

STS

grupo
saesa

INFORME MÍNIMO TÉCNICO

BESS NUEVA IMPERIAL – NUP 3628

FECHA	REVISIÓN	COMENTARIOS	PREPARADO	REVISADO	APROBADO
07/10/2024	R0	Para entrega al cliente	José Araya	José Espinoza	Francisco Beltrán

REVISIÓN 0



B&B Asociados SpA

SEGUIMIENTO DE DOCUMENTACIÓN

El documento "NUP 3628 - Informe Mínimo Técnico - BESS Nueva Imperial R0" correspondiente a parte de la documentación requerida por el Coordinador Eléctrico Nacional para la entrada en operación del proyecto "Sistema de almacenamiento Subestación Nueva Imperial (RE 657/2022 - Art.102 LGSE)", NUP 3628, registra la siguiente documentación:

DOCUMENTO	FECHA	REVISIÓN	COMENTARIOS	PREPARADO	REVISADO	APROBADO
IMT - BESS NI	07/10/2024	R0	Para entrega al cliente	José Araya	José Espinoza	Francisco Beltrán

El presente documento ha sido desarrollado para STS por B&B Asociados.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	6
2	Objetivos.....	6
3	Abreviaturas y definiciones	7
4	Antecedentes y referencias.....	9
4.1	Antecedentes Generales	11
4.1.1	Descripción del proyecto.....	11
4.1.2	Diagrama unilineal zona de interconexión del proyecto.....	13
4.2	Antecedentes técnicos del sistema de almacenamiento de baterías (BESS).....	15
4.2.1	Conductor de Media Tensión en 23kV	17
4.2.2	Transformadores BESS 23/0.69kV 3.45 MVA	18
4.2.3	Transformador de servicios auxiliares 23/0.4kV	19
4.2.4	Inversores BESS.....	20
4.2.5	Baterías.....	22
5	Determinación de Mínimo Técnico BESS Nueva Imperial.....	24
5.1	Exigencias Normativas Y Descripción De Ensayos	24
5.1.1	Requerimientos normativos	24
5.1.2	Pruebas requeridas.....	25
5.1.3	Parámetros para reportar.....	26
5.2	Prueba de Mínimo Técnico en modo Descarga.....	29
5.2.1	Determinación de Mínimo Técnico Bruto (Descarga)	33
5.2.2	Determinación de Mínimo Técnico Neto y desglose de pérdidas (Descarga).....	33
5.3	Prueba de Mínimo Técnico en modo Carga	35
5.3.1	Determinación de Mínimo Técnico Bruto (Carga).....	39
5.3.2	Determinación de Mínimo Técnico Neto y desglose de pérdidas (Carga)	39
6	Conclusiones.....	41
ANEXO I	Pruebas de fábrica transformador elevador Zhejiang Jiangshan Transformer SCB13-3.45 MVA 23/0.69 kV 43	
ANEXO II	Pruebas de fábrica transformador Servicios auxiliares Nueva Imperial 400 kVA	46
ANEXO III	Especificaciones instrumentos de medición	47
ANEXO IV	Archivos adjuntos	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Vista georreferenciada de la zona de influencia del proyecto BESS Nueva Imperial. Fuente: Google Earth.	11
Figura 4.2: Diagrama Unilineal Simplificado de la zona de influencia del proyecto BESS Nueva Imperial.	12
Figura 4.3: Diagrama unilineal zona de influencia sin proyecto.....	13
Figura 4.4: Diagrama unilineal zona de influencia con proyecto.	14
Figura 4.5: Diagrama unilineal BESS Nueva Imperial.....	15
Figura 4.6: Diagrama Unilineal Funcional del paño E5 en SE Nueva Imperial.....	16
Figura 4.7: Parámetros de cable media tensión para conexión de proyecto BESS. [4].....	17
Figura 4.8: Información técnica de transformador elevador [5] [11].	18
Figura 4.9: Captura de parámetros del Transformador de SSAA, Fabricante RHONA.	19
Figura 4.10: Características de ficha técnica de los inversores para los BESS [6]	20
Figura 4.11: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva de los inversores PCS9567-1750 [7].	21
Figura 4.12: Aportes de los inversores PCS9567-1750 al cortocircuito, de acuerdo con documentación de fabricante [8].	21
Figura 4.13: Especificaciones técnicas módulos de baterías BESS NI.....	22
Figura 4.14: Curva de degradación de capacidad de almacenamiento BESS NI [10].	22
Figura 4.15: Round-Trip Efficiency BESS NI [9].	23
Figura 5.1: Esquema de BESS Nueva Imperial.	26
Figura 5.2: Registros de potencia activa y reactiva en paño E5 SE Imperial. Prueba de Mínimo Técnico (Descarga).....	29
Figura 5.4: Registros de potencia activa y reactiva en PCS1 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)	30
Figura 5.5: Registros de potencia activa y reactiva en PCS2 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)	30
Figura 5.6: Registros de potencia activa y reactiva en PCS3 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)	31
Figura 5.7: Registros de potencia activa y reactiva en PCS4 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)	31
Figura 5.8: Registros de potencia activa en SSAA del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga) 32	
Figura 5.8: Registros de potencia activa y reactiva en paño E5 SE Imperial. Prueba de Mínimo Técnico (Carga).35	
Figura 5.9: Registros de potencia activa y reactiva en PCS1 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga).....	36
Figura 5.10: Registros de potencia activa y reactiva en PCS2 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga).....	36
Figura 5.11: Registros de potencia activa y reactiva en PCS3 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga).....	37
Figura 5.12: Registros de potencia activa y reactiva en PCS4 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga).....	37
Figura 5.13: Registros de potencia activa en SSAA del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga)....	38
Figura 6.1: Datasheet instrumento de medida PURE BlackBox marca Elspec.	47
Figura 6.2: Datasheet instrumento de medida G4500 marca Elspec.	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1: Equipos de medición utilizados.	27
Tabla 5.2: Registro de promedio de mediciones en ensayo de Mínimo Técnico (descarga).	32
Tabla 5.3: Cálculo de pérdidas de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Mínimo Técnico (descarga).	33
Tabla 5.4: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Mínimo Técnico (descarga).	34
Tabla 5.5: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores servicios auxiliares. Prueba de Mínimo Técnico descarga.	34
Tabla 5.6: Registro de promedio de mediciones en ensayo de Mínimo Técnico (carga).	38
Tabla 5.7: Cálculo de pérdidas de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Mínimo Técnico (carga).	39
Tabla 5.8: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Mínimo Técnico (carga).	40
Tabla 5.9: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores servicios auxiliares. Prueba de Mínimo Técnico (carga).	40
Tabla 6.1: Parámetros de Mínimo Técnico de BESS Nueva Imperial.	41

1 INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de Expansión de la Transmisión del año 2016-2017, y de acuerdo con el análisis de la zona sur de Temuco, se detectaron problemáticas de suficiencia durante el horizonte de análisis. Estas problemáticas serían abordadas por obras propuestas dentro del proceso de Expansión de la Transmisión. Sin embargo, debido a las características y alcances de cada uno de los proyectos, y los conflictos en la Región de la Araucanía, solo la obra "Nueva SE Enlace Imperial 66/23 kV" (SE Las Violetas) ha logrado concretarse, encontrándose actualmente en servicio. Por otro lado, los proyectos "SE Nueva Metrenco 220/66 kV" y "Línea 2x66 kV Nueva Metrenco – Enlace Imperial" no han tenido avance constructivo.

Ante esta situación, en la línea de transmisión 1x66 kV Licanco – Las Violetas se han identificado, desde el punto de vista de planificación, niveles de carga superiores al 100% durante los próximos años al análisis (102% en el año 2023). Operacionalmente, también se han presentado sobrecargas coincidentes con altas temperaturas en los periodos de verano, por lo cual se prevén restricciones y riesgos en el abastecimiento de la demanda. En base a lo anterior, y considerando el artículo N°40 del "Reglamento de los Sistemas de Transmisión y de la Planificación de la Transmisión", STS - SAESA ha propuesto la construcción urgente de una obra de transmisión denominada "BESS SE Nueva Imperial"[22]. Este proyecto contempla la instalación de un sistema de almacenamiento en los espacios disponibles de la Subestación Imperial.

A través de la Resolución Exenta N°657, que aprueba las obras del BESS, se autoriza la ejecución de las obras de transmisión del proyecto "Sistema de Almacenamiento Subestación Nueva Imperial" (en adelante "BESS Nueva Imperial" o "BESS NI"). Esto se realiza en cumplimiento del inciso segundo del artículo 102 de la Ley General de Servicios Eléctricos. La Resolución Exenta N°657 permite la construcción e instalación de un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, el cual deberá emplazarse dentro de los terrenos de la Subestación Imperial, con una potencia nominal de 5.2 MW y una capacidad de almacenamiento de 26 MWh al séptimo año de operación.

