial: No se menciona.</li> </ul>
<b>50: Función de sobrecorriente tiempo instantáneo de fase</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 2728 [A prim] (6,3*433)</li> <li>Delay: 0 [s]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: No se menciona.</li> <li>Delay: No se menciona.</li> </ul>
<b>SEF: Función falla sensitiva a tierra</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 15 [A prim].</li> <li>Time: 90 [s]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 15 [A prim].</li> <li>Time: 90 [s]</li> </ul>
<b>79: Reconexión</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de reconexiones: 1</li> <li>Tiempo de reconexión: 5 [s]</li> <li>Reset time: 30 [s]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de reconexiones: 1</li> <li>Tiempo de reconexión: 2 [s]</li> <li>Reset time: No se menciona.</li> </ul>

Tabla 13: Ajustes equipo de protección COOPER FORM 6, grupo alternativo

GRUPO ALTERNATIVO	
AJUSTE EQUIPO DE PROTECCIÓN	AJUSTE ECAP PROPUESTO
<b>51: Función sobrecorriente de tiempo inverso de fase</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 433 [A prim].</li> <li>Curva: 132</li> <li>Time dial: 0,9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 400 [A prim].</li> <li>Curva: 132</li> <li>Time dial: No se menciona.</li> </ul>
<b>51N: Función sobrecorriente de tiempo inverso residual</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 60 [A prim].</li> <li>Curva: 134</li> <li>Time dial: 1,25</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pick Up: 50 [A prim].</li> <li>Curva: 134</li> <li>Time dial: No se menciona.</li> </ul>

Se observa que los ajustes extraídos del relé con respecto a los ajustes del ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”, no menciona ajustes de la función de sobrecorriente instantánea de fase; posee distinto los ajustes de las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual, y función de reconexión. Además, el ECAP menciona ajuste alternativo para la función de sobrecorriente de tiempo inverso de fase con un pickup distinto al del grupo normal, mientras que no está configurado el grupo alternativo en la protección, ya que es igual al normal, por lo tanto, está incumpliendo el artículo 8-22 de la NTSyCS, además, dicho ECAP no se encuentra adjunto en plataforma

de infotécnica, incumpliendo con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.

A continuación, se presenta una tabla con el resumen de funciones habilitadas, según el ECAP y las funciones que realmente posee el equipo de protección ajustado.

Tabla 14: Comparación de ajustes de ECAP y ajustes presentes en el equipo de protección

COMPARACIÓN DE AJUSTES			
PROTECCIÓN	FUNCIONES		COMENTARIO
	ECAP	EQUIPO	
COOPER FORM 6, GRUPO NORMAL	51	51	Ajustado distinto a ECAP
	51N	51N	Ajustado distinto a ECAP
	-	50	No se menciona en ECAP
	79	79	Ajustado distinto a ECAP
	SEF	SEF	Ajustado igual que ECAP
COOPER FORM 6, GRUPO ALTERNATIVO	51	-	No ajustado en equipo de protección
	51N	-	No ajustado en equipo de protección

### 6.2.5. Lógica

El equipo COOPER FORM 6 posee lógicas configurables denominadas “Workbench”, sin embargo, no posee modificación alguna a esta lógica debido a que CGE TRANSMISIÓN solamente utiliza las funciones configuradas de fábrica para ser ajustadas y utilizadas sin modificaciones internas. La utilización de estas funciones preconfiguradas permite la correcta habilitación de las funciones de protección, las cuales funcionan correctamente.

### 6.2.6. Voltaje de batería

El equipo COOPER FORM 6 cuenta con una batería de respaldo, la cual según la medición propia del equipo presenta un voltaje de 27,1 [V], lo cual cumple con el voltaje de batería establecido en el manual del fabricante.



Imagen 15: Voltaje de la batería del equipo

### 6.2.7. Comtrades

No se simulan archivos comtrades en este paño, ya que no se poseen registros de falla previos asociados a eventos de operación incorrecta.

### 6.3. Paño CT – Relé COOPER FORM 6

#### 6.3.1. Sincronización horaria

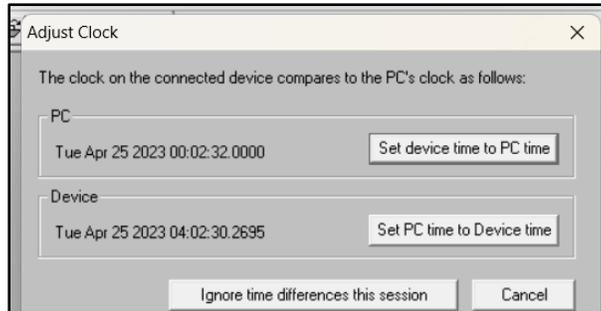


Imagen 16: Tiempo del equipo (tomado el 25/04/2023 a las 00:02:32)

En la Imagen 16, se puede observar que el equipo posee la hora y fecha correcta, por lo que cuenta con señal de sincronización externa vía GPS, por lo que cumple con el artículo 3-24 de la NTSyCS.

#### 6.3.2. Eventos

Se extrae el listado de eventos encontrado en el equipo antes de realizar las pruebas. Para visualizar la complejidad de eventos guardados por el equipo a la fecha, se puede revisar en la carpeta **BACK-UP** y luego el archivo .txt "**EVENTOS**".

```

User device name = 52CT INT GRAL MT
Evt Date Time Type IA IB IC 3I0 VA VB VC
001 23/04/25 03:43:45.647 MAN/EXT TRIP/LO 0 0 0 0 0 0 0
002 23/04/25 03:43:45.647 CONTROL LOCKOUT 0 0 0 0 0 0 0
003 23/04/25 03:39:10.122 CONTROL ALARMS 0 0 0 0 0 0 0
004 23/04/25 03:38:59.130 no control alarm 0 0 0 0 0 0 0
005 23/04/25 03:28:56.689 CONTROL ALARMS 0 0 0 0 0 0 0
006 23/04/25 03:28:37.996 no control alarm 0 0 0 0 0 0 0
007 23/04/25 03:22:22.548 CONTROL ALARMS 0 0 0 0 0 0 0
008 23/04/24 15:54:52.085 no control alarm 0 0 0 0 0 0 0
009 23/04/24 15:54:31.135 CONTROL ALARMS 0 0 0 0 0 0 0
010 23/03/19 21:01:37.449 no control alarm 320 190 372 12 0 0 0
011 23/03/19 21:01:25.161 CONTROL ALARMS 0 0 0 0 0 0 0
012 23/03/19 10:30:59.512 no control alarm 210 127 246 5 0 0 0
013 23/03/19 10:30:10.179 CONTROL ALARMS 0 0 0 0 0 0 0
014 22/12/22 18:44:50.376 no control alarm 274 244 290 7 0 0 0
015 22/12/22 18:44:30.877 CONTROL ALARMS 273 243 288 6 0 0 0
016 22/12/18 14:52:30.795 no control alarm 268 158 292 6 0 0 0
017 22/12/18 14:52:22.013 CONTROL ALARMS 0 0 0 0 0 0 0
018 22/12/18 11:21:37.993 no control alarm 289 140 316 4 0 0 0
019 22/12/18 10:41:48.677 CONTROL ALARMS 0 0 0 0 0 0 0
020 22/12/18 10:35:02.761 no control alarm 183 105 203 4 0 0 0
    
```

Imagen 17: Extracto de listado de eventos encontrados antes de realizar pruebas

Se deja constancia de que por medio de los eventos obtenidos no se evidencia ninguna anomalía en la protección.

### 6.3.3. Oscilografías

Para el relé COOPER FORM 6 fue posible descargar 15 oscilografías, las que se encuentran disponibles para su visualización y revisión en la carpeta “OSCILOGRAFÍAS”.

Se deja constancia de que el equipo de protección registra correctamente las medidas analógicas, así como digitales tanto existentes como las emitidas durante un evento ocurrido en un archivo de evento oscilográfico.

### 6.3.4. Ajustes

Con el software del equipo, se lee y guarda el proyecto, del cual, se genera un Printout que contiene todas las configuraciones y ajustes del equipo. Para el equipo de protección, se encontró un solo grupo habilitado con los ajustes que se muestran a continuación en valores primarios:

<u>Overcurrent Settings</u>	<u>Normal</u>	<u>Alternate 1</u>	<u>Sensitive Earth Fault</u>	<u>Normal</u>	<u>Alternate 1</u>
<b>Phase:</b>			SEFBlock	Enable	Disable
PhsTripBlk	Unblocked	Unblocked	SEFMinTrip	40	40
FastTripBlock	Unblocked	Unblocked	SEFTime	10	10
TCCPMinTrip	525	525	SEFRedInt	2	2
TCC1PCurve	133	133	SEFNumOps	3	3
TCC1PMultEnable	Disable	Disable			
TCC1PMult	1	1			
TCC2PCurve	133	133			
TCC2PMultEnable	Disable	Disable			
TCC2PMult	1	1			
<b>Ground:</b>					
GndTripBlk	Unblocked	Unblocked			
FastTripBlock	Unblocked	Unblocked			
TCCGMinTrip	65	65			
TCC1GCurve	140	140			
TCC1GMultEnable	Disable	Disable			
TCC1GMult	1	1			
TCC2GCurve	140	140			
TCC2GMultEnable	Disable	Disable			
TCC2GMult	1	1			
TCC2GAddEnable	Disable	Disable			

*Imagen 18: Ajustes extraídos del equipo, grupo Normal*

En la Imagen 18, se muestran los ajustes extraídos del equipo de protección el día de la auditoría. Se puede apreciar que posee habilitadas las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual. En cuanto al grupo alternativo, este se utiliza únicamente para maniobras de traspaso de cargas, por lo que no se considera para efectos de auditoría.

A continuación, se muestra una tabla con los ajustes del equipo en comparación con los expuestos en el estudio vigente entregado por CGE TRANSMISIÓN “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”, tal que:

Tabla 15: Ajustes equipo de protección COOPER FORM 6, grupo normal

GRUPO NORMAL	
AJUSTE EQUIPO DE PROTECCIÓN	AJUSTE PROPUESTO ECAP
<b>51: Función sobrecorriente de tiempo inverso de fase</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pick Up: 525 [A prim].</li> <li>• Curva: 133</li> <li>• Time dial: 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pick Up: 525 [A prim].</li> <li>• Curva: 133</li> <li>• Time dial: No se menciona.</li> </ul>
<b>51N: Función de sobrecorriente tiempo inverso residual</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pick Up: 65 [A prim].</li> <li>• Curva: 140</li> <li>• Time dial: 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pick Up: 65 [A prim].</li> <li>• Curva: 140</li> <li>• Time dial: No se menciona.</li> </ul>

Se observa que los ajustes extraídos del relé con respecto a los ajustes del ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”, no menciona los time dial de las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual, por lo que se está incumpliendo el artículo 8-22 de la NTSyCS, asimismo, el ECAP no se encuentra adjunto en plataforma de infotécnica, incumpliendo con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.

A continuación, se presenta una tabla con el resumen de funciones habilitadas, según el ECAP y las funciones que posee el equipo de protección ajustado.

Tabla 16: Comparación de ajustes de ECAP y ajustes presentes en el equipo de protección

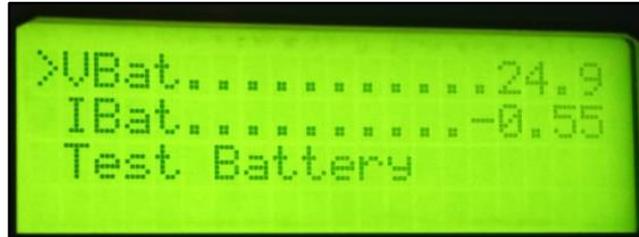
COMPARACIÓN DE AJUSTES			
PROTECCIÓN	FUNCIONES		COMENTARIO
	ECAP	EQUIPO	
COOPER FORM 6, GRUPO NORMAL	51	51	No se mencionan todos los ajustes en ECAP
	51N	51N	No se mencionan todos los ajustes en ECAP

### 6.3.5. Lógica

El equipo COOPER FORM 6 posee lógicas configurables denominadas “Workbench”, sin embargo, no posee modificación alguna a esta lógica debido a que CGE TRANSMISIÓN solamente utiliza las funciones configuradas de fábrica para ser ajustadas y utilizadas sin modificaciones internas. La utilización de estas funciones preconfiguradas permite la correcta habilitación de las funciones de protección, las cuales funcionan correctamente.

### 6.3.6. Voltaje de batería

El equipo COOPER FORM 6 cuenta con una batería de respaldo, la cual según la medición propia del equipo presenta un voltaje de 24,9 [V], lo cual cumple con el voltaje de batería establecido en el manual del fabricante.



*Imagen 19: Voltaje de la batería del equipo*

### 6.3.7. Comtrades

No se simulan archivos comtrades en este paño, ya que no se poseen registros de falla previos asociados a eventos de operación incorrecta.

## 7. PRUEBA DE PROTECCIÓN

Con el fin de determinar el correcto funcionamiento de los equipos de protección asociados a los respectivos paños de la subestación Placilla, se somete cada protección a diversas verificaciones; tanto de balance de corrientes y/o tensiones, como de actuación de las funciones ajustadas en el equipo. Además, se comprueba la apertura de cada interruptor mediante disparos efectivos. A continuación, se muestra el desarrollo por paño de cada verificación realizada.

### 7.1. PRUEBA DE BALANCE

Se extrae toda la información del equipo y sus medidas instantáneas en línea. Para esta prueba los valores de corrientes secundarias se califican como correcto si se encuentran dentro del rango de tolerancia especificado por el fabricante. Específicamente, para los paños definidos en el alcance, las exactitudes de las medidas están especificadas a 20°C y a frecuencia nominal, a menos que se indique algo distinto.

Se realizan inyecciones de corriente secundaria, a través de bloques de prueba y el equipo de medición COOPER TYPE MET, registrando la corriente de salida de la maleta, la medida en pantalla del equipo y la medida en el software del equipo, con motivo de comprobar la relación de transformación y la correcta medición del equipo.

Sensed Currents	
Phase Current—Individual Phase Currents:	
Range: 1 A to 10,000 A for 500:1 CTs	
2 A to 20,000 A for 1000:1 CTs	
4 A to 40,000 A for 2000:1 CTs	
Accuracy: ± 1 mA from 10 mA to 125 mA	
0.8% from 125 mA to 1600 mA	
(Control only – does not include sensor tolerance.)	

Imagen 20: Especificaciones tolerancia equipo de protección COOPER FORM 5 y 6

2. AC METER
Edgewise panel meter with two-in. horizontal scale; accuracy ±5% full scale; panel switched ranges: 0—30/100/ 1000/3000 mA.