En el contexto del proceso de conexión y operación comercial del BESS es que se desarrollaron las pruebas de: determinación de mínimo técnico, determinación de máxima potencia, parámetros proceso de partida y detención de unidades generadoras y validación de modelo dinámico. En el presente informe se entregan los resultados y conclusiones obtenidos en los ensayos de campo relacionados a la determinación de mínimo técnico del BESS Nueva Imperial, realizadas en el mes de septiembre del 2024.

2 OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo determinar el mínimo técnico del BESS Nueva Imperial, para los modos de operación de carga y descarga. Las mediciones se realizan dando cumplimiento al Anexo Técnico de la NTSyCS [1] "Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras", septiembre del 2020, y bajo las recomendaciones del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) en [15] y [24].

3 ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

BESS	Por sus siglas en inglés: Battery Energy Storage System.
BESS NI	BESS Nueva Imperial.
BMS	Por sus siglas en inglés: Battery Management System.
BoL	Inicio de Vida (Beginning of Life)
CEN	Coordinador eléctrico nacional
CNE	Comisión Nacional de Energía.
Ciclo de trabajo	Perfil de carga/descarga que representa la absorción/inyección de energía según la aplicación específica de un BESS.
EO	Entrada en operación
EoL	Fin de Vida (<i>End of Life</i>)
Estado de Carga (SoC)	Carga disponible en una batería expresada como porcentaje de la capacidad de almacenamiento nominal. Se conoce por sus siglas en inglés: State of Charge (SoC).
ERV	Energía Renovable Variable, del tipo solar fotovoltaico, hídrico de pasada o eólico.
NTSyCS	Norma técnica de seguridad y calidad de servicio, septiembre 2020
NUP	Número único de proyecto
PCS	Por sus siglas en inglés: Power Conversion System.
PES	Puesta en servicio
Periodo de ciclo de trabajo	Tiempo que se demora el perfil de carga/descarga que representa la absorción/inyección de energía según la aplicación específica de un BESS.
pu	Por unidad
PFV	Parque solar fotovoltaico
RTE	Eficiencia de carga y descarga (<i>Round-Trip Efficiency</i>)
SEN	Sistema eléctrico nacional
SE	Subestación
Sobreoscilación	Diferencia del máximo valor de la respuesta al escalón y el valor de régimen estacionario relativa al valor del escalón aplicado (en %).
SoH	Estado de salud (<i>State of Health</i>)

Tasa de toma y bajada de carga	Cociente entre el cambio de potencia activa entre el 10 y el 90 % del escalón solicitado y el tiempo transcurrido entre esos eventos.
Tiempo de crecimiento	Es el intervalo de tiempo que demora una variable para pasar del 10% al 90% de su valor final.
Tiempo de establecimiento	Es aquel donde la variable se encuentra dentro de una banda de $\pm 5\%$ en torno a su valor final o de régimen en el caso de control de tensión y dentro de una banda de $\pm 10\%$ en torno a su valor final o de régimen en el caso de control de frecuencia.
Tiempo de retardo	Tiempo que transcurre desde que se emite la señal de control hasta que la unidad generadora o equipo de compensación reacciona.

4 ANTECEDENTES Y REFERENCIAS

Para llevar a cabo el presente estudio se toman en cuenta los siguientes documentos:

- [1]. Norma técnica de seguridad y calidad de servicio, CNE, septiembre 2020.
- [2]. Portal infotécnica del CEN.
- [3]. Portal WEB CEN, operación real del sistema.
- [4]. "HT XAT 1 AWG Cu 25kV T1 19H NE.pdf", Ficha técnica cable cobre 1 AWG XAT 25 kV.
- [5]. "E-TR-1.pdf", protocolo pruebas SAT transformador y placa de datos transformador elevador BESS, Zhejiang Jiangshan Transformer SCB13-3450/23.
- [6]. "VBESSNI01-N0024-Data Sheet of PCS9567-1750kW-V1.0.pdf", ficha de datos inversores PCS9567-1750kW, Euenon – NR Electric.
- [7]. "PQ Curve of PCS.pdf", Curva de capacidad PQ inversores PCS9567-1750kW, Euenon – NR Electric.
- [8]. "PCS Short Circuit Current Report_BEES NI V2.1.pdf", short circuit current result for proposed PCS, NR Electric.
- [9]. "3948 System RTE _ 7 years_ EUENON 2023.pdf", Declaración de eficiencia para ciclo completo de carga y descarga (RTE) BESS Nueva Imperial, EUENON.
- [10]. "3953 Degradation rate - 365 cycles year- V1-EUENON.pdf", Curva de degradación BESS Nueva Imperial, EUENON.
- [11]. Pruebas de fábrica transformador elevador Zhejiang Jiangshan Transformer SCB13-3450/23: "2022112309002 -.pdf".
- [12]. Anexo Técnico: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras, CNE.
- [13]. Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras, CNE.
- [14]. Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras, CNE.
- [15]. Puesta en Servicio de Unidades Generadoras – Aplicación de Anexos Técnicos, CNE.
- [16]. Norma IEC 62933 Electrical energy storage (EES) systems, Unit parameters and testing methods.
- [17]. Norma IEEE: Standard Test Procedures for Electric Energy Storage Equipment and Systems for Electric Power Systems Applications.
- [18]. Programa de Pruebas - BESS Nueva Imperial_NUP_3628 REV_0, STS Grupo SAESA – B&B Asociados, agosto 2024.
- [19]. Procedimiento Interno: Modelación y Homologación de instalaciones del SEN. Coordinador Eléctrico Nacional.

- [20]. EN231608.1 ET BESS Nueva Imperial R1, Informe estabilidad transitoria BESS NI NUP 3628.
- [21]. “Anexo 2 Datos de placa y hoja de datos del transformador.jpg” y “Anexo 3 Ensayos del transformador.pdf”, protocolo pruebas FAT transformador y placa de datos transformador SSAA BESS Nueva Imperial.
- [22]. “2022-04-14_Informe OU BESS en SE Nueva Imperial.pdf”, informe **“Obra Urgente – Sistema de Almacenamiento SE Nueva Imperial”**, gerencia Planificación STS – SAESA.
- [23]. Resolución Exenta-N657: Autoriza ejecución de las obras de transmisión del proyecto “Sistema de Almacenamiento Subestación Nueva Imperial”, que se indican, de Sistema de Transmisión del Sur S.A., de acuerdo a lo establecido en el inciso segundo del artículo 102° de la Ley General de Servicios Eléctricos. CNE, 25 de agosto de 2022.
- [24]. Guía Técnica DCO N°01-2024: Recomendaciones para la elaboración de los Informes de Determinación de Parámetros Operacionales de Unidades Generadoras Renovables no Convencionales y Sistemas de Almacenamiento de Energía. Coordinador Eléctrico Nacional, Gerencia de Operación, versión 01.

4.1 ANTECEDENTES GENERALES

4.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto BESS Nueva Imperial se desarrolla dentro de las instalaciones de la Subestación (SE) Imperial, ubicada en la ciudad de Nueva Imperial, Región de La Araucanía, a aproximadamente 30 metros sobre el nivel del mar (msnm) en la zona UTM 18H, coordenadas:

- *Coordenada Este (X) = 679526.00 m E*
- *Coordenada Norte (Y) = 5708633.00 m S*

La conexión del BESS al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se realizará en la barra de 23kV disponible en la SE, para estos efectos se construye un nuevo paño denominado E5.

La Subestación Imperial se conecta al SEN a través de la línea de 66 kV Las Violetas – Nueva Imperial, con una longitud de 2.15 km. A su vez, la SE Las Violetas se conecta al SEN mediante la línea de 66 kV Licanco – Las Violetas, con una longitud de 29.3 km como se muestra de manera referencial en la Figura 4.1.

El proyecto consta de una potencia nominal de 5.2 MW y una capacidad de almacenamiento de 26 MWh al séptimo año de operación (según las referencias [22] y [23]).

El BESS Nueva Imperial se construye para proporcionar servicios de transmisión, específicamente para el control del flujo de potencia en la línea de 66 kV Licanco – Las Violetas. Sus sistemas de control local de baterías (BMS), el Sistema de Gestión de Energía (EMS), inversores, sistema de comunicaciones y SCADA de propiedad de STS están configurados para responder solo ante consignas de potencia activa y reactiva fijas. Por ende, el BESS Nueva Imperial no es capaz de prestar servicios complementarios de control de frecuencia o tensión.