Imagen 21: Especificaciones precisión equipo de inyección secundaria COOPER TYPE MET

MEASUREMENTS	
Resolution	1 Aac, 10 Aac
Accuracy	±0,2% of the value ±0,2% of the range

Imagen 22: Especificaciones precisión equipo de inyección primaria SMC Raptor

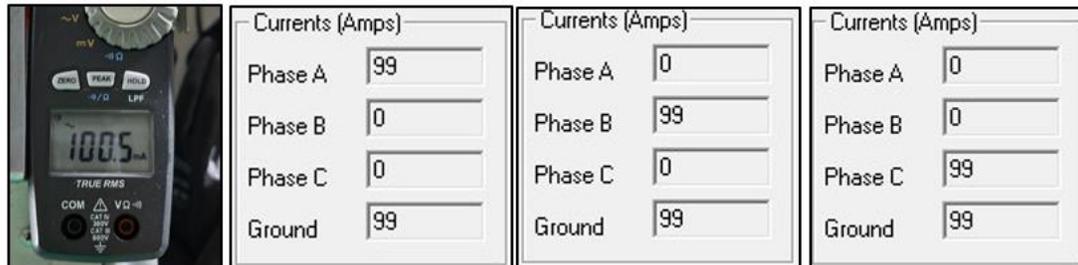
AC Current (TRMS, Auto-Ranging)		
Resolution	6 A 60 A	1 mA 10 mA
Accuracy	(50 to 60) Hz (60 to 500) Hz	± 1.0 % of Reading ± 5 cts ± 2.0 % of Reading ± 5 cts

Imagen 23: Precisión de medición Multímetro AEMC 565

### 7.1.1. Paño C1 - Relé COOPER FORM 5

#### **INYECCIÓN SECUNDARIA:**

La relación de transformación asociada al paño C1 es de 1000/1. La siguiente tabla muestra el estado de la prueba de balance:



*Imagen 24: Medidas de inyección secundaria por fase, paño C1*

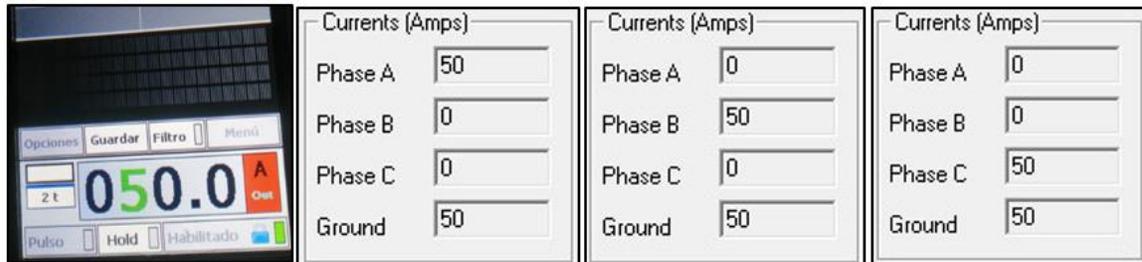
*Tabla 17: Registro de valores de inyecciones secundarias por fase, paño C1*

TIPO DE INYECCIÓN	FASE EQUIPO INYECTOR	VALOR SECUNDARIO [A]	VALOR PRIMARIO ESPERADO [A]	VALOR MEDIDO [A]	ERROR [%]	ERROR [A]	RESULTADO
MONOFÁSICA	A	0,1005	100,5	99	1,493	1,5	Correcto
	B	0,1005	100,5	99	1,493	1,5	Correcto
	C	0,1005	100,5	99	1,493	1,5	Correcto

Por medio de inyecciones secundarias, se evidenció que las fases A, B y C a nivel secundario se encuentran correctamente alambradas y con los valores de medición de corriente dentro del rango de tolerancia indicado por el fabricante del equipo de protección [Imagen 20] y de inyección [Imagen 21], lo cual se ve reflejado a nivel primario.

## INYECCIÓN PRIMARIA:

Se realizan inyecciones de corriente primaria con el equipo SMC modelo RAPTOR que permite alcanzar corrientes altas, conectado directamente a los bushings del interruptor fase por fase (el interruptor posee bushings con transformador de medida), registrando la corriente del inyector, la medida en pantalla del equipo y la medida en el software del equipo, con motivo de comprobar la relación de transformación y la correcta medición del equipo.



*Imagen 25: Medidas de inyección primaria por fase, paño C1*

*Tabla 18: Registro de valores de inyecciones primarias por fase, paño C1*

FASE EQUIPO INYECTOR	VALOR INYECTADO [A]	VALOR ESPERADO [A]	VALOR PROTECCIÓN [A]	ERROR [%]	ERROR [A]	RESULTADO
IA	50	50	50	0	0	Correcto
IB	50	50	50	0	0	Correcto
IC	50	50	50	0	0	Correcto

Por medio de inyecciones primarias, se evidenció que las fases A, B y C a nivel primario se encuentran correctamente alambradas. Además, se consideran correctos los valores primarios de corrientes por fase obtenidas, ya que se encuentran dentro del rango de tolerancia indicado por el fabricante del equipo de protección [Imagen 20] y de inyección [Imagen 22].

### 7.1.2. Paño C2 - Relé COOPER FORM 6

#### INYECCIÓN SECUNDARIA:

La relación de transformación asociada al paño C2 es de 1000/1. La siguiente tabla muestra el estado de la prueba de balance:

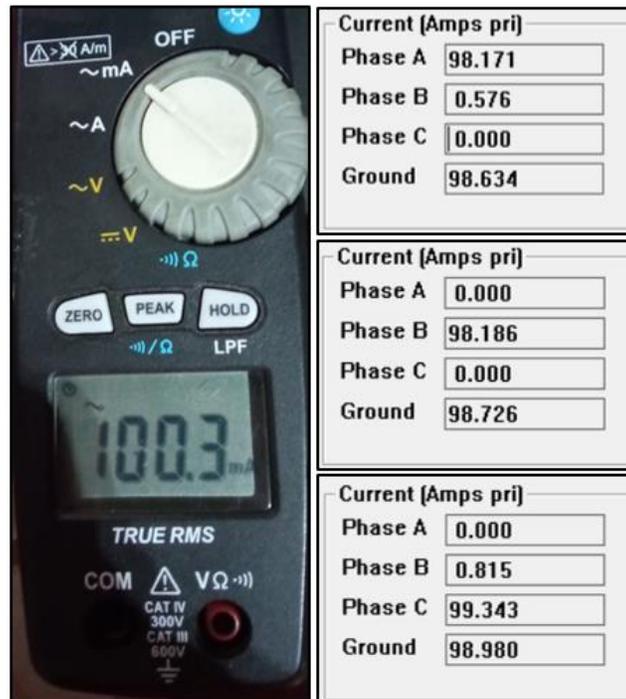


Imagen 26: Medidas de inyección secundaria por fase, paño C2

Tabla 19: Registro de valores de inyecciones secundarias por fase, paño C2

TIPO DE INYECCIÓN	FASE EQUIPO INYECTOR	VALOR SECUNDARIO [A]	VALOR PRIMARIO ESPERADO [A]	VALOR MEDIDO [A]	ERROR [%]	ERROR [A]	RESULTADO
MONOFÁSICA	A	0,1003	100,3	98,171	2,123	2,129	Incorrecto
	B	0,1003	100,3	98,186	2,108	2,114	Incorrecto
	C	0,1003	100,3	99,343	0,954	0,957	Correcto

Por medio de la inyección secundaria, se evidenció que las fases A, B y C a nivel secundario se encuentran correctamente alambradas. Pero se consideran incorrectos los valores secundarios de corrientes por fase obtenidas en las fases A y B, ya que superan levemente el rango de tolerancia indicado por el fabricante [Imagen 20].

Como resultado de la inyección, se determinó que el equipo no mide correctamente.

### INYECCIÓN PRIMARIA:

Se realizan inyecciones de corriente primaria con el equipo SMC modelo RAPTOR que permite alcanzar corrientes altas, conectado directamente a los bushings del interruptor fase por fase (el interruptor posee bushings con transformador de medida), registrando la corriente del inyector, la medida en pantalla del equipo y la medida en el software del equipo, con motivo de comprobar la relación de transformación y la correcta medición del equipo.



Imagen 27: Medidas de inyección primaria por fase, paño C2

Tabla 20: Registro de valores de inyecciones primarias por fase, paño C2

FASE EQUIPO INYECTOR	VALOR INYECTADO [A]	VALOR ESPERADO [A]	VALOR PROTECCIÓN [A]	ERROR [%]	ERROR [A]	RESULTADO
IA	50	50	50	0	0	Correcto
IB	50	50	49	2,000	1	Incorrecto
IC	50	50	49	2,000	1	Incorrecto

Por medio de inyecciones primarias en el equipo de protección, se consideran incorrectos los valores primarios de corrientes en las fases B y C, en base al rango de tolerancia indicado por el fabricante [Imagen 20]. Se debe verificar el estado general del relé y/o interruptor del paño.

### 7.1.3. Paño CT - Relé COOPER FORM 6

#### **INYECCIÓN SECUNDARIA:**

La relación de transformación asociada al paño CT es de 1000/1. La siguiente tabla muestra el estado de la prueba de balance:

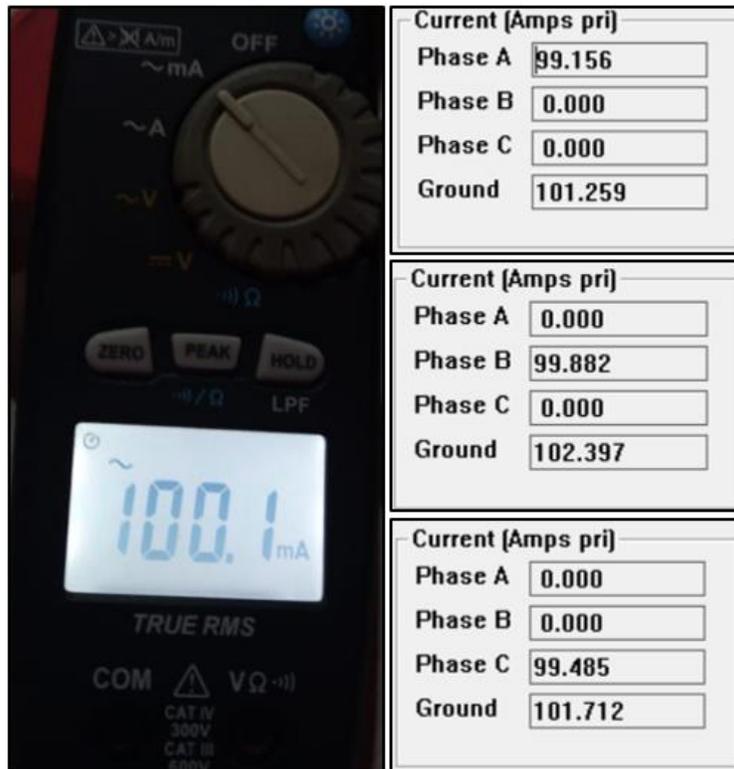


Imagen 28: Medidas de inyección secundaria por fase, paño CT

Tabla 21: Registro de valores de inyecciones secundarias por fase, paño CT

TIPO DE INYECCIÓN	FASE EQUIPO INYECTOR	VALOR SECUNDARIO [A]	VALOR PRIMARIO ESPERADO [A]	VALOR MEDIDO [A]	ERROR [%]	ERROR [A]	RESULTADO
MONOFÁSICA	A	0,1001	100,1	99,156	0,943	0,944	Correcto
	B	0,1001	100,1	99,882	0,218	0,218	Correcto
	C	0,1001	100,1	99,485	0,614	0,615	Correcto

Por medio de inyecciones secundarias, se evidenció que las fases A, B y C a nivel secundario se encuentran correctamente alambradas y con los valores de medición de corriente dentro del rango de tolerancia indicado por el fabricante del equipo de protección [Imagen 20] y de inyección [Imagen 21], lo cual se ve reflejado a nivel primario.

## INYECCIÓN PRIMARIA:

Se realizan inyecciones de corriente primaria con el equipo SMC modelo RAPTOR que permite alcanzar corrientes altas, conectado directamente a los bushings del interruptor fase por fase (el interruptor posee bushings con transformador de medida), registrando la corriente del inyector, la medida en pantalla del equipo y la medida en el software del equipo, con motivo de comprobar la relación de transformación y la correcta medición del equipo.

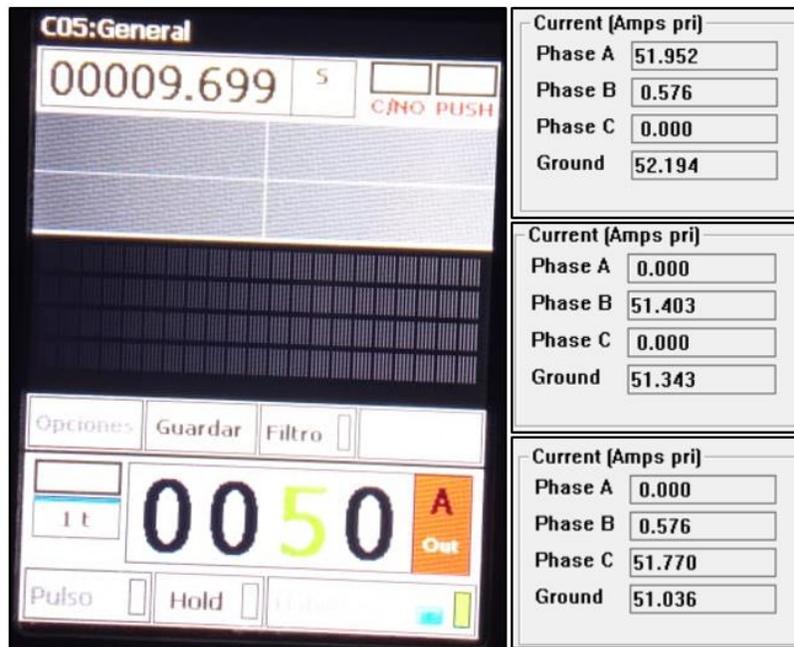


Imagen 29: Medidas de inyección primaria por fase, paño CT

Tabla 22: Registro de valores de inyecciones primarias por fase, paño CT

FASE EQUIPO INYECTOR	VALOR INYECTADO [A]	VALOR ESPERADO [A]	VALOR PROTECCIÓN [A]	ERROR [%]	ERROR [A]	RESULTADO
IA	50	50	51,952	3,904	1,952	Incorrecto
IB	50	50	51,403	2,806	1,403	Incorrecto
IC	50	50	51,770	3,540	1,77	Incorrecto

Por medio de inyecciones primarias en el equipo de protección, se consideran incorrectos los valores primarios de corrientes en las fases A, B y C, en base al rango de tolerancia indicado por el fabricante [Imagen 20]. Se debe verificar el estado general del relé y/o interruptor del paño.

## 7.2. PRUEBAS FUNCIONALES

En esta etapa de la auditoría se realizan inyecciones de corriente secundaria para todas las protecciones de los paños. Se recibe la señal de TRIP de cada equipo de protección en la respectiva maleta de inyección utilizada.