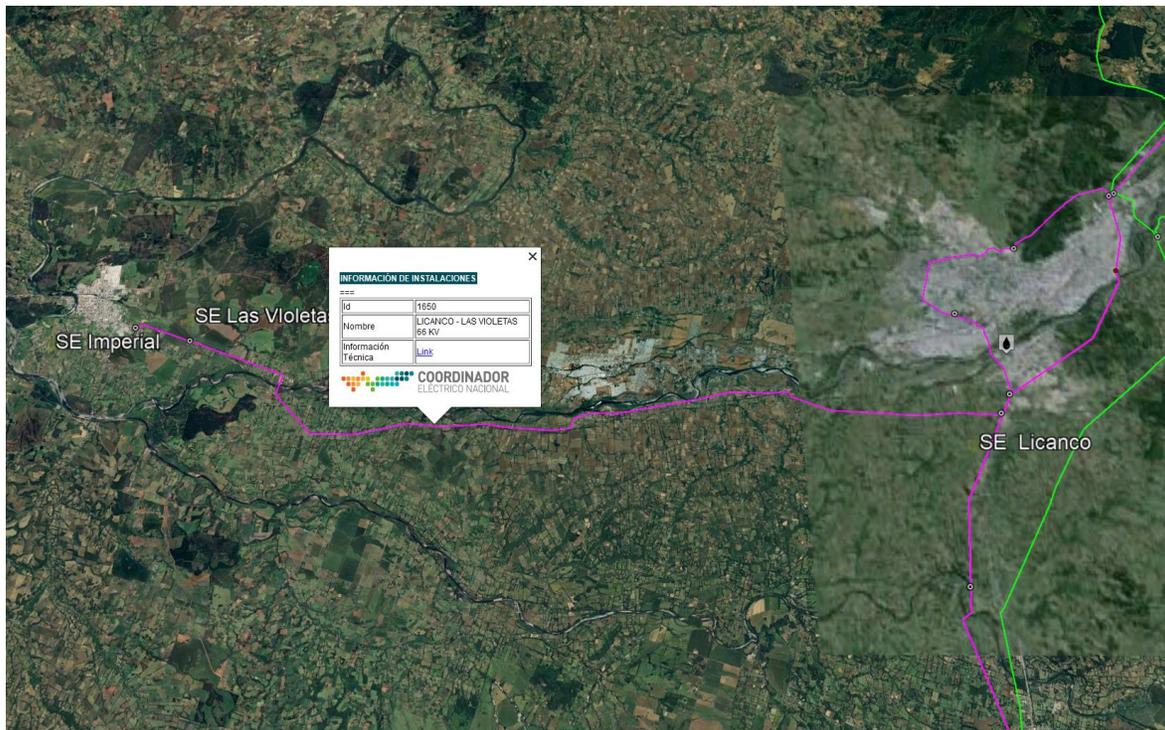


Figura 4.1: Vista georreferenciada de la zona de influencia del proyecto BESS Nueva Imperial. Fuente: Google Earth.

El sistema al que se incorpora el proyecto BESS Nueva Imperial, se puede visualizar en el diagrama unilineal simplificado (Figura 4.2), donde se remarca la incorporación del proyecto BESS al paño E5 de la SE Imperial.

La conexión del sistema de almacenamiento se realiza a través del paño E5 de la barra de media tensión de 23 [kV] de SE Imperial, a través de un tendido subterráneo cuya longitud aproximada es de 0.0215 [km].

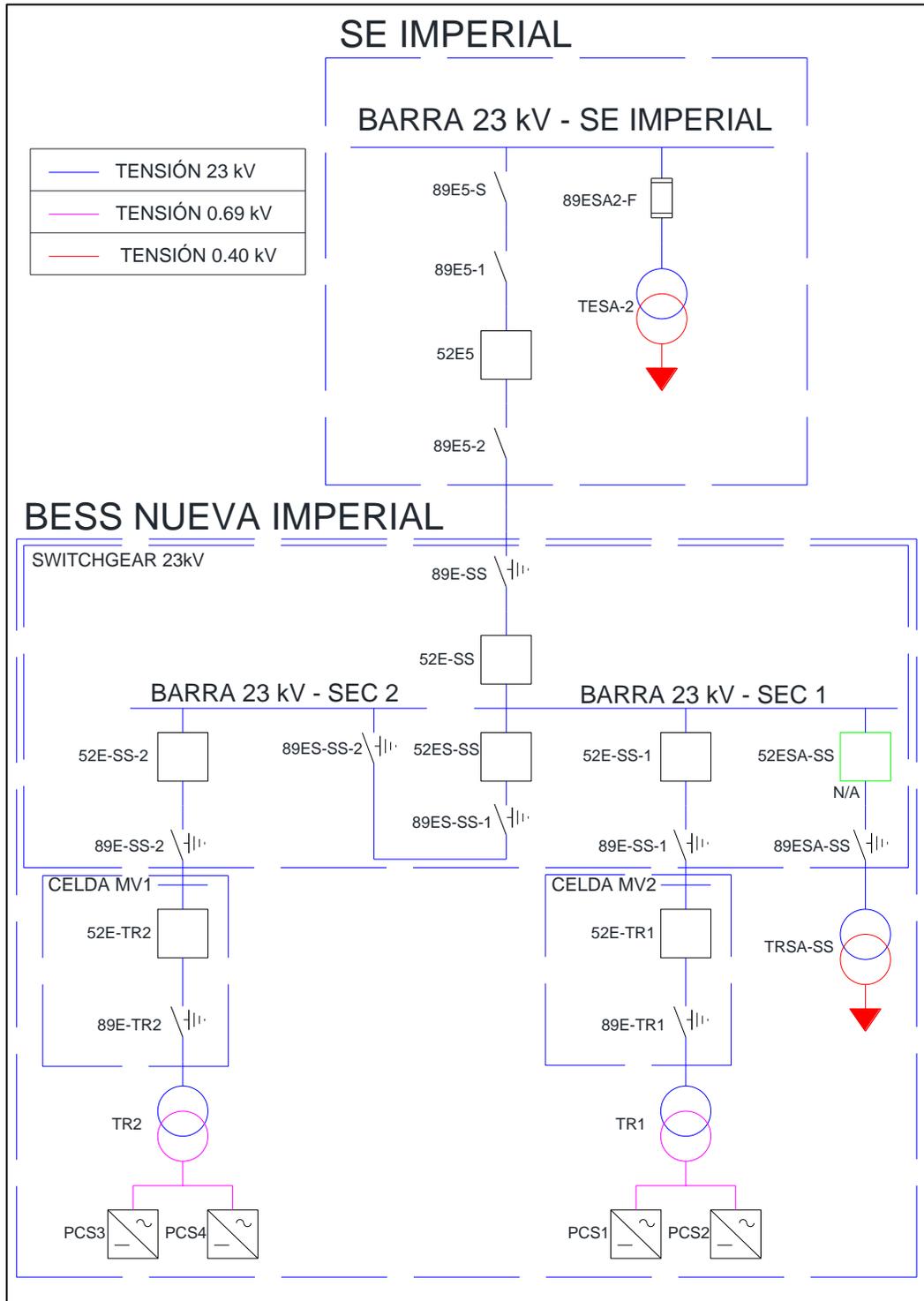


Figura 4.2: Diagrama Unilineal Simplificado de la zona de influencia del proyecto BESS Nueva Imperial.

4.1.2 Diagrama unilineal zona de interconexión del proyecto

En la Figura 4.3 se presenta el diagrama unilineal del entorno eléctrico en donde se conectará el proyecto, mientras que en la Figura 4.4 se presenta el diagrama unilineal después de la conexión del proyecto.

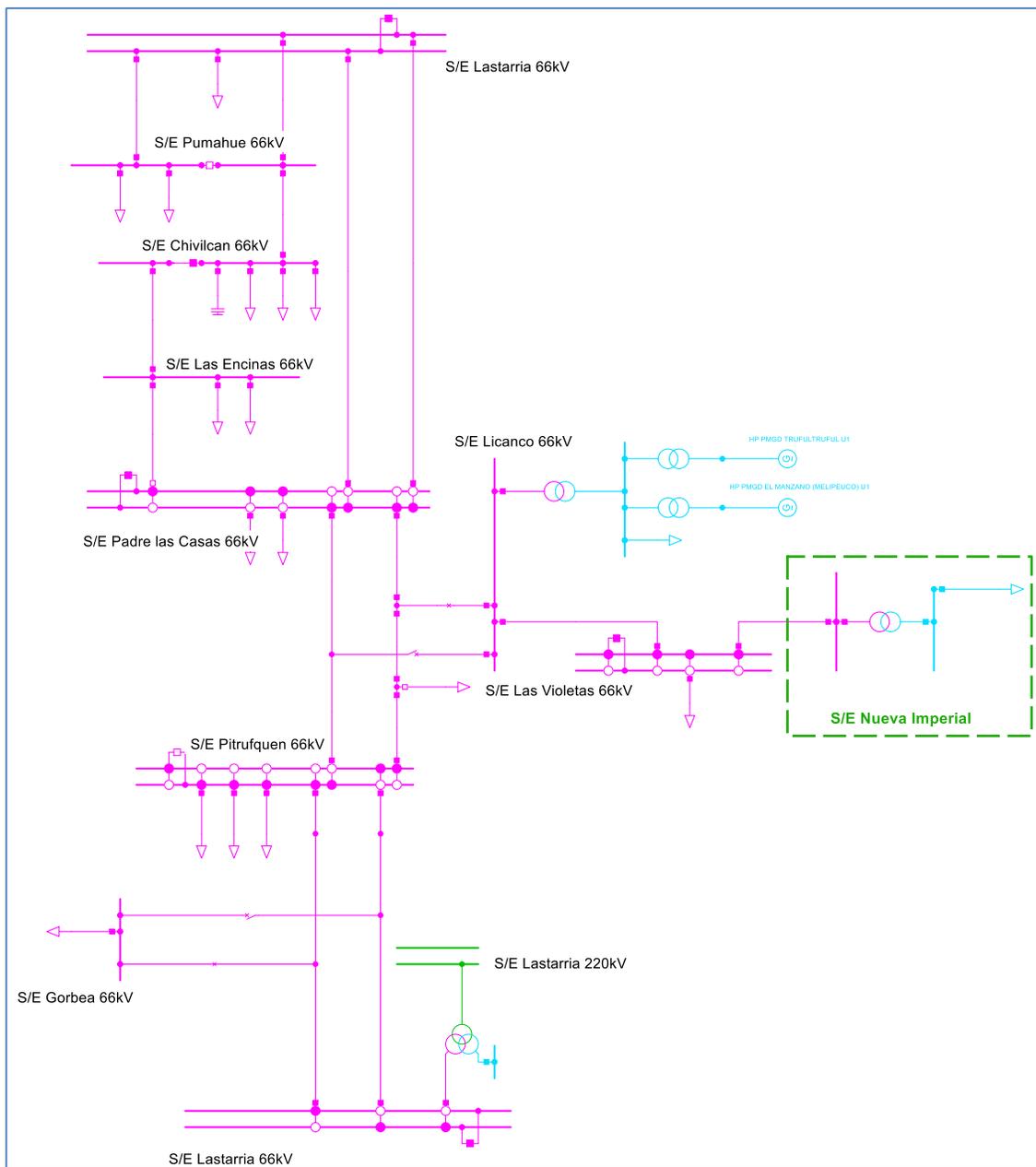


Figura 4.3: Diagrama unilineal zona de influencia sin proyecto.

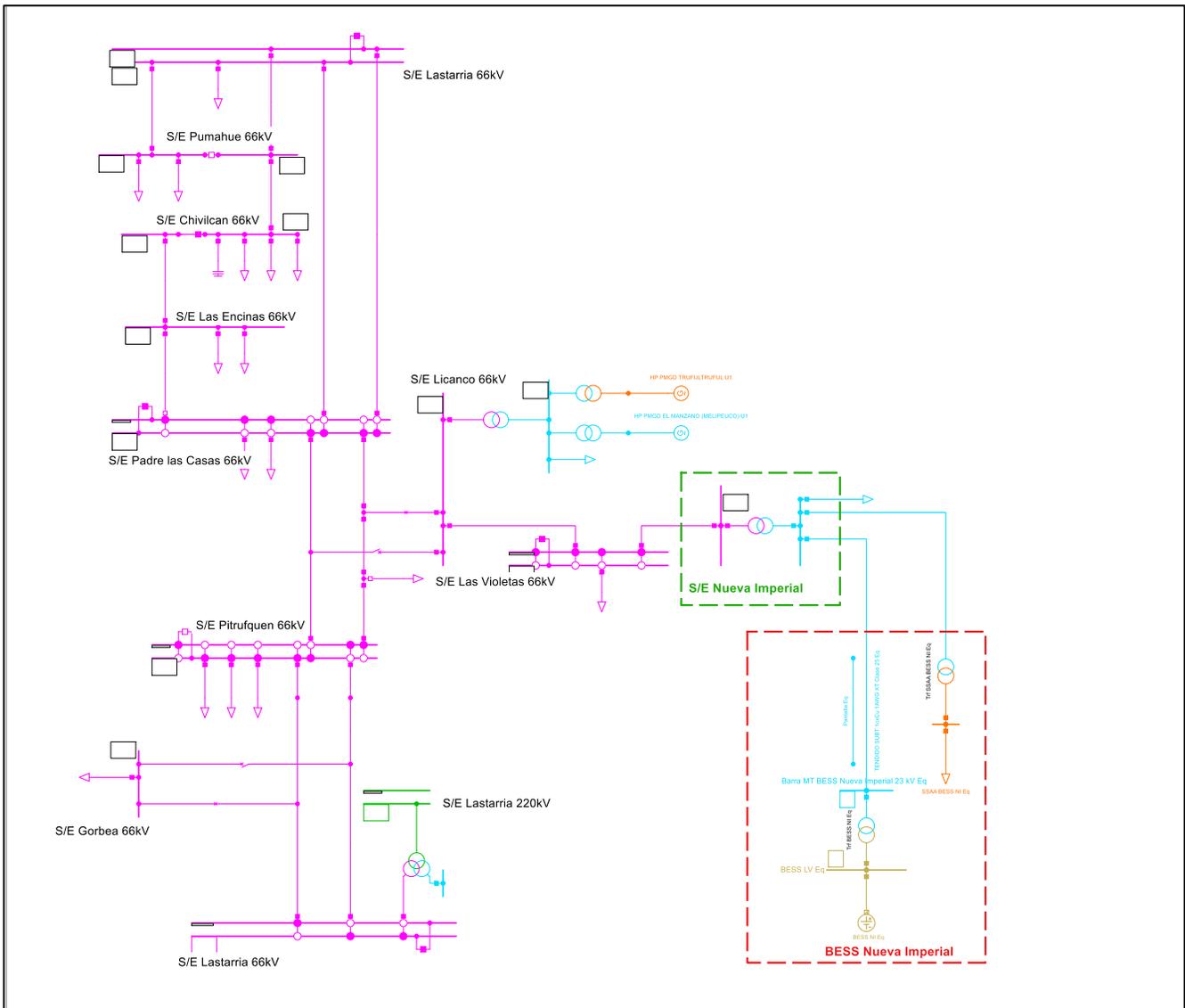


Figura 4.4: Diagrama unilineal zona de influencia con proyecto.

4.2 ANTECEDENTES TÉCNICOS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE BATERÍAS (BESS)

En lo que respecta al proyecto BESS Nueva Imperial, todos los detalles, desde las unidades de baterías, inversores y switchgear, hasta su salida subterránea hacia la conexión al paño E5 de la SE Imperial, se encuentran representados en el diagrama unifilar funcional, presentado a continuación:

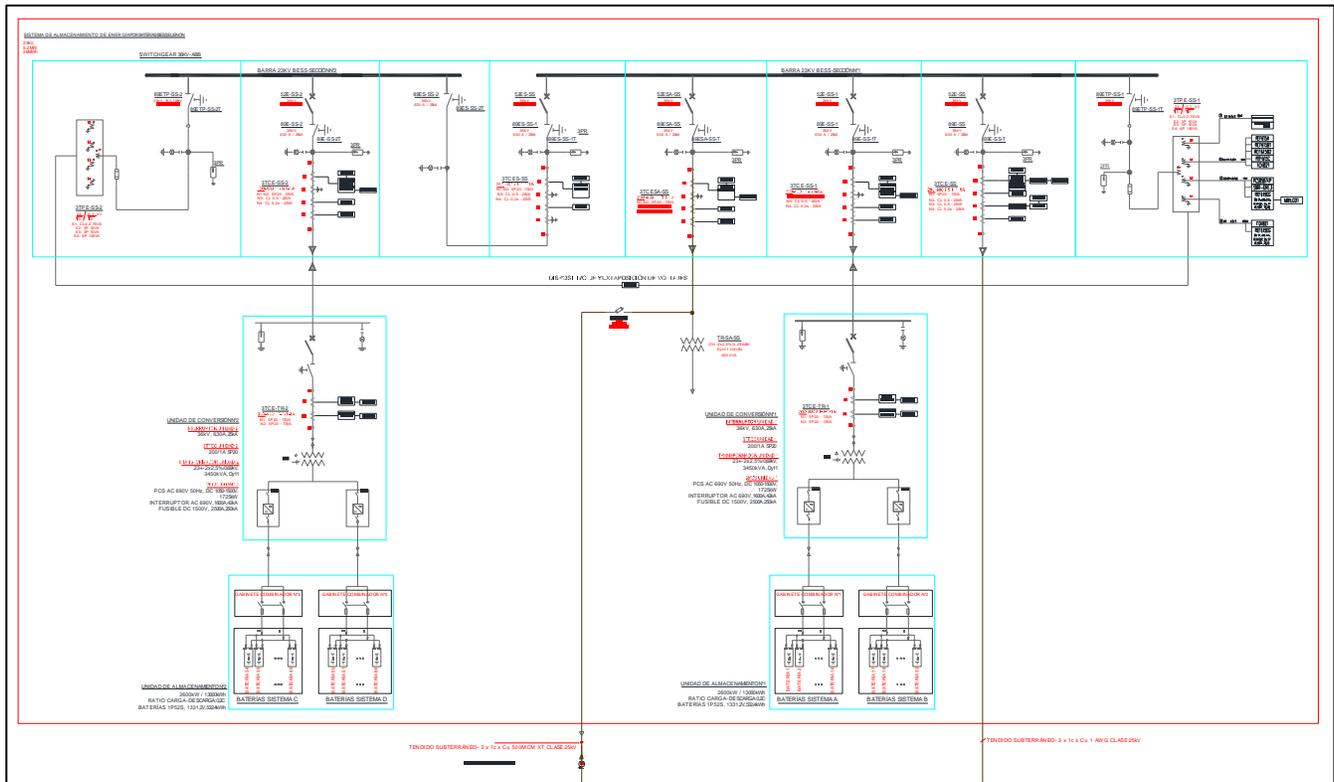


Figura 4.5: Diagrama unifilar BESS Nueva Imperial.

Los principales elementos pertenecientes a la red se desglosan como sigue:

- 2 Transformadores elevadores 23/0.69 kV 3.45 MVA.
- Cable 1 AWG 25KV desde celda BESS a paño E5 SE Nueva Imperial.
- 4 Inversores de marca NR, modelo PCS-9567.
- Transformador de servicios auxiliares 23/0.4 kV 0.4 MVA.
- 66 Racks de baterías de tensión nominal de 1331.2 V y capacidad nominal de 521.8 kWh cada uno.

Para obtener una visualización más detallada de la incorporación del proyecto BESS Nueva Imperial al paño E5 de la SE, se presenta en la Figura 4.6 el Diagrama Unilineal Funcional, el cual muestra el conexionado del paño en 23kV hasta el tendido subterráneo que se dirige al switchgear del proyecto.

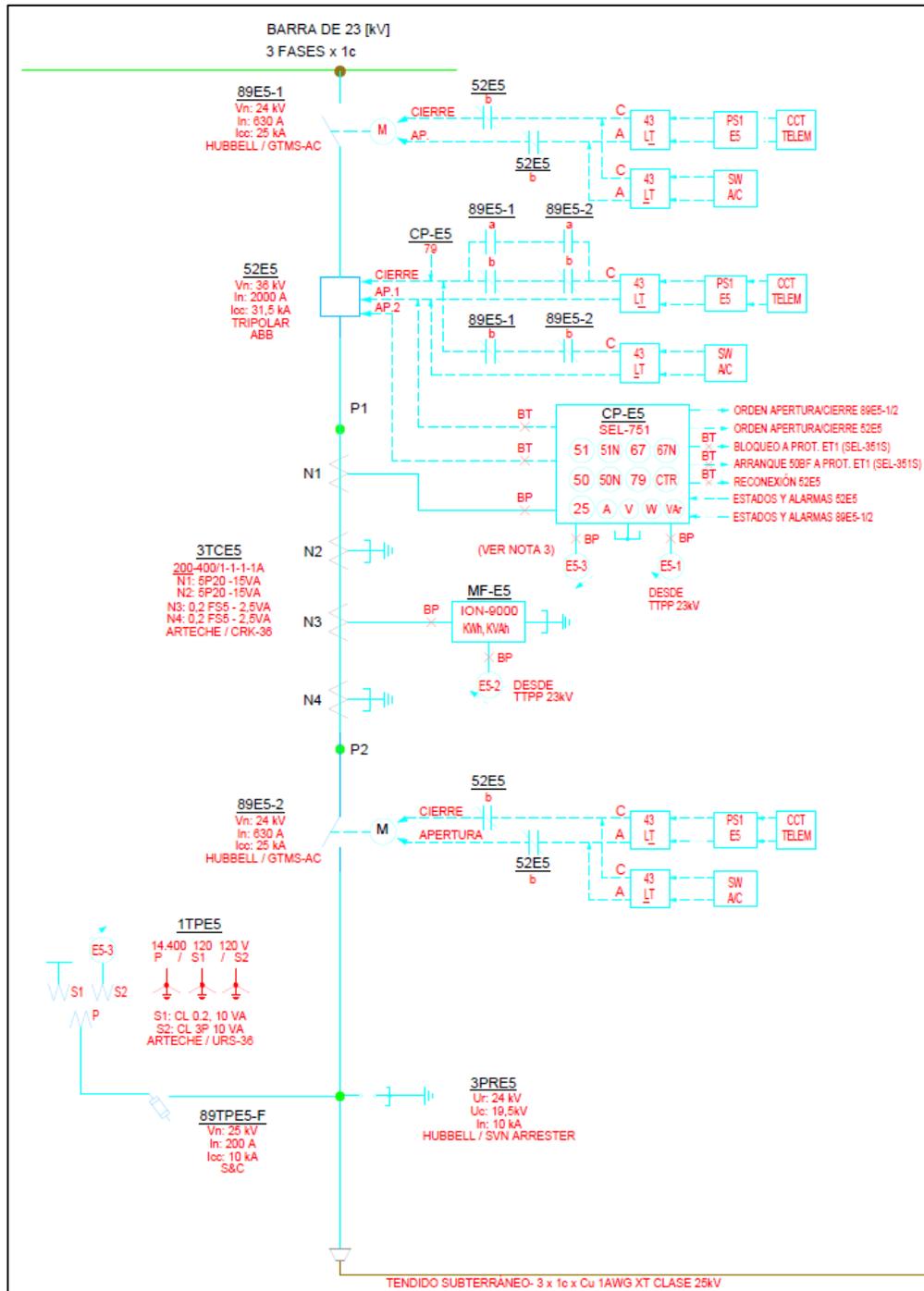


Figura 4.6: Diagrama Unilineal Funcional del paño E5 en SE Nueva Imperial.

4.2.1 Conductor de Media Tensión en 23kV

Para la conexión del proyecto BESS a la barra de 23kV de la SE Imperial se utiliza un cable de 42.4 mm², cuyas características eléctricas entregadas por el fabricante se definen en el documento [4], y se presentan en la Figura 4.7. Como se menciona previamente, la conexión del BESS se realiza a través del paño E5 de la barra de media tensión de 23 [kV] de SE Imperial, a través de un tendido subterráneo cuya longitud aproximada es de 0.0215 [km].