A continuación, se muestran las tolerancias de los tiempos de actuación de las distintas protecciones de la subestación Placilla:

Curves 133 & 104: Average response time for one operation; variations  $\pm 10\%$  or  $\pm 0.008$  second, whichever is greater  
Tests conducted at 25 C  
Curves 120 & 134: Average response time for one operation; variations  $\pm 10\%$

*Imagen 30: Porcentaje de error curvas Kyle 133 y 134 para equipo COOPER FORM 5*

Curves 115 & 132: Average response time for one operation, variations  $\pm 10\%$  or  $\pm 0.008$  second, whichever is greater  
Curves 120 & 134: Average response time for one operation; variations  $\pm 10\%$

*Imagen 31: Porcentaje de error curvas Kyle 132 y 134 para equipo COOPER FORM 6*

### 7.2.1. Paño C1 – Relé COOPER FORM 5

Se observa que los ajustes extraídos del relé con respecto a los ajustes del ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia revisado”, no menciona ajustes de la función de sobrecorriente instantánea de fase, posee distinto los ajustes de las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual, y la reconexión, además ECAP menciona ajuste alternativo para la función de sobrecorriente de tiempo inverso de fase con un pickup distinto al del grupo normal, mientras que no está configurado grupo alternativo en la protección, ya que es igual al normal, por lo tanto, está incumpliendo el artículo 8-22 de la NTSyCS, además dicho ECAP no se encuentra adjunto en plataforma de infotécnica, incumpliendo con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.

#### **INYECCIÓN SECUNDARIA:**

En esta sección se realizan inyecciones mediante la maleta COOPER TYPE MET, conectándose directamente al equipo COOPER FORM 5, a través del cable de control de la protección, facilitando la intervención en el equipo. Luego se calibra la maleta en puntos de corriente, para posteriormente encenderla en el modo de prueba, en donde la maleta es detenida al recibir la señal de TRIP del relé y registrando el respectivo tiempo de disparo. Se evalúan todas las curvas a partir del 105% del pickup (1,05 veces I. pick up), hasta el mayor punto posible debido a las limitaciones del inyector utilizado (3 [A]).

En cada prueba, se califican como correctos si los tiempos de actuación de dicha función se encuentran dentro del rango de tolerancia que especifica el fabricante del equipo de protección [Imagen 30] y de inyección [Imagen 21].

*Tabla 23: Resumen estado de pruebas Paño C1*

EQUIPO	FUNCIÓN	ESTADO DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN
COOPER FORM 5, GRUPO NORMAL	51	Correcta	No se emiten observaciones.
	51N	Correcta	No se emiten observaciones.
	SEF	Incorrecto	Función no actúa, sobrepasando el tiempo nominal.
	50	Correcta	No se emiten observaciones.
	79	Correcta	No se emiten observaciones.
COOPER FORM 5, GRUPO ALTERNATIVO	SEF	Correcta	A modo de prueba, se habilita de forma momentánea la función en el grupo alternativo, y esta actúa de forma correcta (una vez finalizada la auditoría, se deshabilita la función volviendo al estado en el cual fue encontrado).

Para más detalle sobre las pruebas funcionales asociadas al paño C1 en la carpeta ANEXOS, dirigirse a los documentos adjuntos en la carpeta PRUEBAS FUNCIONALES “ANEXO 1 – PAÑO C1 – COOPER FORM 5” del siguiente enlace:

<https://reliableenergy.box.com/s/mzzgsz9yx2nlgg5i3p32kxf7nxinz8qy>

## 7.2.2. Paño C2 – Relé COOPER FORM 6

Se observa que los ajustes extraídos del relé con respecto a los ajustes del ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”, no menciona ajustes de la función de sobrecorriente instantánea de fase; posee distinto los ajustes de las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual, y función de reconexión. Además, el ECAP menciona ajuste alternativo para la función de sobrecorriente de tiempo inverso de fase con un pickup distinto al del grupo normal, mientras que no está configurado el grupo alternativo en la protección, ya que es igual al normal, por lo tanto, está incumpliendo el artículo 8-22 de la NTSyCS, además, dicho ECAP no se encuentra adjunto en plataforma de infotécnica, incumpliendo con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.

### **INYECCIÓN SECUNDARIA:**

En esta sección se realizan inyecciones mediante la maleta COOPER TYPE MET, conectándose directamente al equipo COOPER FORM 6, a través del cable de control de la protección, facilitando la intervención en el equipo. Luego se calibra la maleta en puntos de corriente, para posteriormente encenderla en el modo de prueba, en donde la maleta es detenida al recibir la señal de TRIP del relé y registrando el respectivo tiempo de disparo. Se evalúan todas las curvas a partir del 105% del pickup (1,05 veces I. pick up), hasta el mayor punto posible debido a las limitaciones del inyector utilizado (3 [A]).

En cada prueba, se califican como correctos si los tiempos de actuación de dicha función se encuentran dentro del rango de tolerancia que especifica el fabricante del equipo de protección [Imagen 31] y de inyección [Imagen 21].

*Tabla 24: Resumen estado de pruebas Paño C2*

EQUIPO	FUNCIÓN	ESTADO DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN
COOPER FORM 6, GRUPO NORMAL	51	Correcta	No se emiten observaciones.
	51N	Correcta	No se emiten observaciones.
	50	Correcta	No se emiten observaciones.
	SEF	Correcta	No se emiten observaciones.
	79	Correcta	No se emiten observaciones.

Para más detalle sobre las pruebas funcionales asociadas al paño C2 en la carpeta ANEXOS, dirigirse a los documentos adjuntos en la carpeta PRUEBAS FUNCIONALES “ANEXO 2 – PAÑO C2 – COOPER FORM 6” del siguiente enlace:

<https://reliableenergy.box.com/s/mzzgsz9yx2nlgg5i3p32kxf7nxinz8qy>

### 7.2.3. Paño CT – Relé COOPER FORM 6

Se observa que los ajustes extraídos del relé con respecto a los ajustes del ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”, no menciona los time dial de las funciones de sobrecorriente de tiempo inverso de fase y residual, por lo que se está incumpliendo el artículo 8-22 de la NTSyCS, asimismo, el ECAP no se encuentra adjunto en plataforma de infotécnica, incumpliendo con el artículo 24-10.7 del anexo técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.

Se debe destacar que dicha subestación no posee protección asociada a la función diferencial, ya que, según topología de esta, en el lado de AT posee solo fusibles como medida de protección.

#### **INYECCIÓN SECUNDARIA:**

En esta sección se realizan inyecciones mediante la maleta COOPER TYPE MET, conectándose directamente al equipo COOPER FORM 6, a través del cable de control de la protección, facilitando la intervención en el equipo. Luego se calibra la maleta en puntos de corriente, para posteriormente encenderla en el modo de prueba, en donde la maleta es detenida al recibir la señal de TRIP del relé y registrando el respectivo tiempo de disparo. Se evalúan todas las curvas a partir del 105% del pickup (1,05 veces I. pick up), hasta el mayor punto posible debido a las limitaciones del inyector utilizado (3 [A]).

En cada prueba, se califican como correctos si los tiempos de actuación de dicha función se encuentran dentro del rango de tolerancia que especifica el fabricante del equipo de protección [Imagen 31] y de inyección [Imagen 21].

*Tabla 25: Resumen estado de pruebas paño CT*

EQUIPO	FUNCIÓN	ESTADO DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN
COOPER FORM 6, GRUPO NORMAL	51	Correcta	No se emiten observaciones.
	51N	Correcta	No se emiten observaciones.

Para más detalle sobre las pruebas funcionales asociadas al paño CT en la carpeta ANEXOS, dirigirse a los documentos adjuntos en la carpeta PRUEBAS FUNCIONALES “ANEXO 3 – PAÑO CT – COOPER FORM 6” del siguiente enlace:

<https://reliableenergy.box.com/s/mzzgsz9yx2nlgg5i3p32kxf7nxinz8qy>

### 7.3. DISPAROS EFECTIVOS

Para garantizar la apertura del interruptor ante la detección de una falla por parte de la protección del paño correspondiente, se efectúan las pruebas de disparos efectivos sobre los interruptores 52C1, 52C2 y 52CT. A continuación, se muestra los resultados por paño y la metodología empleada.

#### 7.3.1. Paño C1 – Relé COOPER FORM 5

Para verificar la correcta apertura del interruptor 52C1, se realiza una verificación de las vías de disparo por medio de inyección primaria de corriente, se utiliza un inyector por inducción SMC RAPTOR, el cual permite alcanzar corrientes altas, de esta forma el inyector conectado a una fase, el interruptor se cierra de manera manual (ya que no hay tensión de barra), solo se realizan 2 puntos de disparo por fase sobre la curva de protección de sobrecorriente de tiempo inverso residual del grupo normal. El primer punto se ajusta la corriente al 150% del pickup (1.5 veces I pickup) y el segundo al 250% (2.5 veces I pickup), una vez ajustado, se enciende el inyector, el cual mantiene la corriente y comienza un conteo hasta que detecta que el circuito se ha abierto cuando el interruptor actúa, en ese momento detiene la inyección y el tiempo.

El interruptor 52C1 posee una sola bobina de apertura, y por lo tanto una sola vía de disparo.

#### **INYECCIÓN PRIMARIA:**

Los disparos realizados se hicieron sobre la curva de protección de sobrecorriente de tiempo inverso residual del grupo normal. Los valores de corriente, tiempo nominal (correspondiente al tiempo de operación de la protección) y tiempo real de apertura obtenido por fase son mostrados en la siguiente tabla:

*Tabla 26: Tiempo de actuación mediante inyecciones primarias para el paño C1*

VECES I PICK-UP	MAGNITUD (A. PRIMARIOS)	T. NOMINAL (SEG)	T. FASE A (SEG)	T. FASE B (SEG)	T. FASE C (SEG)	RESULTADO
1,500	90	4,727	5,298	5,284	5,291	Correcto
2,500	150	1,521	1,801	1,873	1,877	Correcto

Con el interruptor cerrado, se inyectaron las corrientes de falla mostradas en la tabla, logrando un disparo efectivo sobre el interruptor, en donde se verificó la correcta apertura del interruptor. Cabe destacar que los tiempos obtenidos corresponden al tiempo de apertura del interruptor (tiempo de operación de protección + tiempo real de apertura). Si bien el tiempo medido incluye el tiempo real de apertura del interruptor, el tiempo nominal que muestra la tercera columna de la tabla solo corresponde al tiempo de operación de la protección. Dada la variación de los tiempos de operación observados para cada nivel de corriente respecto del tiempo nominal, no es posible interpretar que la diferencia corresponda al tiempo real de apertura del interruptor.

### 7.3.2. Paño C2 – Relé COOPER FORM 6

Para verificar la correcta apertura del interruptor 52C2, se realiza una verificación de las vías de disparo por medio de inyección primaria de corriente, se utiliza un inyector por inducción SMC RAPTOR, el cual permite alcanzar corrientes altas, de esta forma el inyector conectado a una fase, el interruptor se cierra de manera manual (ya que no hay tensión de barra), solo se realizan 2 puntos de disparo por fase sobre la curva de protección de sobrecorriente de tiempo inverso residual del grupo normal. El primer punto se ajusta la corriente al 200% del pickup (2 veces I pickup) y el segundo al 300% (3 veces I pickup), una vez ajustado, se enciende el inyector, el cual mantiene la corriente y comienza un conteo hasta que detecta que el circuito se ha abierto cuando el interruptor actúa, en ese momento detiene la inyección y el tiempo.

El interruptor 52C2 posee una sola bobina de apertura, y por lo tanto una sola vía de disparo.

#### **INYECCIÓN PRIMARIA:**

Los disparos realizados se hicieron sobre la curva de protección de sobrecorriente de tiempo inverso residual del grupo normal. Los valores de corriente, tiempo nominal (correspondiente al tiempo de operación de la protección) y tiempo real de apertura obtenido por fase son mostrados en la siguiente tabla:

*Tabla 27: Tiempo de actuación mediante inyecciones primarias para el paño C2*

VECES I PICK-UP	MAGNITUD (A. PRIMARIOS)	T. NOMINAL (SEG)	T. FASE A (SEG)	T. FASE B (SEG)	T. FASE C (SEG)	RESULTADO
2,000	120	2,942	3,426	3,417	3,426	Correcto
3,000	180	1,334	1,876	1,864	1,862	Correcto

Con el interruptor cerrado, se inyectaron las corrientes de falla mostradas en la tabla, logrando un disparo efectivo sobre el interruptor, en donde se verificó la correcta apertura del interruptor. Cabe destacar que los tiempos obtenidos corresponden al tiempo de apertura del interruptor (tiempo de operación de protección + tiempo real de apertura). Si bien el tiempo medido incluye el tiempo real de apertura del interruptor, el tiempo nominal que muestra la tercera columna de la tabla solo corresponde al tiempo de operación de la protección. Dada la variación de los tiempos de operación observados para cada nivel de corriente respecto del tiempo nominal, no es posible interpretar que la diferencia corresponda al tiempo real de apertura del interruptor.

### 7.3.3. Paño CT – Relé COOPER FORM 6

Para verificar la correcta apertura del interruptor 52CT, se realiza una verificación de las vías de disparo por medio de inyección primaria de corriente, se utiliza un inyector por inducción SMC RAPTOR, el cual permite alcanzar corrientes altas, de esta forma el inyector conectado a una fase, el interruptor se cierra de manera manual (ya que no hay tensión de barra), solo se realiza 1 punto de disparo por fase sobre la curva de protección de sobrecorriente de tiempo inverso residual del grupo normal, al cual se le ajusta la corriente al 105% del pickup (1.05 veces I pickup), una vez ajustado se enciende el inyector, el cual mantiene la corriente y comienza un conteo hasta que detecta que el circuito se ha abierto cuando el interruptor actúa, en ese momento detiene la inyección y el tiempo.

El interruptor 52CT posee una sola bobina de apertura, y por lo tanto una sola vía de disparo.

#### **INYECCIÓN PRIMARIA:**

El disparo realizado se hizo sobre la curva de protección de sobrecorriente de tiempo inverso residual del grupo normal. El valor de corriente, tiempo nominal (correspondiente al tiempo de operación de la protección) y tiempo real de apertura obtenido por fase son mostrados en la siguiente tabla:

*Tabla 28: Tiempo de actuación mediante inyecciones primarias para el paño CT*

VECES IPICK-UP	MAGNITUD (A. PRIMARIOS)	T. NOMINAL (SEG)	T. FASE A (SEG)	T. FASE B (SEG)	T. FASE C (SEG)	RESULTADO
1,050	69	24,150	23,322	22,029	21,754	Correcto

Con el interruptor cerrado, se inyectaron las corrientes de falla mostradas en la tabla, logrando un disparo efectivo sobre el interruptor, en donde se verificó la correcta apertura del interruptor. Cabe destacar que los tiempos obtenidos corresponden al tiempo de apertura del interruptor (tiempo de operación de protección + tiempo real de apertura). Si bien el tiempo medido incluye el tiempo real de apertura del interruptor, el tiempo nominal que muestra la tercera columna de la tabla solo corresponde al tiempo de operación de la protección. Dada la variación de los tiempos de operación observados para cada nivel de corriente respecto del tiempo nominal, no es posible interpretar que la diferencia corresponda al tiempo real de apertura del interruptor.

## 8. REVISIÓN DE COORDINACIÓN Y AJUSTES DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS

El presente reporte de revisión tiene como objetivo verificar la coordinación de los ajustes existentes en las protecciones asociadas al Transformador 66/14,4 [kV] 10 [MVA] (CT), Alimentadores C1, C2 en 13,2 [Kv] de la S/E Placilla, de acuerdo con las exigencias indicadas en la NTSyCS.

### 8.1. CONDICIONES GENERALES

#### 8.1.1. Base de datos

Para la modelación del sistema se utiliza la base de datos en formato DIgSILENT PF publicada en el mes de febrero de 2023 en el sitio web del Coordinador Eléctrico Nacional, la cual se utiliza para modelar la zona de influencia.

#### 8.1.2. Proyección

En la base de datos se ha actualizado la modelación de parámetros de líneas de transmisión y transformadores de la zona de estudio, en base a la información disponible en INFOTÉCNICA y la proporcionada por CGE Transmisión S.A. Por último, la base de datos ha sido proyectada a finales de marzo de 2023 de acuerdo con el *Catastro de proyectos de generación y transmisión*.

#### 8.1.3. Condición de evaluación

Para verificar el comportamiento de las protecciones, se considera el escenario de demanda alta, determinado por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) en la base de datos DIgSILENT. La simulación de corrientes de cortocircuito se realiza mediante el método IEC 60909 considerando falla trifásica (3F), bifásica aislada (2F), bifásica a tierra sin resistencia (2FT), monofásica sin resistencia (1FT-0), monofásica a tierra con resistencia de falla de 25 Ohm (1FT-25) y monofásica a tierra con resistencia de falla de 50 Ohm (1FT-50). Los cálculos se realizan con la topología normal de operación de la Subestación (La S/E Placilla es suministrada desde la S/E San Fernando y la línea Placilla-Nancagua 66kV abierta). Cabe mencionar que la topología de operación normal se mantiene sin cambios, a menos que por emergencia u mantenimiento esta se deba modificar brevemente.

### 8.1.4. Diagrama Unilineal

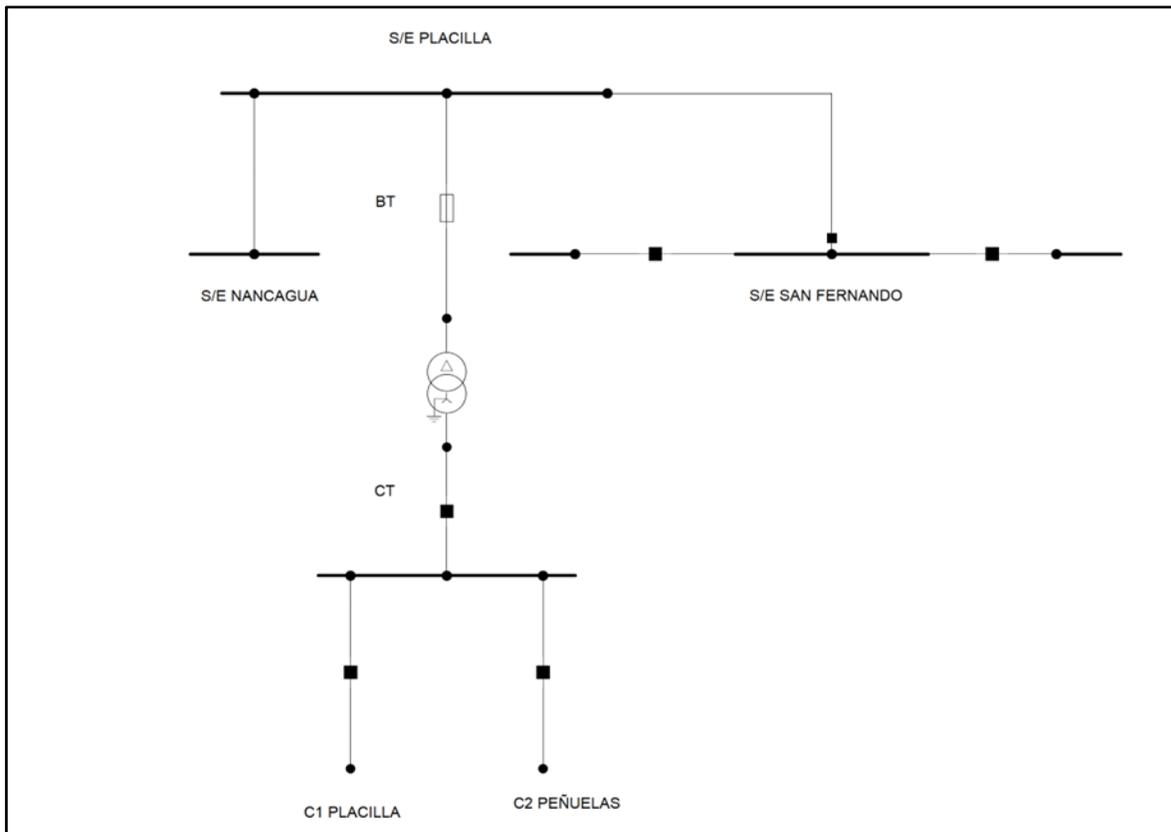


Imagen 32: Diagrama Unilineal de la S/E Placilla

## 8.2. TRANSFORMADOR N°1 (BT)

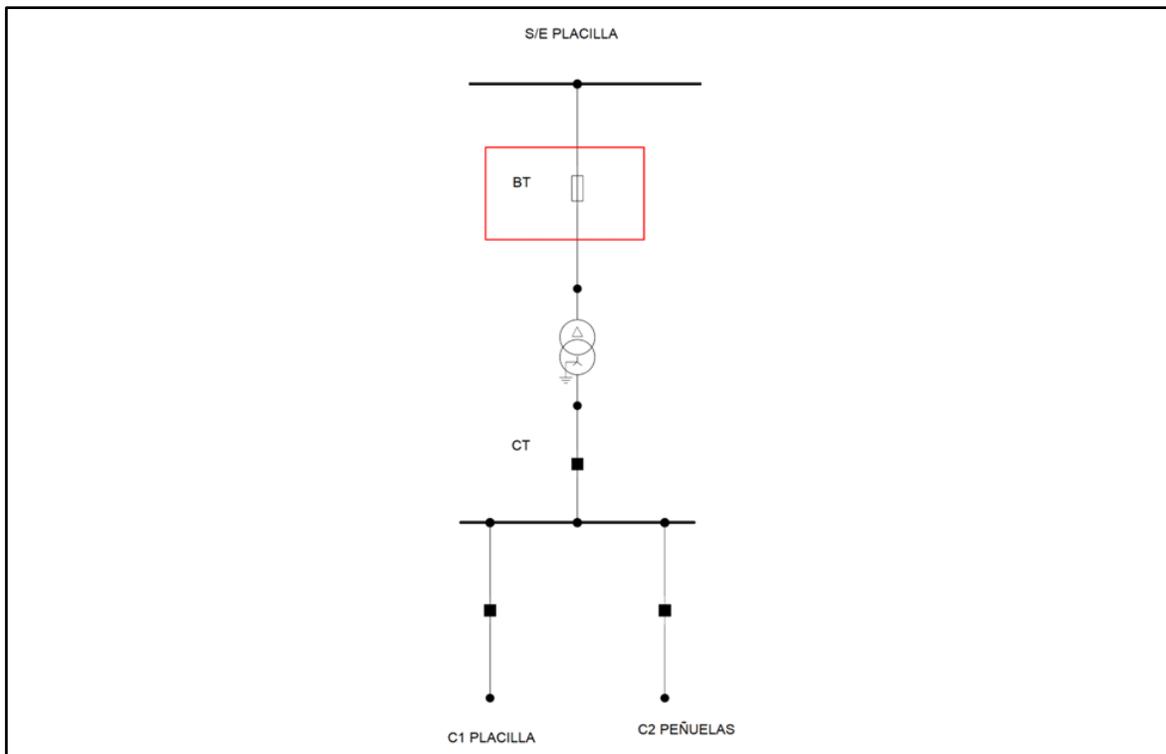


Imagen 33: Diagrama Unilineal S/E Placilla – BT

### 8.2.1. Ajustes existentes

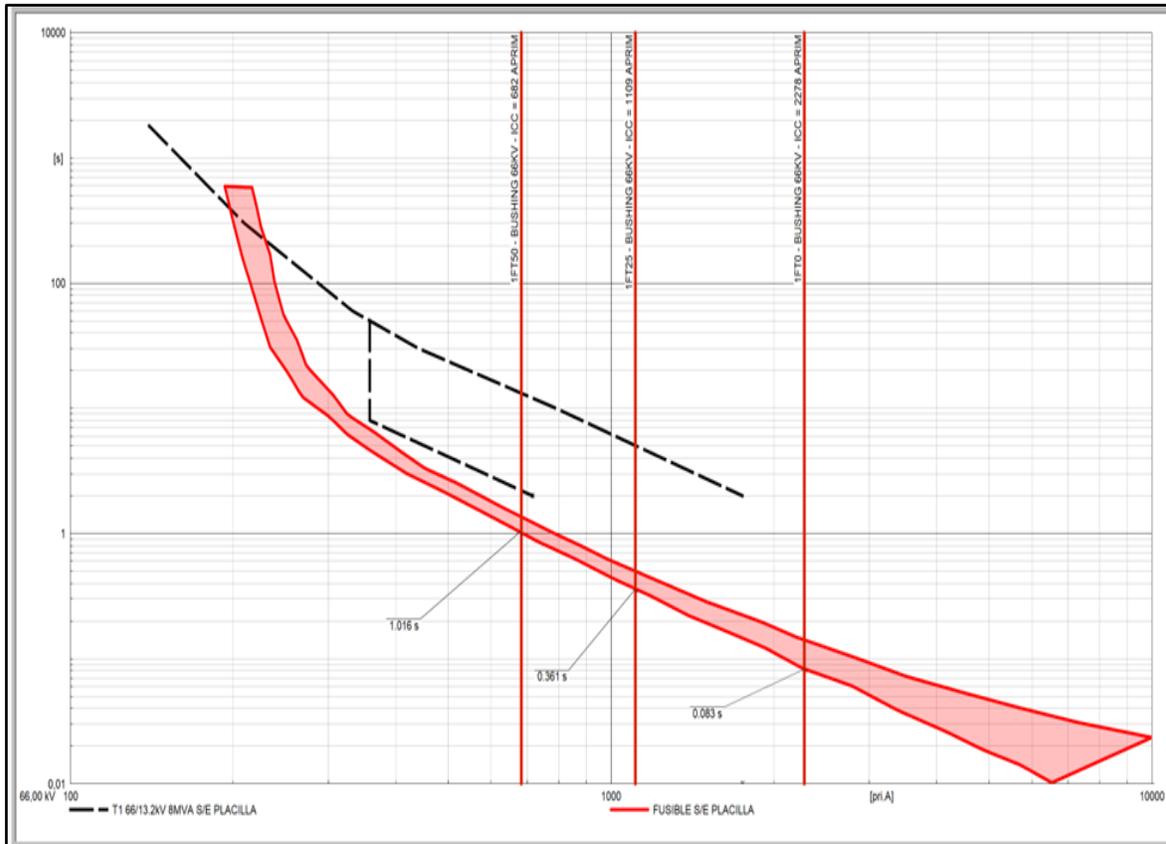
Tabla 29: S/E Placilla: Ajustes Transformador N°1 – BT

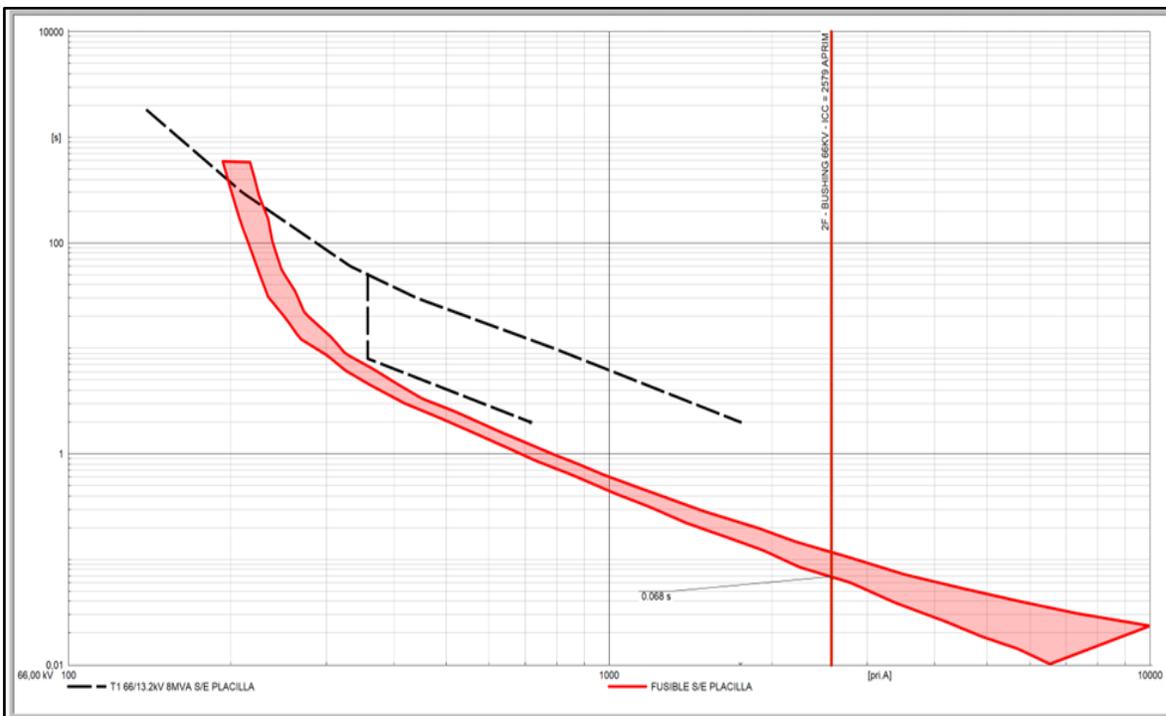
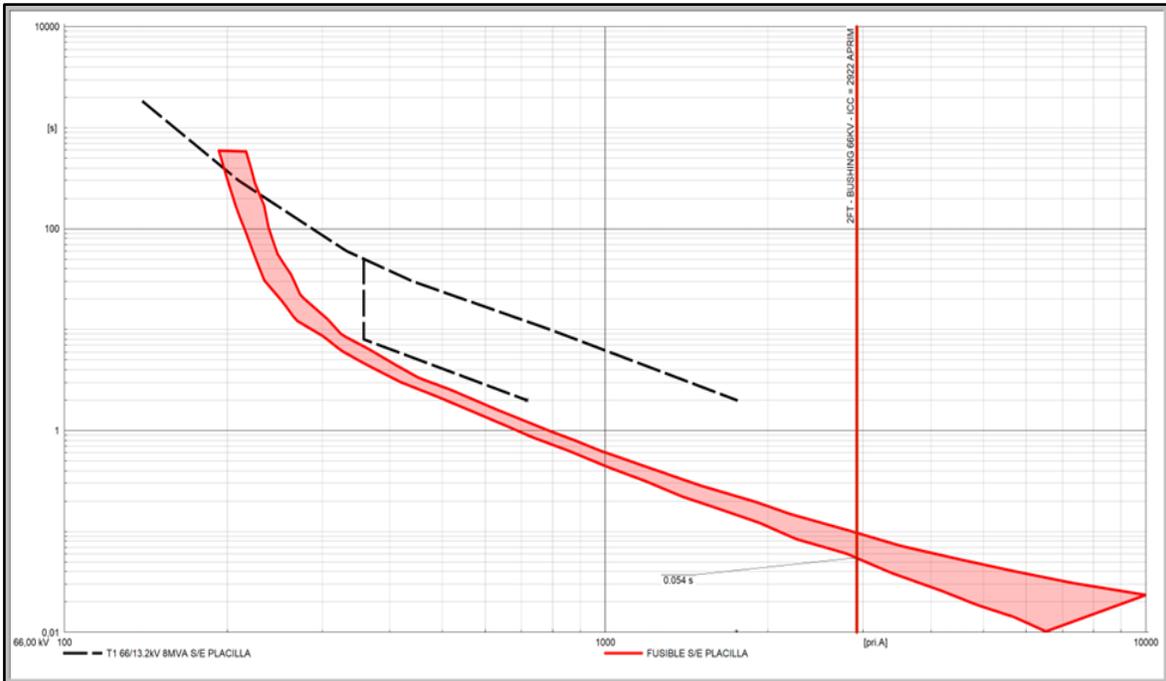
PARÁMETRO	BT
Fusible	S&C SMD-1A Slow 60E-69kV

El paño de BT está protegido contra sobrecorriente mediante un fusible. Aunque no se realizó una auditoría directa del fusible, se obtuvo su curva de operación a partir del ECAP titulado “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”.