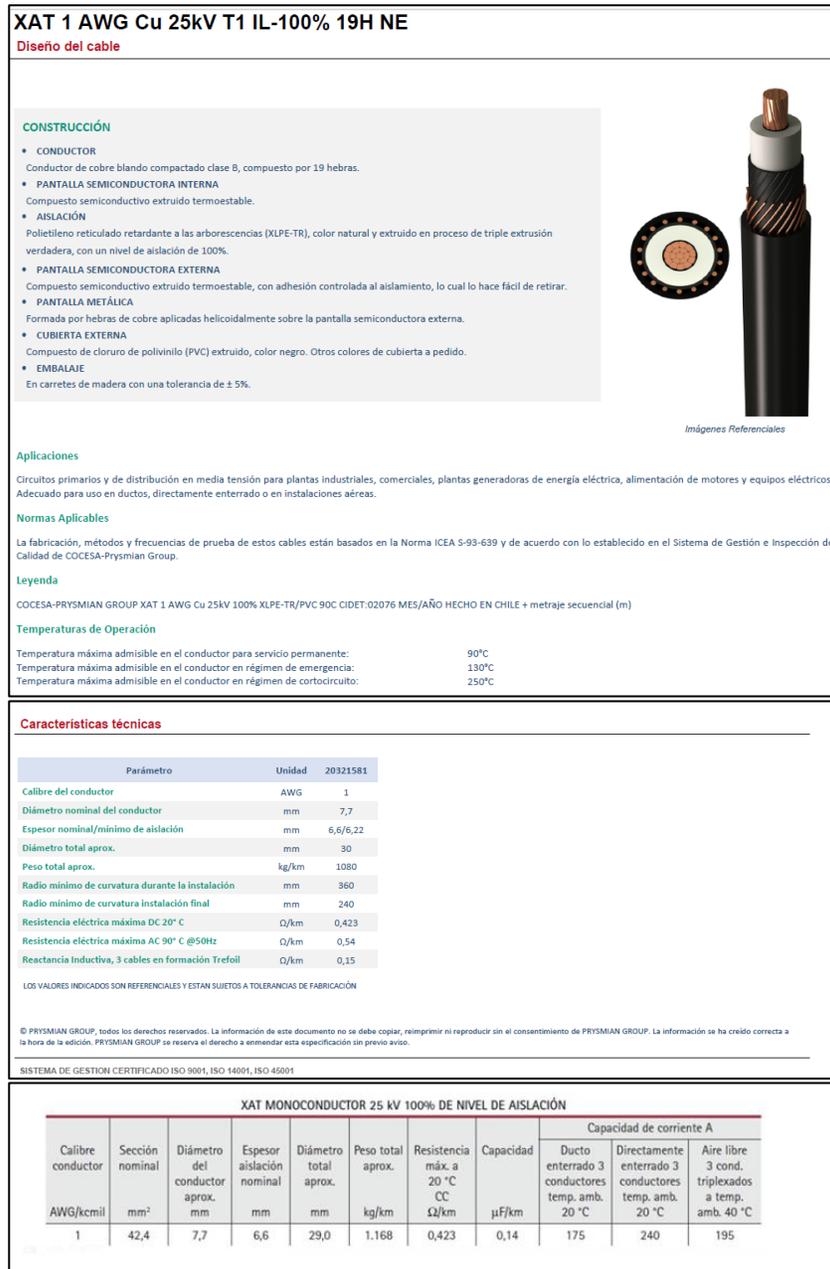


Figura 4.7: Parámetros de cable media tensión para conexión de proyecto BESS. [4]

4.2.2 Transformadores BESS 23/0.69kV 3.45 MVA

Para la conexión de cada sistema BESS se hará uso de dos transformadores de poder trifásicos Dy11 de 23/0.69kV de 3.45 MVA cada uno, con cambiador de taps en vacío. Las características eléctricas detalladas en la ficha técnica entregada por el fabricante, junto con los resultados de los ensayos de fábrica, se muestran en la Figura 4.8.



2.4.2 Induced voltage withstand test (IVW)							
Tested winding	Applied voltage (kV)	Induced times	Frequency (Hz)	Time (s)	Conclusion		
Low-side	1.38	2.0	200	30	Pass		
2.5 Measurement of no-load loss and current							
Test items		Test value			Conclusion		
No-load loss (W)		4320.1			Pass		
No-load current (%)		0.30			Pass		
2.6 Measurement of short-circuit impedance and load loss							
Test items		Test value			Conclusion		
Load loss at 120°C (W)		20884.3			Pass		
Impedance voltage at 120°C (%)		7.62			Pass		
2.7 Determination of sound levels							
Test items		Test value			Conclusion		
Determination of sound levels (dB)		≤61.7			Pass		
2.8 Induced voltage with PD measurement							
Enhancement voltage	1.8Ur	Time	30s	Phase A	Phase B	Phase C	Conclusion
Measurement voltage	1.3Ur	Time	3min	<9 pC	<9 pC	<9 pC	Pass
3. Conclusion							
Each test item, in pursuant to IEC60076 of this product has passed the examination. It could be put into service.							
Tested by	陆天	Checked by	周夏磊	Date	2023.10.30		

Figura 4.8: Información técnica de transformador elevador [5] [11].

4.2.3 Transformador de servicios auxiliares 23/0.4kV

Para el BESS Nueva Imperial se instala un transformador de servicios auxiliares (SSAA) con una tensión nominal de 23/0.4kV y potencia nominal de 400 kVA. Este transformador se conecta directamente a la barra de 23 kV de la SE Imperial, permitiendo que los SSAA del BESS Nueva Imperial se alimenten externamente al sistema de almacenamiento. En la Figura 4.9 presentan las características eléctricas detalladas en la placa de datos y los resultados de los ensayos correspondientes al transformador.

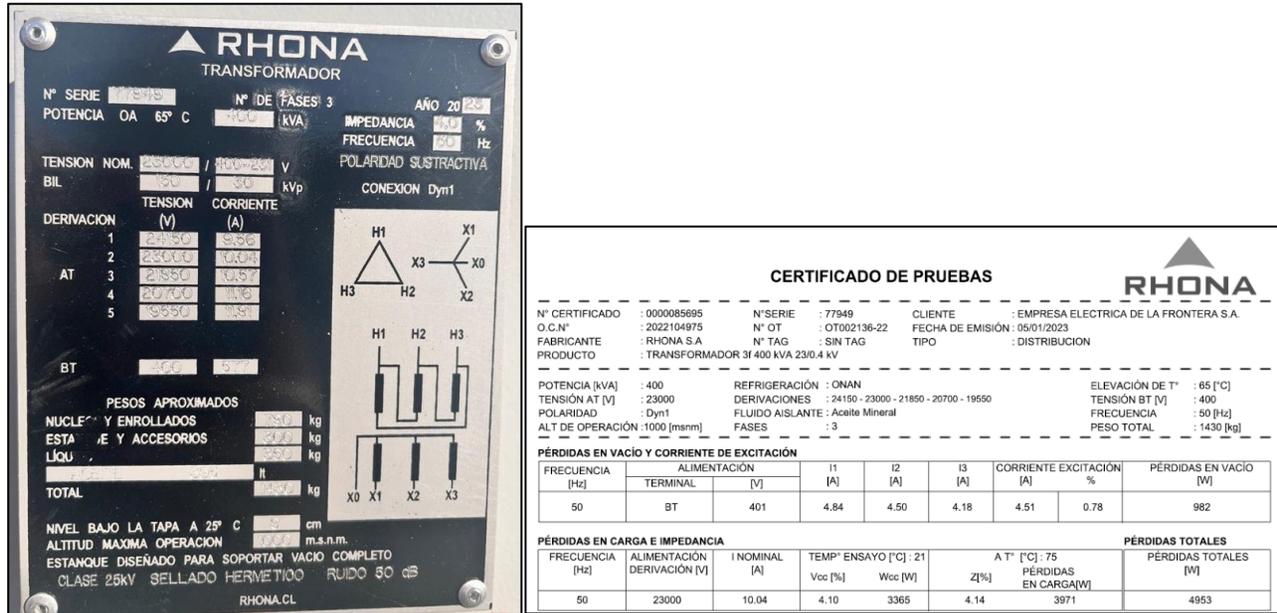


Figura 4.9: Captura de parámetros del Transformador de SSAA, Fabricante RHONA.

4.2.4 Inversores BESS

Para la implementación de los BESS se utilizan cuatro inversores de una potencia de 1.75MVA y tensiones nominales de 1500Vdc / 690Vac, con temperatura de diseño a -35°C hasta 60°C. Los inversores del BESS son de marca *NR Electric*, modelo PCS9567-1750, los cuales poseen la siguiente ficha técnica:

Parameter of PCS	
Type	PCS9567-1750
DC side	
DC input voltage range (V)	1050~1,500
Max. DC input current (A)	1833
DC voltage ripple	< 1%
DC current ripple	< 3%
AC side	
Nominal output power (kW)	1750
Max. AC power (kW)	1900
Nominal operating voltage (V)	690
Operating voltage range (V)	630~760
Max. AC output current (A)	1588
Nominal frequency (Hz)	50
Operating frequency range (Hz)	45~55
Total harmonic distortion rate	< 3%
Nominal power factor	> 0.99
Power factor range	0.9 ((leading) ~ 0.9(lagging))
Wiring method	Three-phase three-wire system

Figura 4.10: Características de ficha técnica de los inversores para los BESS [6]

A continuación, se presenta la curva PQ entregada por el fabricante en el documento [7].

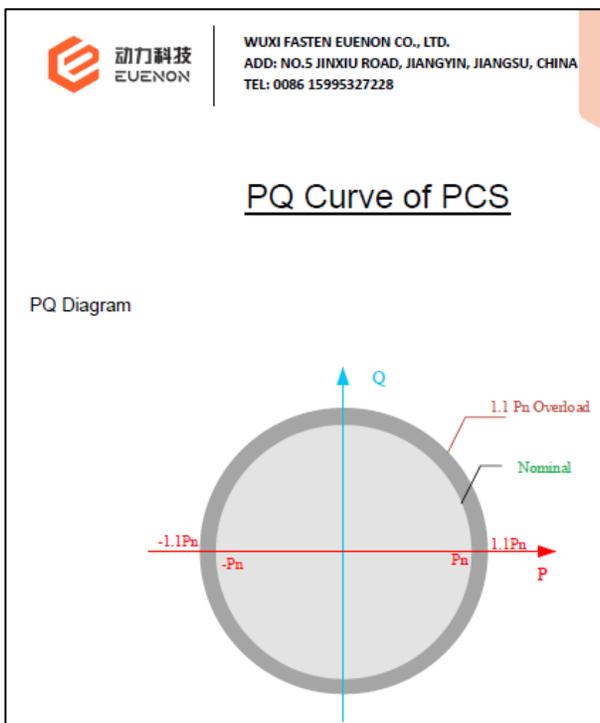


Figura 4.11: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva de los inversores PCS9567-1750 [7].