## 8.2.2. Gráficos

Las simulaciones de cortocircuito ante distintos tipos de fallas en el bushing de 66kV de la S/E Placilla son presentadas a continuación. Las gráficas presentan las curvas de sobrecorriente del paño BT, expresadas en amperios primarios.





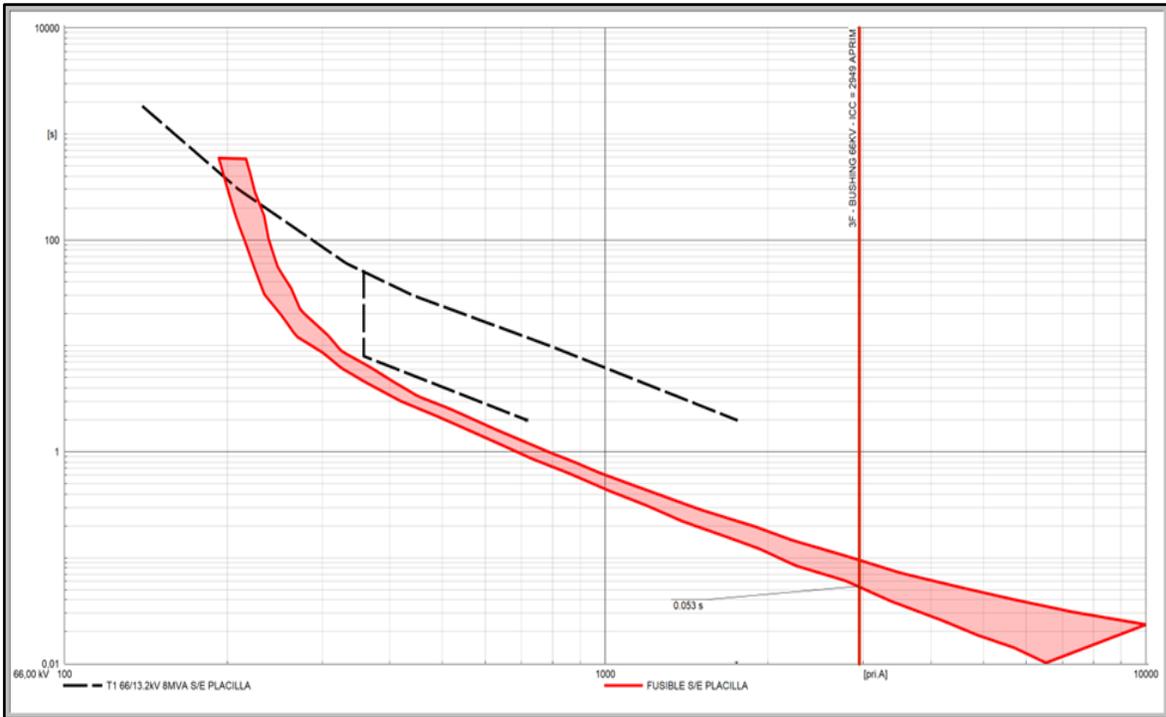


Imagen 34: Celda BT. Función 51. Fallas 1FT-0-25-50 Ohm, 2FT, 2F, 3F

### 8.2.3. Coordinación de protecciones

El tiempo de operación (TOP) que existe en la celda analizada se especifica mediante la siguiente tabla.

*Tabla 30: Tiempos de operación de la Celda BT*

Elemento en falla	Tipo de falla	Subestación	Paño	TOP [s]
S/E Placilla: Bushing 66 kV	1FT-50	Placilla	BT	1,016
	1FT-25	Placilla	BT	0,361
	1FT-0	Placilla	BT	0,083
	2FT	Placilla	BT	0,054
	2F	Placilla	BT	0,068
	3F	Placilla	BT	0,053
Elemento en falla	Tipo de falla	Subestación	Paño	TOP [s]
S/E Placilla: Bushing 13,2kV (*)	1FT-50	Placilla	BT	-
	1FT-25	Placilla	BT	-
	1FT-0	Placilla	BT	5,317
	2FT	Placilla	BT	1,391
	2F	Placilla	BT	1,391
	3F	Placilla	BT	1,396

**Nota 1:** Se considera el menor tiempo de operación de las funciones de protección asociada a la celda ante el tipo de falla indicado.

**Nota (\*):** Es posible verificar el tiempo de operación de la protección de la celda bajo análisis en el bushing de baja tensión del transformador en el punto siguiente, ya que se evalúa la coordinación entre las celdas de alta y baja tensión del transformador.

## 8.2.4. Observaciones

### 8.2.4.1. Observación N°1

El equipo de protección se modela según los ajustes obtenidos del ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado”.

## 8.2.5. Conclusiones

El presente reporte de revisión de ajustes ha tenido por finalidad verificar el comportamiento de las protecciones eléctricas asociadas al paño BT de la S/E Placilla. La verificación se ha realizado mediante la modelación de las funciones de protección en la base de datos DlgSILENT considerando los ajustes actuales. Con lo anterior, se han simulado diferentes tipos de fallas eléctricas mediante el método IEC 60909 2001 en los bushings de 66 kV de la S/E Placilla.

Se observa que el tiempo de despeje de las protecciones de sobrecorriente del paño BT ante fallas en el devanado de 13,2 kV no cumple con lo establecido en el Artículo 5-40, literal b), de la NTSyCS (2019). No obstante, dado que se trata de un transformador cuyo lado de mayor tensión es inferior a 100 kV y cuya potencia máxima es menor a 12 MVA, conforme al Artículo 3-24, literal c), no es obligatoria la instalación de una protección diferencial de transformador ni la implementación de un esquema de protección propio con otras características de operación.

### 8.3. Transformador N°1 (CT)

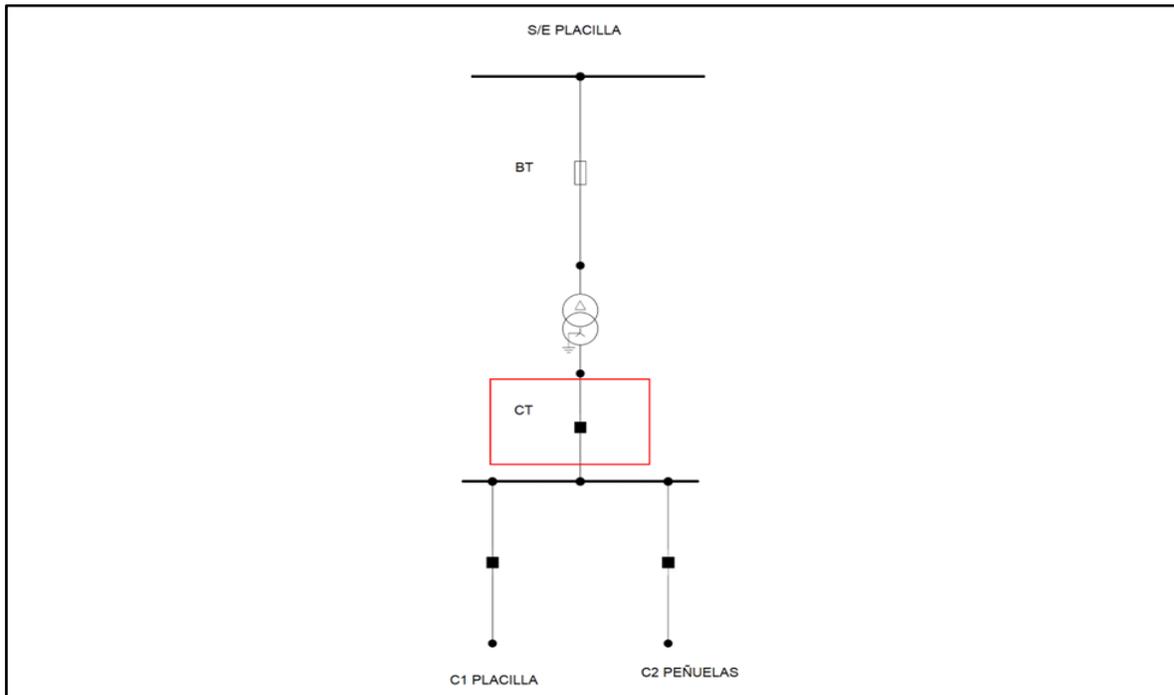


Imagen 35: Diagrama Unilineal S/E Placilla – CT

### 8.3.1. Ajustes existentes

Tabla 31: S/E Placilla: Ajustes Transformador N°1 – BT

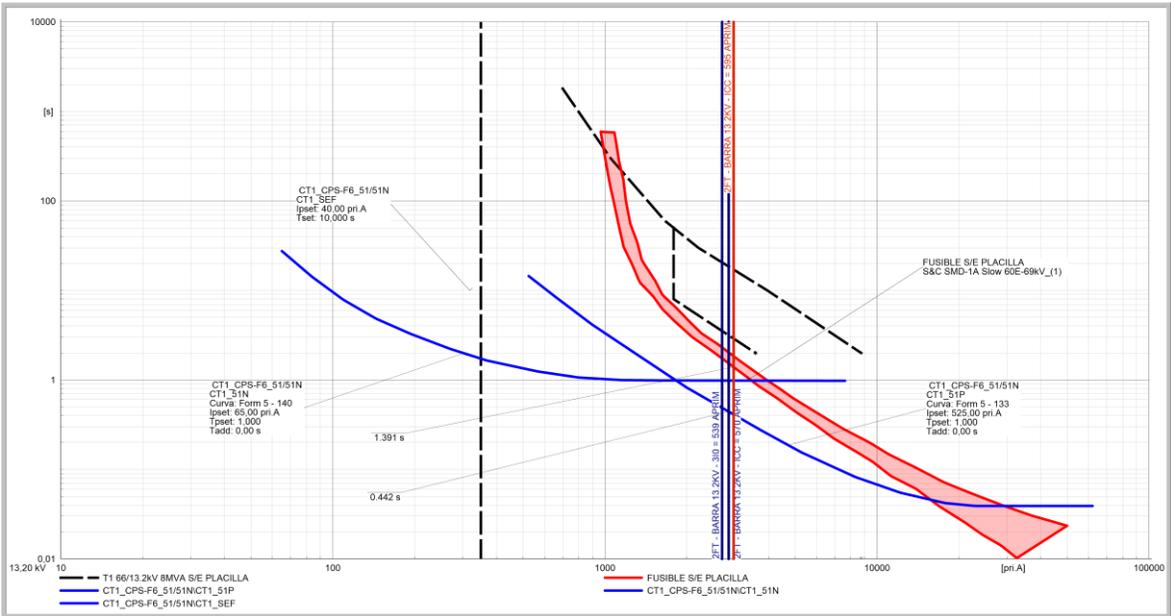
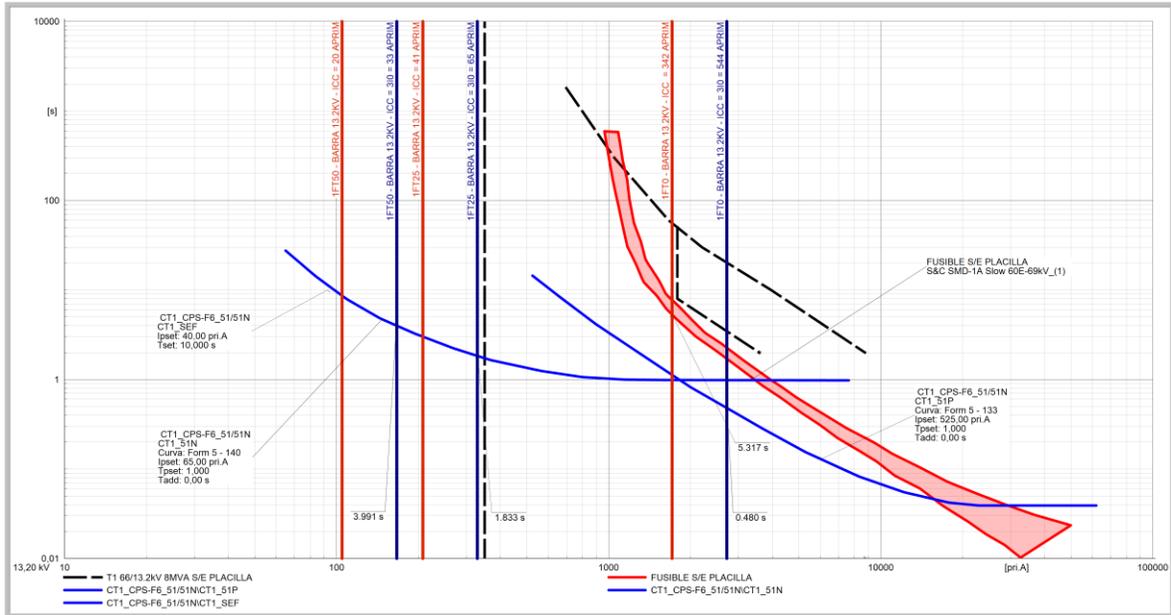
PARÁMETRO	BT
Fusible	S&C SMD-1A Slow 60E-69kV

Tabla 32: S/E Placilla: Ajustes Transformador N°1 – CT

PARÁMETRO	CT
Relé	CPS F6
TTCC	1000/1 A
<b>Sobrecorriente de fase</b>	
Pickup	525,00 Aprim
Curve	133
Lever	1,00
Dirección	Adireccional
<b>Sobrecorriente residual</b>	
Pickup	65,00 Aprim
Curve	140
Lever	1,00
Dirección	Adireccional

### 8.3.2. Gráficos

Las simulaciones de cortocircuito ante distintos tipos de fallas en la Barra de 13,2 kV de la Subestación Placilla son presentadas a continuación. Las gráficas presentan las curvas de sobrecorriente del paño BT y celda CT, expresadas en amperios primarios.