Con respecto al aporte al cortocircuito, se presenta la información entregada por el fabricante en el documento [8].

Short Circuit Current Report for PCS

Proposed PCS short circuit current is listed in following table (Overcurrent protection strategy, Related to device capabilities) :

Peak short circuit current I_p (A)	Initial symmetrical short circuit current I_k'' (A)	Steady state short circuit current I_k (A)
4000	2000	1443

Figura 4.12: Aportes de los inversores PCS9567-1750 al cortocircuito, de acuerdo con documentación de fabricante [8].

4.2.5 Baterías

El sistema de almacenamiento de energía consta de 66 gabinetes de baterías de fosfato de hierro y litio, marca Ampace, de 532.4 kWh cada uno. La ficha técnica de cada gabinete de baterías se presenta en la Figura 4.13.

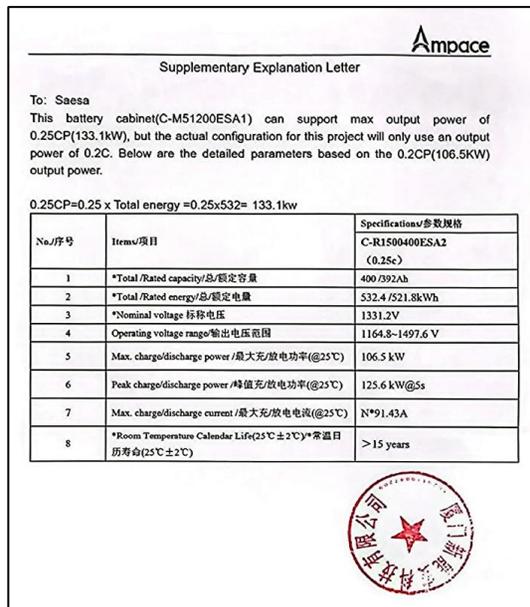


Figura 4.13: Especificaciones técnicas módulos de baterías BESS NI.

Como se menciona previamente, se requiere que el BESS Nueva Imperial posea una capacidad efectiva de 26 MWh en el séptimo año de operación (según [22]). En el dimensionamiento del sistema de baterías se ha considerado el efecto de la degradación¹ informada por el fabricante, de manera que la capacidad de almacenamiento efectiva en el año 7 sea de 26 MWh. En la Figura 4.14 se presenta la curva de degradación del sistema de almacenamiento perteneciente al BESS Nueva Imperial.

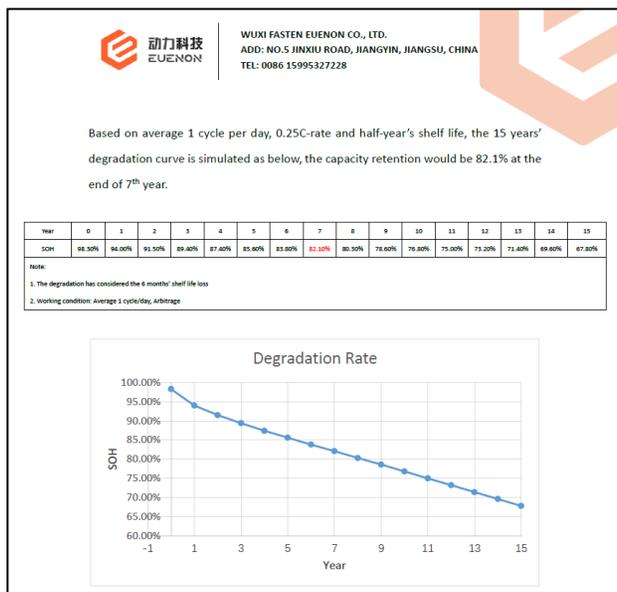


Figura 4.14: Curva de degradación de capacidad de almacenamiento BESS NI [10].

¹ Considera degradación por años, degradación por número de ciclos, profundidad de descarga (DoD), temperatura ambiente y tasa de descarga.

En la Figura 4.15 se presenta la eficiencia para un ciclo completo de carga y descarga (RTE) declarado por el fabricante.

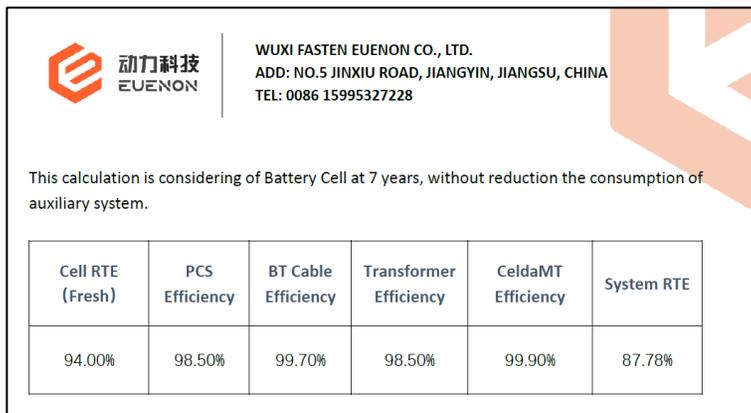


Figura 4.15: Round-Trip Efficiency BESS NI [9].

5 DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO BESS NUEVA IMPERIAL

5.1 EXIGENCIAS NORMATIVAS Y DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS

5.1.1 Requerimientos normativos

Las instalaciones que desean conectarse al SEN deben cumplir con los requerimientos de la NTSyCS, y con los anexos técnicos que la complementan. De esta forma, el propietario de la instalación deberá entregar la información técnica requerida y respaldar los parámetros de operación.

Durante el periodo de puesta en servicio de instalaciones de generación en el SEN, se deben validar los siguientes parámetros de acuerdo con lo establecido en los respectivos Anexos Técnicos:

- Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras.
- Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.
- Determinación de Parámetros para los procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras.

Las Empresas Generadoras cuyas unidades generadoras hayan entrado en operación en el SEN y aquellas que estén realizando pruebas de operatividad previas a su entrada en operación, deberán informar al Coordinador, el Mínimo Técnico de sus unidades, conforme a los plazos y formas de acuerdo con lo requerido en el anexo técnico: “Determinación de mínimos técnicos en unidades generadoras”.

El anexo técnico mencionado anteriormente, en su artículo 8 “Consideraciones en la determinación del Mínimo Técnico” se indica que:

“El valor informado para el Mínimo Técnico de las unidades generadoras del SI deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de la misma.”

“La Empresa Generadora deberá proporcionar al Coordinador los antecedentes que respaldan el valor de Mínimo Técnico informado, incluyendo los supuestos y metodologías utilizadas para establecer dicho valor, los que deberán recoger las recomendaciones entregadas por el fabricante y antecedentes operativos que hayan sido registrados durante la operación de la respectiva unidad generadora.”

“El valor informado para el Mínimo Técnico de las unidades generadoras señalado en el presente Anexo, deberá ser representativo de las características técnicas propias de dichas unidades. Aquellas restricciones operativas tales como restricciones del sistema de transmisión, medioambientales, convenios de riego, entre otras, no deberán ser consideradas en la determinación de este valor”.

En definitiva, el presente informe técnico contiene la información solicitada en el anexo técnico “Determinación de mínimos técnicos en unidades generadoras”.

5.1.2 Pruebas requeridas

La presente sección expone los procedimientos de pruebas específicas para BESS, los cuales fueron aprobados por el CEN [18], y que permiten verificar el cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos previamente mencionados. El procedimiento para las pruebas de mínimo técnico en BESS se basó en los documentos [1], [13], [15], [16] y [24].

Los anexos técnicos mencionados en el apartado anterior especifican de forma detallada los procedimientos y la obtención de resultados que validan la información sobre las unidades de generación convencional. A su vez, la nueva guía técnica del CEN DCO N°01-2024 (documento [24]) proporciona recomendaciones para la elaboración de los informes de Parámetros Operacionales de unidades generadoras renovables no convencionales y sistemas de almacenamiento de energía.

En el caso específico de los sistemas de almacenamiento, es necesario realizar las pruebas de mínimo técnico considerando los modos de operación de Carga y Descarga, con el fin de determinar el valor de mínimo técnico de retiro e inyección.

El periodo de la prueba comprometido para carga y descarga del sistema de almacenamiento corresponderá a lo definido como cantidad de horas de almacenamiento para el caso de inyección y tiempo de carga para el caso de retiro.