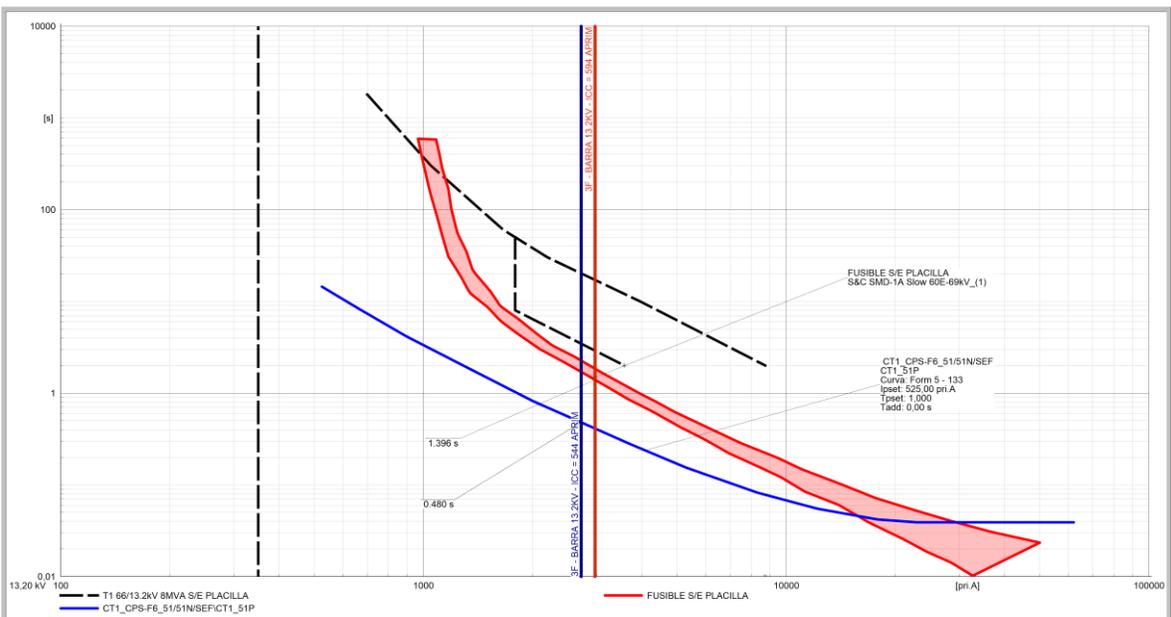
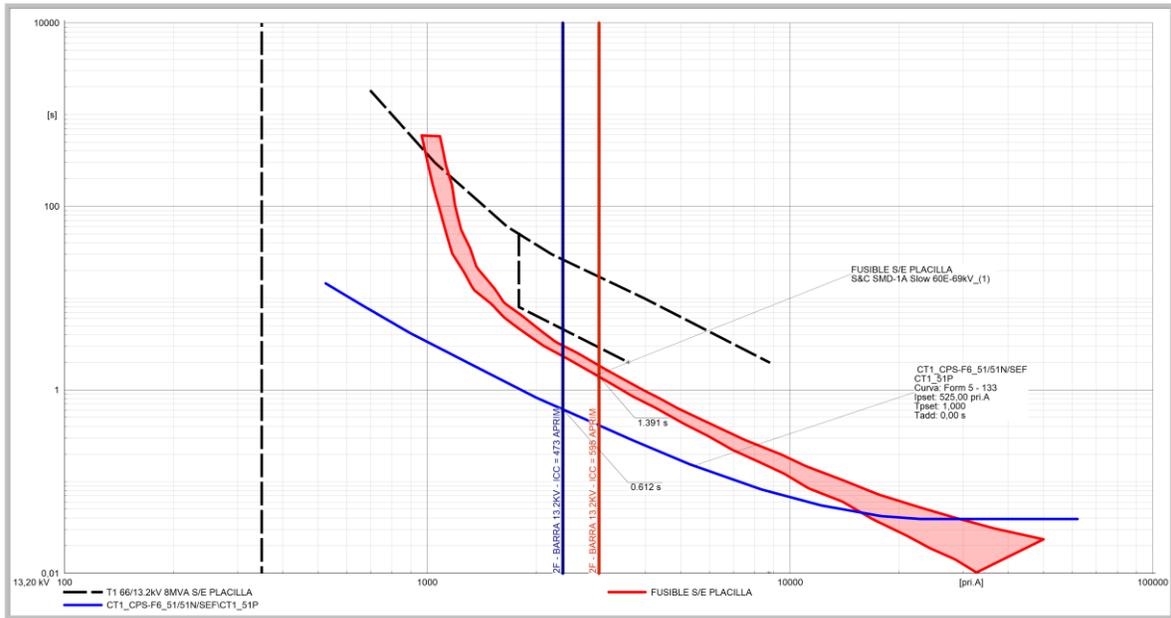


Imagen 36: Celda CT. Función 51/51N/SEF. Fallas 1FT-0-25-50 Ohm, 2FT, 2F y 3F. REF: 13,2kV

### 8.3.3. Coordinación de Protecciones

El tiempo de operación (TOP) y tiempo de paso (TDP) que existe entre los paños analizados se especifica mediante la siguiente tabla.

*Tabla 33: Tiempos de operación de protecciones*

Elemento en falla	Tipo de falla	Subestación	Paño	TOP [s]	Subestación	Celda	TOP [s]	$\Delta$ TDP [s]
S/E Placilla: Barra 13,2kV	1FT-50	Placilla	BT	-	Placilla	CT	3,991	-
	1FT-25	Placilla	BT	-	Placilla	CT	1,833	-
	1FT-0	Placilla	BT	5,317	Placilla	CT	0,480	4,837
	2FT	Placilla	BT	1,391	Placilla	CT	0,442	0,949
	2F	Placilla	BT	1,391	Placilla	CT	0,612	0,779
	3F	Placilla	BT	1,396	Placilla	CT	0,480	0,916

**Nota 1: Se considera el menor tiempo de operación de las funciones de protección asociada a la celda ante el tipo de falla indicado.**

### 8.3.4. Observaciones

#### 8.3.4.1. Observación N°1

El equipo de protección se modela según los ajustes obtenidos durante la auditoría del relé. Por lo tanto, la simulación de fallas se realiza con los ajustes actuales, correspondientes al grupo utilizado durante la operación normal de la subestación.

### 8.3.5. Conclusiones

El presente reporte de revisión de ajustes ha tenido por finalidad verificar el comportamiento de las protecciones eléctricas asociadas a la celda CT de la S/E Placilla. La verificación se ha realizado mediante la modelación de las funciones de protección en la base de datos DIgSILENT considerando los ajustes actuales. Con lo anterior, se han simulado diferentes tipos de fallas eléctricas mediante el método IEC 60909 2001 en la barra de 13,2kV de la S/E Placilla.

Los tiempos de paso de coordinación obtenidos confirman que los ajustes actuales proporcionan una protección adecuada con la selectividad requerida, cumpliendo así con los requisitos establecidos en el Artículo 5-40, literal e), de la NTSyCS para este tipo de instalación.

Se identifica un incumplimiento del Art. 3-24, literal b), numeral III, de la NTSyCS (2019) en la barra de 13,2kV. Aunque la barra no está seccionada, una falla en la misma no se despeja en un tiempo inferior a 20 ciclos (400 ms), como lo exige la normativa. Dado que no se cumple este tiempo de despeje, se recomienda implementar un esquema simple de protección diferencial de barra, tal como establece el artículo.

## 8.4. Alimentador C1

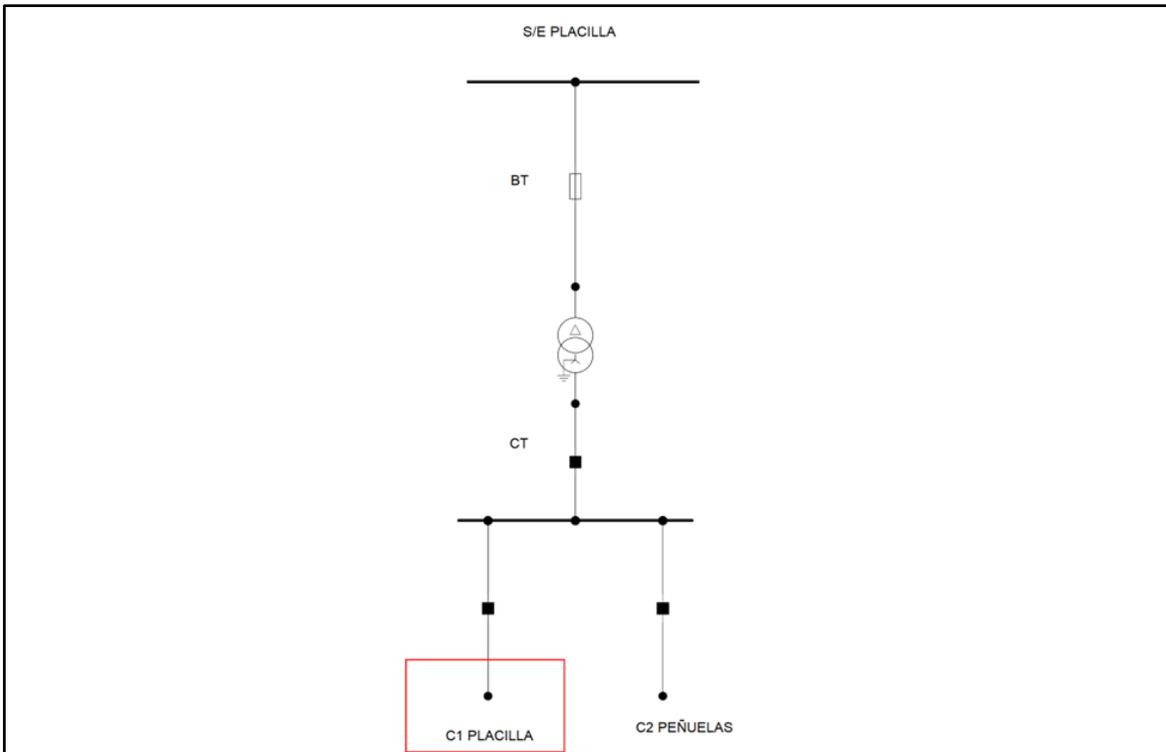


Imagen 37: Diagrama Unilineal S/E Placilla – C1

#### 8.4.1. Ajustes existentes

Tabla 34: S/E Placilla: Ajustes Transformador N°1 – CT

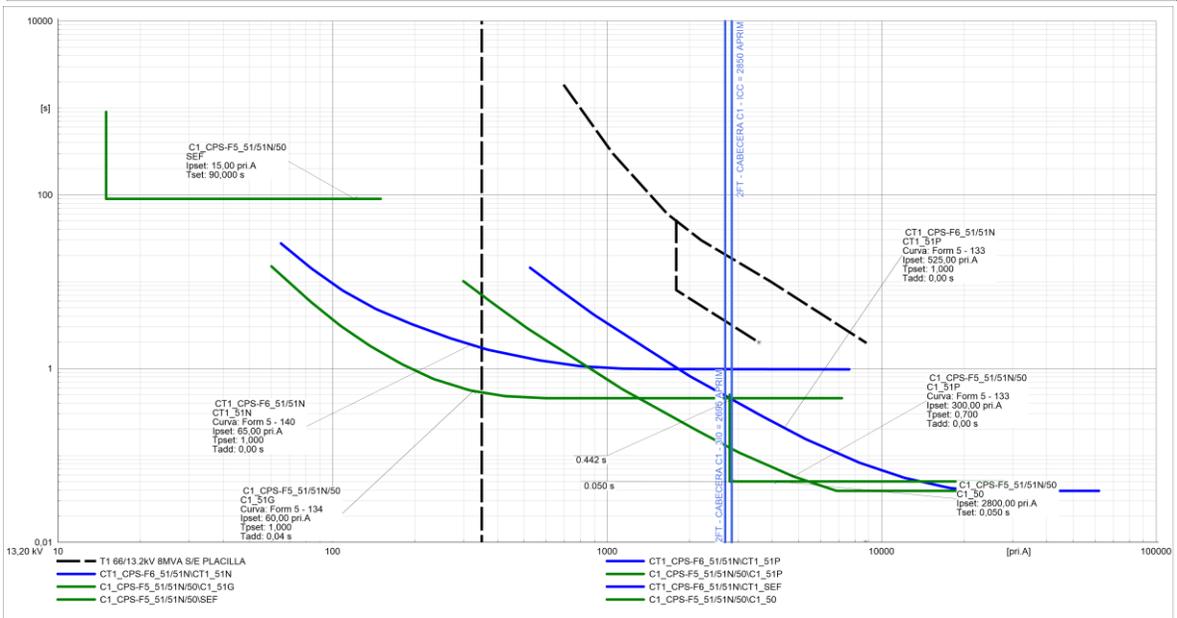
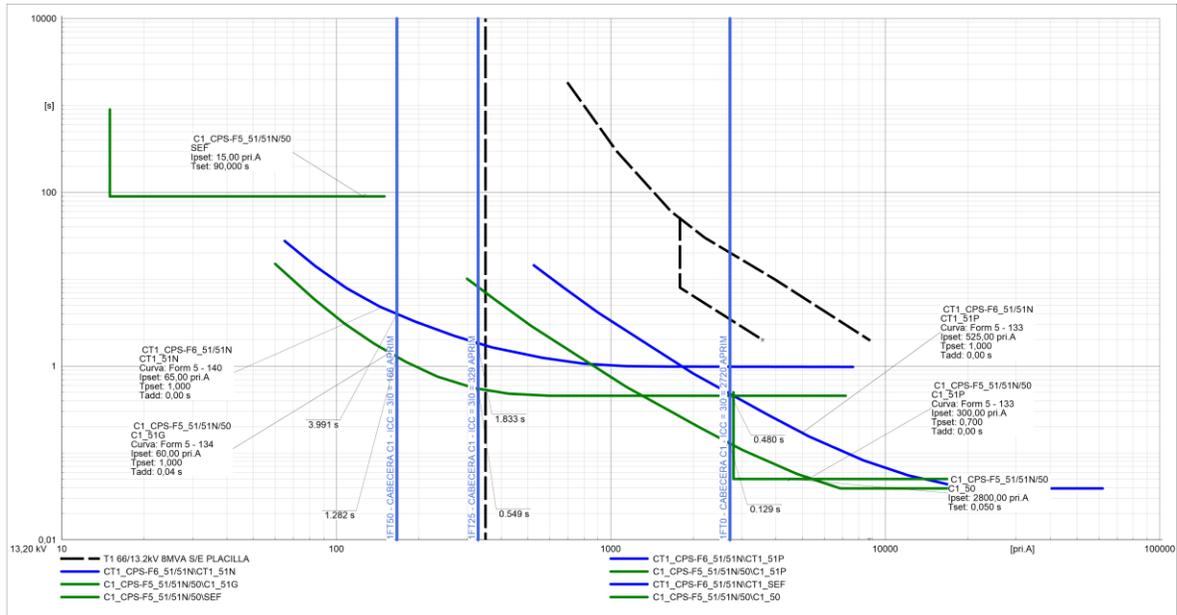
PARÁMETRO	CT
Relé	CPS F6
TTCC	1000/1 A
<b>Sobrecorriente de fase</b>	
Pickup	525,00 Aprim
Curve	133
Lever	1,00
Dirección	Adireccional
<b>Sobrecorriente residual</b>	
Pickup	65,00 Aprim
Curve	140
Lever	1,00
Dirección	Adireccional

Tabla 35: S/E Placilla: Alimentador C1

PARÁMETRO	C1
Relé	CPS F5C
TTCC	1000/1 A
<b>Sobrecorriente de fase</b>	
Pickup	300,00 Aprim
Curva	133
Lever	0,70
Instantánea	2800,00 Aprim
Tiempo operación	0,05 s
Dirección	Adireccional
<b>Sobrecorriente residual</b>	
Pickup	60,00 Aprim
Curva	134
Lever	1,00
Adder	0,04 s
Dirección	Adireccional
<b>SEF</b>	15,00 Aprim 90,00 s
<b>Reconexión</b>	
N° Reconexiones	1
Tiempo reconexión	5 s
Tiempo de reinicio	30 s

## 8.4.2. Gráficos

Las simulaciones de cortocircuito ante distintos tipos de fallas en la cabecera del alimentador son presentadas a continuación. Las gráficas presentan las curvas de sobrecorriente de la celda CT y el alimentador C1, expresadas en amperios primarios.



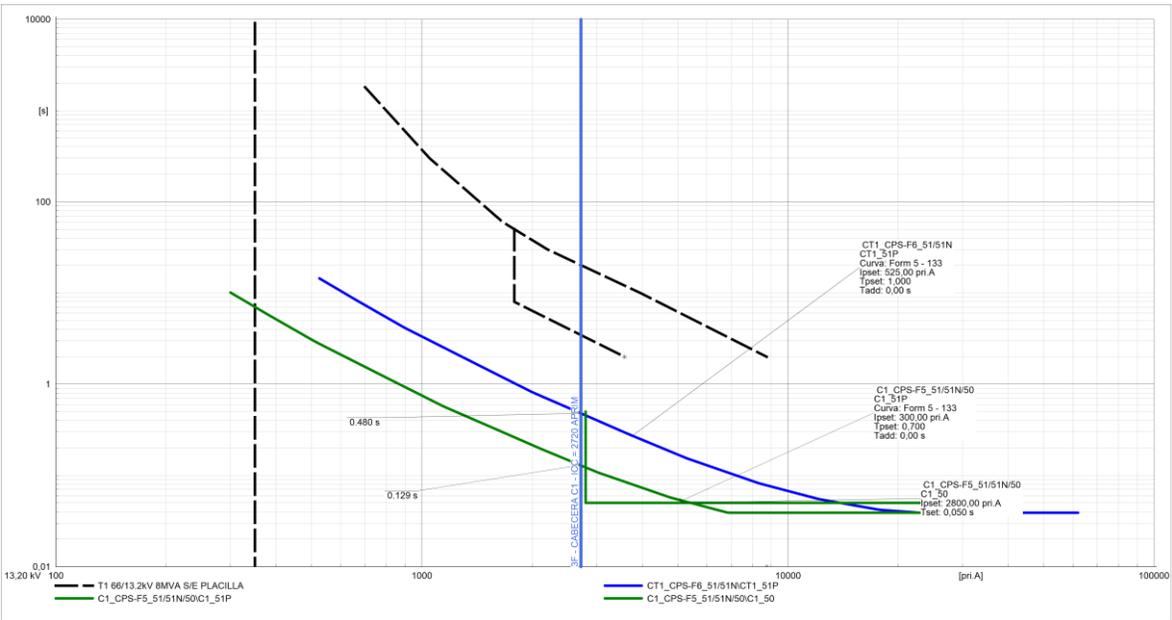
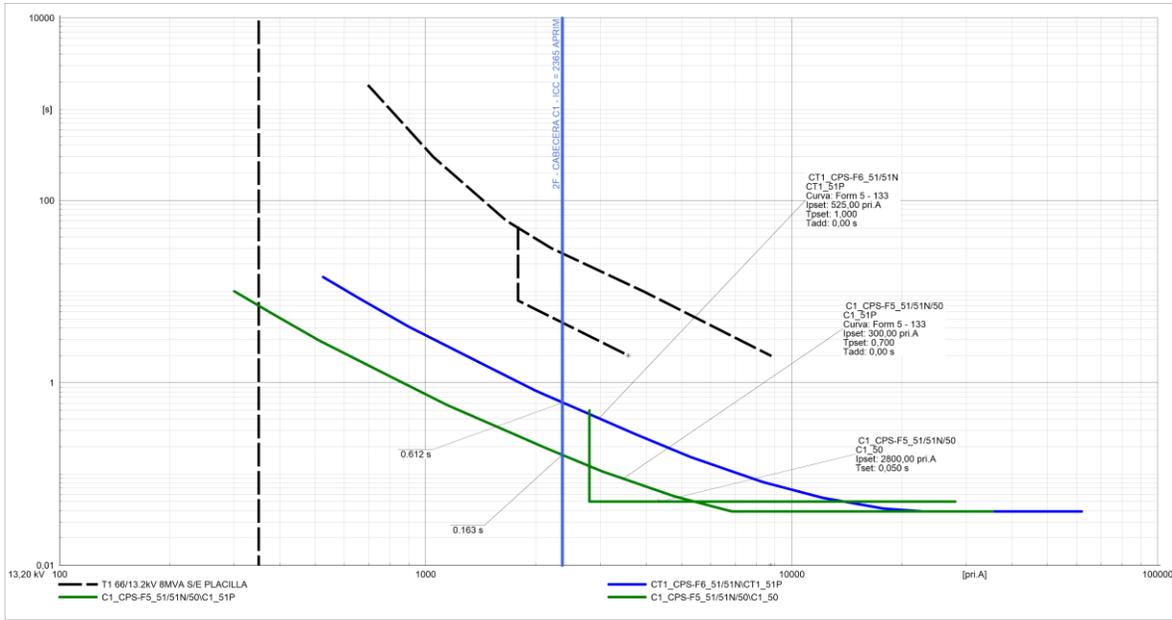


Imagen 38: Alimentador C1. Función 51/51N/50/SEF. Fallas 1FT-0-25-50 ohm, 2FT, 2F y 3F

### 8.4.3. Coordinación de protecciones

El tiempo de operación (TOP) y tiempo de paso (TDP) que existe entre los paños analizados se especifica mediante la siguiente tabla.

*Tabla 36: Tiempos de operación de protecciones*

Elemento en falla	Tipo de falla	Subestación	Celda	TOP [s]	Subestación	Alimentador	TOP [s]	$\Delta$ TDP [s]
S/E Placilla: Cabecera Alimentador C1	1FT-50	Placilla	CT	3,991	Placilla	C1	1,282	2,709
	1FT-25	Placilla	CT	1,833	Placilla	C1	0,549	1,284
	1FT-0	Placilla	CT	0,480	Placilla	C1	0,129	0,351
	2FT	Placilla	CT	0,442	Placilla	C1	0,05	0,392
	2F	Placilla	CT	0,612	Placilla	C1	0,163	0,449
	3F	Placilla	CT	0,480	Placilla	C1	0,129	0,351

**Nota 1: Se considera el menor tiempo de operación de las funciones de protección asociada al alimentador ante el tipo de falla indicado.**

### 8.4.4. Observaciones

#### 8.4.4.1. Observación N°1

El equipo de protección se modela según los ajustes obtenidos durante la auditoría del relé. Por lo tanto, la simulación de fallas se realiza con los ajustes actuales, correspondientes al grupo utilizado durante la operación normal de la subestación.

### 8.4.5. Conclusiones

El presente reporte de revisión de ajustes ha tenido por finalidad verificar el comportamiento de las protecciones eléctricas asociadas al alimentador C1 de la S/E Placilla. La verificación se ha realizado mediante la modelación de las funciones de protección en la base de datos DlgSILENT considerando los ajustes actuales.

Los tiempos de paso de coordinación obtenidos confirman que, para las fallas calculadas, los ajustes actuales proporcionan una protección adecuada con la selectividad requerida, cumpliendo así con los requisitos establecidos en el Artículo 5-40, literal e), de la NTSyCS para este tipo de instalación.

## 8.5. Alimentador C2

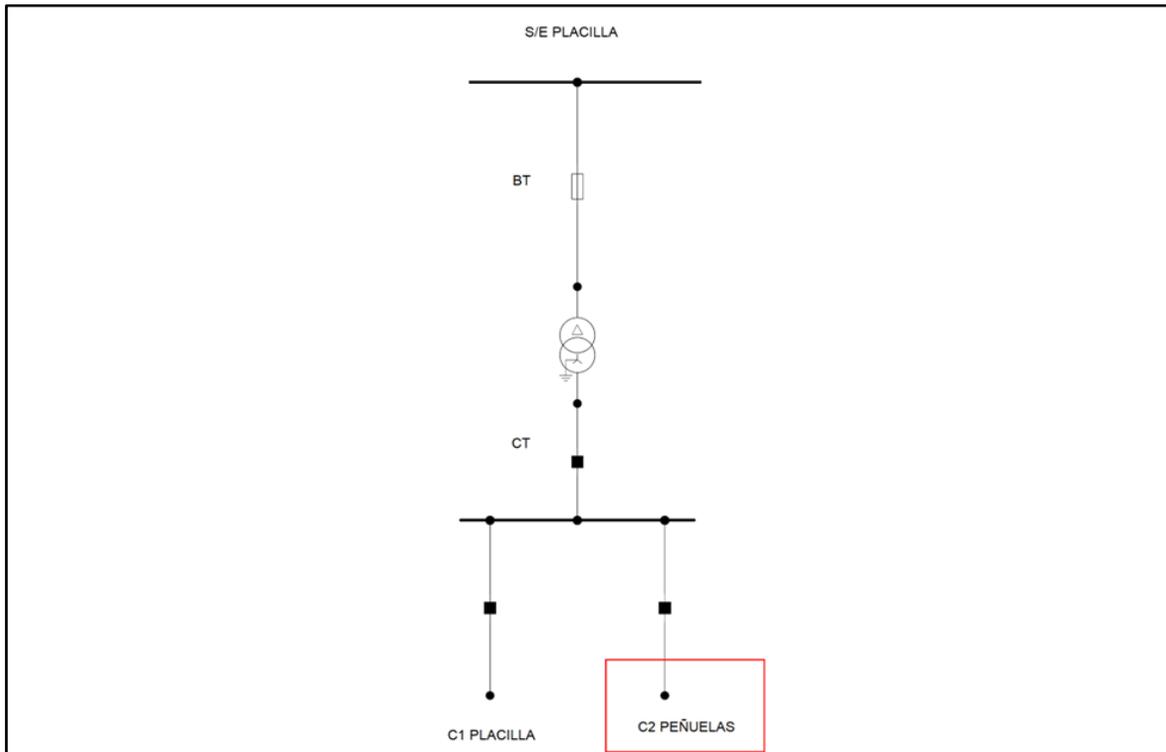


Imagen 39: Diagrama Unilineal S/E Placilla – C2

### 8.5.1. Ajustes existentes

Tabla 37: S/E Placilla: Ajustes Transformador N°1 – CT

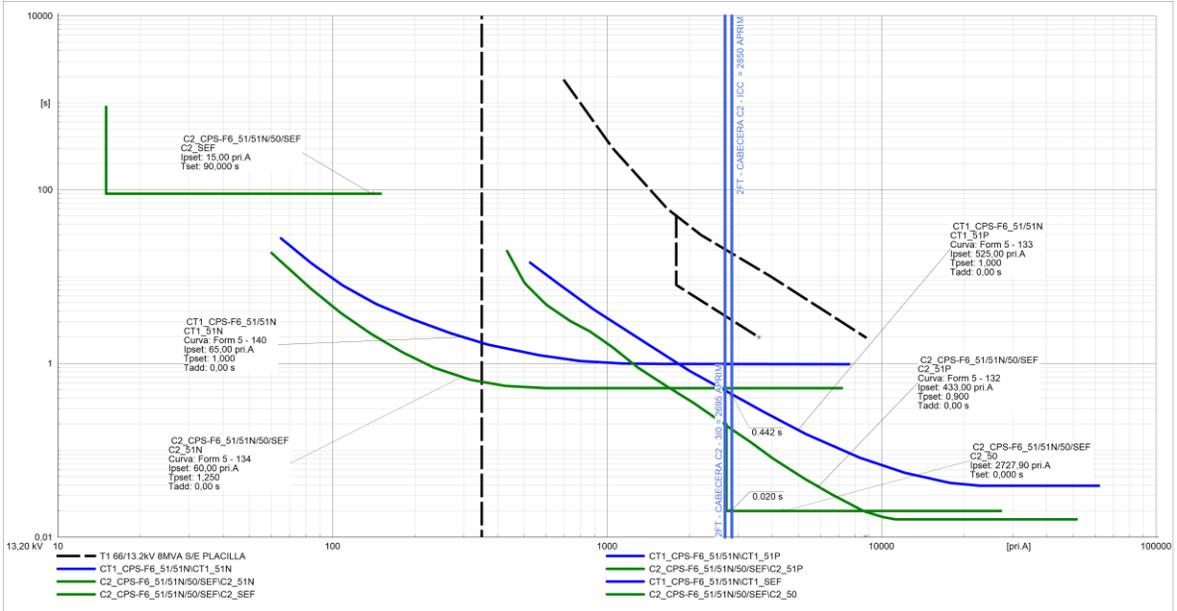
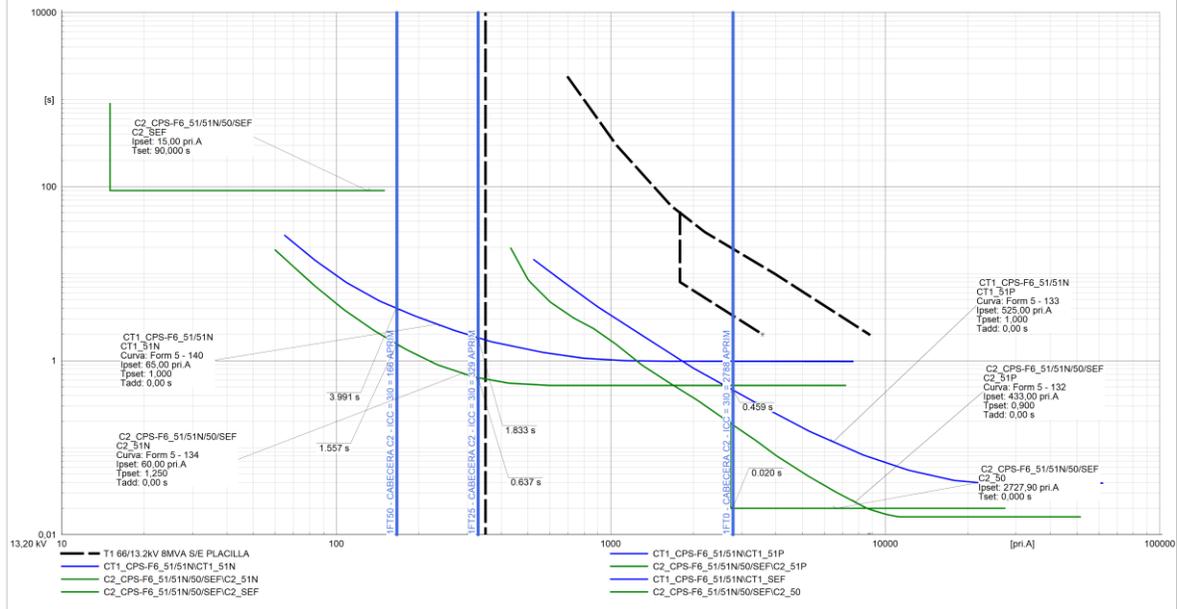
PARÁMETRO	CT
Relé	CPS F6
TTCC	1000/1 A
<b>Sobrecorriente de fase</b>	
Pickup	525,00 Aprim
Curve	133
Lever	1,00
Dirección	Adireccional
<b>Sobrecorriente residual</b>	
Pickup	65,00 Aprim
Curve	140
Lever	1,00
Dirección	Adireccional

Tabla 38: S/E Placilla: Alimentador C2

PARÁMETRO	C2
Relé	CPS F6C
TTCC	1000/1 A
<b>Sobrecorriente de fase</b>	
Pickup	433,00 Aprim
Curva	132
Lever	0,90
Instantánea	2727,90 Aprim
Dirección	Adireccional
<b>Sobrecorriente residual</b>	
Pickup	60,00 Aprim
Curva	134
Lever	1,25
Dirección	Adireccional
<b>SEF</b>	15,00 Aprim 90,00 s
<b>Reconexión</b>	
N° Reconexiones	1
Tiempo reconexión	5 s
Tiempo de reinicio	30 s

## 8.5.2. Gráficos

Las simulaciones de cortocircuito ante distintos tipos de fallas en la cabecera del alimentador son presentadas a continuación. Las gráficas presentan las curvas de sobrecorriente de la celda CT y el alimentador C2, expresadas en amperios primarios.



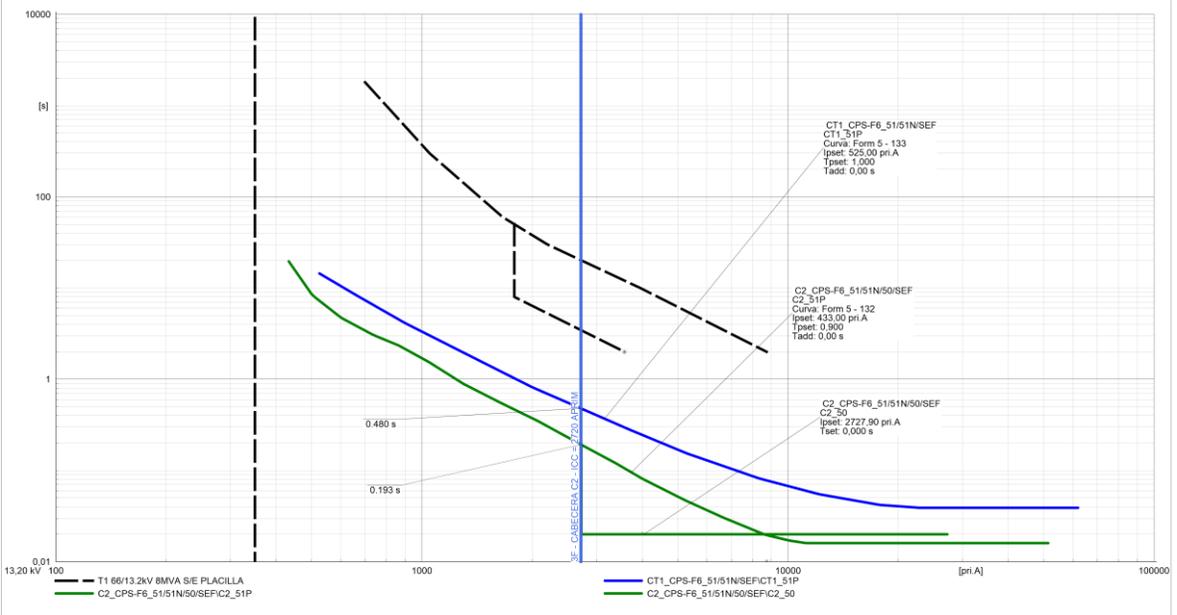
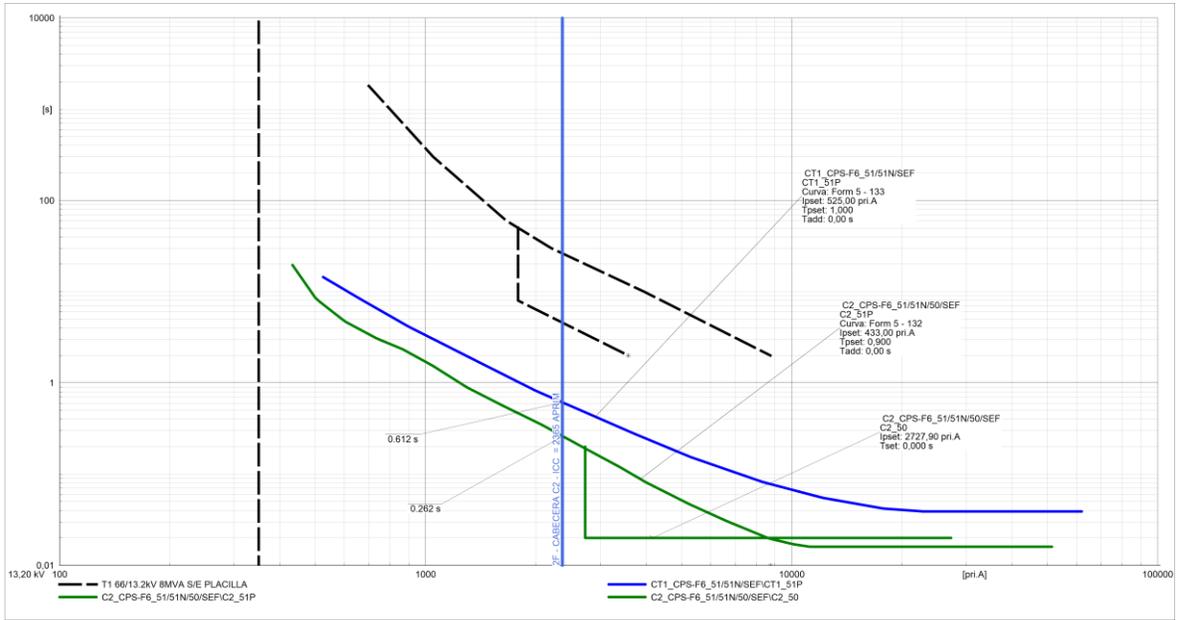


Imagen 40: Alimentador C2. Función 51/51N/50/SEF. Fallas 1FT-0-25-50 ohm, 2FT, 2F y 3F

### 8.5.3. Coordinación de protecciones

El tiempo de operación (TOP) y tiempo de paso (TDP) que existe entre los paños analizados se especifica mediante la siguiente tabla.

*Tabla 39: Tiempos de operación de protecciones*

Elemento en falla	Tipo de falla	Subestación	Celda	TOP [s]	Subestación	Alimentador	TOP [s]	$\Delta$ TDP [s]
S/E Placilla: Cabecera Alimentador C2	1FT-50	Placilla	CT	3,991	Placilla	C2	1,557	2,434
	1FT-25	Placilla	CT	1,833	Placilla	C2	0,637	1,196
	1FT-0	Placilla	CT	0,480	Placilla	C2	0,020	0,460
	2FT	Placilla	CT	0,442	Placilla	C2	0,020	0,422
	2F	Placilla	CT	0,612	Placilla	C2	0,262	0,350
	3F	Placilla	CT	0,480	Placilla	C2	0,193	0,287

**Nota 1: Se considera el menor tiempo de operación de las funciones de protección asociada al alimentador ante el tipo de falla indicado.**

#### 8.5.4. Observaciones

##### 8.5.4.1. Observación N°1

El equipo de protección se modela según los ajustes obtenidos durante la auditoría del relé. Por lo tanto, la simulación de fallas se realiza con los ajustes actuales, correspondientes al grupo utilizado durante la operación normal de la subestación.

##### 8.5.4.2. Observación N°2

Se observa que en caso de una falla trifásica (3F), el tiempo de paso de coordinación es inferior a 300 ms, lo que implica un riesgo de descoordinación.

#### 8.5.5. Conclusiones

El presente reporte de revisión de ajustes ha tenido por finalidad verificar el comportamiento de las protecciones eléctricas asociadas al alimentador C2 de la S/E Placilla. La verificación se ha realizado mediante la modelación de las funciones de protección en la base de datos DIgSILENT considerando los ajustes actuales.

Existe un incumplimiento normativo conforme al Art. 5-40, literal e), de la NTSyCS, debido a que uno o más tiempos de paso de coordinación son inferiores a 15 ciclos (300 ms). Se recomienda reajustar la o las curvas de las protecciones presentadas en esta sección para cumplir con el tiempo de paso estipulado por la NTSyCS.

## 9. CONCLUSIÓN

El informe de auditoría tiene como finalidad recopilar y analizar los resultados obtenidos durante el proceso de auditoría de la subestación Placilla, para los siguientes equipos:

- Relé COOPER FORM 5, Serial: S/N - Paño C1.
- Relé COOPER FORM 6, Serial: 001013 - Paño C2.
- Relé COOPER FORM 6, Serial: CP1503S00534 - Paño CT.

Los equipos de protección no presentan desperfectos físicos que dificulten su proceder ante el despeje de fallas y se verificó que la comunicación del equipo con el computador es correcta. Además, el alambrado se ve en buenas condiciones, es decir, no se observó anomalías como cortes o contactos flojos, también los equipos presentes en el armario no muestran daños o dificultades para cumplir su función. Sin embargo, para el paño C1 se encontró al momento de realizar la auditoría una presencia de panal de avispas al interior de gabinete de protección.

Los equipos de protección cuentan con lógicas de las matrices de disparo correctamente asignadas, lo que permite un disparo correcto de las funciones de protección ajustadas, excepto para el paño C1 para el ajuste de la función SEF para el grupo normal, la cual no permite la habilitación en local, ni por SCADA.

Mediante inyecciones de corrientes a nivel primario para el paño C2, se obtuvieron valores incorrectos en las mediciones de las corrientes por fase, ya que se supera levemente el rango de tolerancia indicado por el fabricante.

Las funciones de protección de los equipos operan según lo indicado en el manual del fabricante, nótese que los puntos de menor corriente (más cercanos al valor de pickup o min trip) tienen una mayor tolerancia en la curva de sobrecorriente de tiempo inverso, tomando esto en cuenta el comportamiento obtenido durante las pruebas de las curvas de protecciones es correcto y corresponde a las curvas ajustadas.

Sin embargo, se observó que, en el caso del paño C1, la función SEF del grupo normal se activa después de los 90 segundos. Como parte de la prueba, se activó el grupo alternativo y se ejecutó la función SEF, la cual funcionó dentro del tiempo estipulado. Esto sugiere que la función SEF configurada para el grupo normal presenta problemas de comunicación o, posiblemente, de configuración lógica al momento de habilitarla o bloquearla tanto en la protección como en el sistema SCADA.

Los interruptores 52C1, 52C2 y 52CT poseen una bobina de desenganche, esta se encuentra correcta, ya que fue verificada mediante inyección primaria de corriente.

Entre los principales puntos o hallazgos encontrados durante la auditoría de la subestación Placilla, se tiene:

- En el diagrama funcional “28-DUF-01-PLACILLA”, no se encuentran actualizadas las relaciones de transformación para los alimentadores e interruptor general MT,

por lo que se recomienda actualizar el plano con las relaciones de transformación correctas.

- El ECAP “EAP 02 2015 Placilla Aumento de Potencia v2\_Revisado” se utilizó para comparar con respecto a los ajustes extraídos de los equipos de protección COOPER FORM 5 (Paño C1) y COOPER FORM 6 (paños C2 y CT), los cuales se encuentran desactualizados y con ajustes que no corresponden con lo ajustado en terreno, incumpliendo con el artículo 8-22 de la NTSyCS. Además, dicho ECAP no se encuentra adjunto en infotécnica, por lo que no cumple con el artículo 24-10.7 del Anexo Técnico “Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento”.
- El equipo COOPER FORM 5 (Paño C1) no cuenta con sincronización horaria vía GPS, por lo que se debe implementar la sincronización vía GPS, ya que incumple con el artículo 3-24 de la NTSyCS.
- El equipo de protección COOPER FORM 5 (Paño C1) no cuenta con la tecnología de almacenar y registrar eventos oscilográficos, por lo que, se incumple con el artículo 1-7.48 de la NTSyCS.
- Para el relé COOPER FORM 5 (Paño C1) no se simulan archivos comtrades, ya que el equipo no cuenta con la tecnología para almacenar y descargar archivos comtrades.
- Para el relé COOPER FORM 6 (Paño C2 y CT) no se simulan archivos comtrades, ya que no se poseen registros de falla previos asociados a eventos de operación incorrecta.
- Para el paño C2 existe un incumplimiento normativo conforme al Art. 5-40, literal e), de la NTSyCS, debido a que uno o más tiempos de paso de coordinación son inferiores a 15 ciclos (300 ms).
- Para el paño CT se identifica un incumplimiento del Art. 3-24, literal b), numeral III, de la NTSyCS (2019) en la barra de 13,2kV. Aunque la barra no está seccionada, una falla en la misma no se despeja en un tiempo inferior a 20 ciclos (400 ms), como lo exige la normativa.
- Los equipos pertenecientes al tablero de distribución de corriente continua se encuentran respaldados por un banco de baterías con una capacidad de 120 [AH] y tensión de 125 [Vcc], permitiendo una autonomía máxima estimada de 133 horas. Cabe destacar que no se llevaron a cabo pruebas respectivas a los SSAA. El documento entregado “9.- SE PLACILLA NOVIEMBRE 2022” corresponde a la pauta de mantenimiento más reciente del banco de baterías, el cual presenta observaciones por atender (Ver punto 4.4).
- Todos los equipos de protección auditados de la S/E Placilla cuentan con batería propia que cumplen con el voltaje de batería establecido en el manual del fabricante, donde no se realizan verificaciones del estado de estas, ya que son de libre mantenimiento según el manual del fabricante.

## FIN DE DOCUMENTO