En base a la normativa vigente se requieren las siguientes pruebas:

- **Mínimo Técnico en modo descarga** P_{MT-D} : Esta prueba consiste en la descarga del sistema de almacenamiento al sistema, inyectando en la barra principal de conexión al sistema. Se debe determinar la mínima potencia que este puede sostener de forma continua durante la cantidad de horas del almacenamiento acorde a su diseño.
- **Mínimo Técnico en modo carga** P_{MT-C} : Esta prueba consiste en la carga del sistema de almacenamiento desde la barra principal de conexión al sistema. Se debe determinar la mínima potencia que este puede sostener de forma continua durante el tiempo de carga acorde al diseño, pudiendo ser este distinto a la cantidad de horas del almacenamiento.

5.1.3 Parámetros para reportar

En la Figura 5.1 se muestra de forma esquemática la disposición del BESS Nueva Imperial con sus respectivos puntos de medición y referencias de las mediciones de potencia.

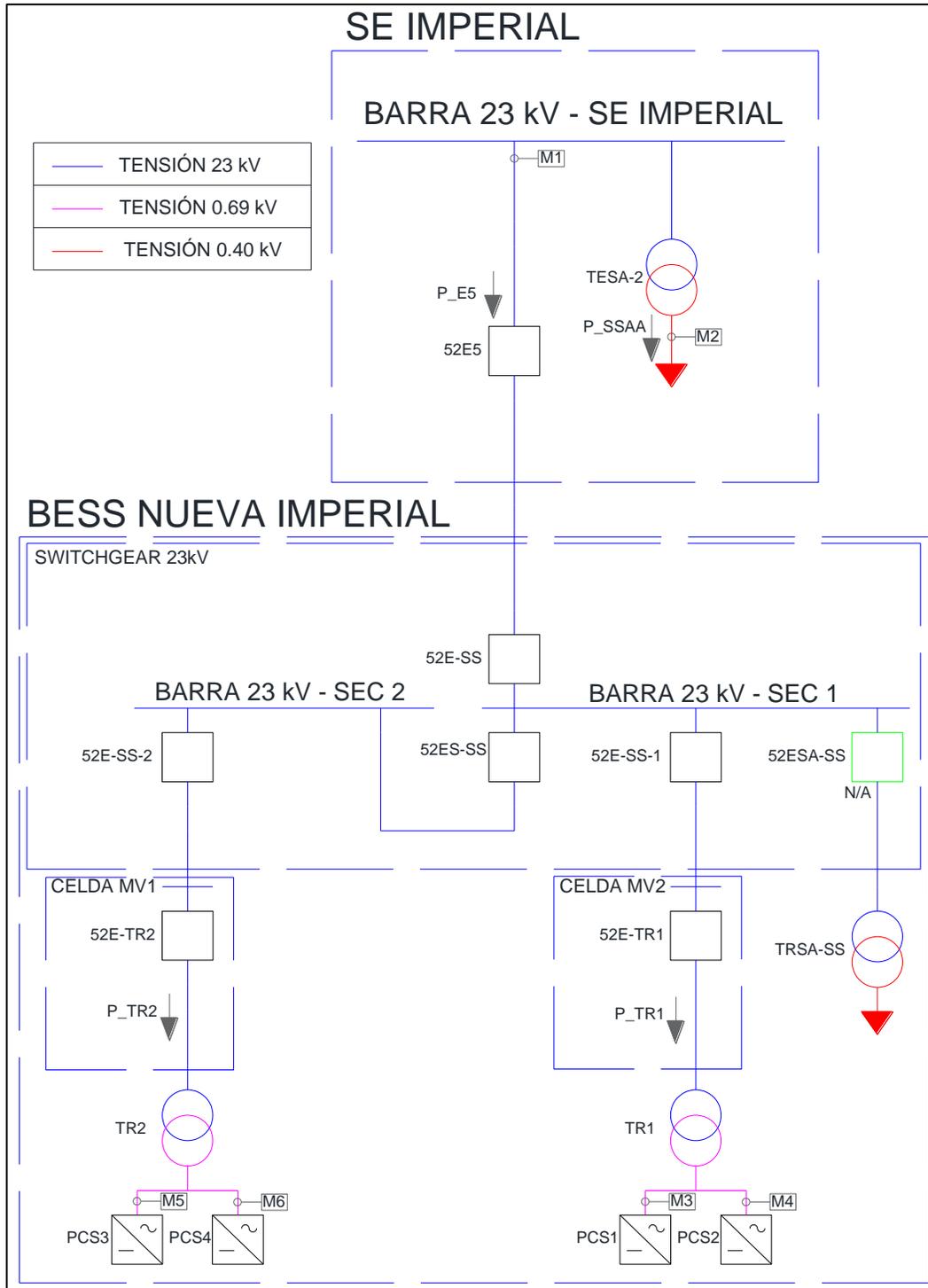


Figura 5.1: Esquema de BESS Nueva Imperial.

Los equipos de registro empleados se detallan en la Tabla 5.1.

Punto de medición	Ubicación	Marca/Modelo	Resolución	Variables disponibles
M1	Paño E5	Elspec G4500	1 muestra/min	V, I, f, P y Q
M2	Baja tensión TESA-2	Elspec PureBB	1 muestra/min	V, I, f, P y Q
M3	Lado AC PCS1	SCADA proyecto	1 muestra/min	P, Q y S
M4	Lado AC PCS2	SCADA proyecto	1 muestra/min	P, Q y S
M5	Lado AC PCS3	SCADA proyecto	1 muestra/min	P, Q y S
M6	Lado AC PCS4	SCADA proyecto	1 muestra/min	P, Q y S

Tabla 5.1: Equipos de medición utilizados.

Los componentes principales de la planta son:

1. Generador equivalente BESS: Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa, en el lado AC de cada inversor perteneciente al BESS.
2. Sistema colector equivalente BESS: Corresponde a las pérdidas del sistema colector del sistema BESS, esto es, transformadores colectores, cables de baja y media tensión.
3. Servicios auxiliares BESS: Cargas asociadas con la operación de un BESS tales como, pero no limitado a, controles, sistemas de enfriamiento, ventiladores, bombas y calentadores necesarios para operar y proteger el sistema.
4. Transformador de poder: Equipo elevador de tensión de la central generadora o del BESS que permite la conexión al SEN.
5. Barra media tensión: Corresponde a la tensión en el lado de media tensión del transformador de poder de la central.
6. Línea dedicada de la central: Cable de media tensión que vincula la central generadora con el SEN.
7. Sistema Eléctrico Nacional.
8. P1: Potencia inyectada o absorbida por el BESS en la barra de media tensión de su subestación de salida. La potencia activa de salida se expresará con un signo positivo cuando se inyecta al SEN.
9. P2: Potencia inyectada o absorbida por el BESS en la barra de baja tensión de su subestación de salida. En el BESS Nueva Imperial corresponde a $P_{TR1_BT} + P_{TR2_BT}$.
10. Punto de conexión: Se define el punto de conexión para un BESS, el correspondiente a la barra de media tensión de sus transformadores de poder.

Para el caso de la configuración mostrada en la Figura 5.1, durante los ensayos realizados los inversores del BESS son agrupados en cuatro PCS, los cuales a su vez se agrupan en parejas (PCS1-PCS2 y PCS3-PCS4) y cada pareja se conecta al switchgear de 23kV por medio de dos transformadores de poder. El switchgear de 23kV se conecta al paño E5 de la SE Imperial donde son medidas las potencias del sistema BESS que se inyectan o consumen (en modo descarga y carga) de la subestación. Por otro lado, los servicios auxiliares también se conectan a la barra de 23kV a la que se conecta el paño E5, mediante el transformador TESA-2. El transformador TRSA-SS y su carga se encuentran normalmente desconectados, y se prevé su uso solo en caso de emergencia.

La potencia activa mínima bruta ($P_{MT\ bruta}$) del sistema BESS se expresa de la siguiente manera:

$$P_{MT\ bruta} = P_{TR1_BT} + P_{TR2_BT}$$

O en su defecto:

$$P_{MT\ bruta} = P_{PCS1_BESS} + P_{PCS2_BESS} + P_{PCS3_BESS} + P_{PCS4_BESS}$$

La potencia activa mínima neta ($P_{MT\ neta}$) del sistema BESS se calcula como sigue:

$$P_{MT\ neta} = P_{E5} + P_{SSAA_BESS}$$

O en su defecto:

$$P_{MT\ neta} = P_{MT\ bruta} - P_{PérdidaT1} - P_{PérdidaT2} - P_{PérdidaSC} - P_{SSAA_BESS}$$

En donde:

$P_{MT\ bruta}$: Potencia activa mínima bruta inyectada por el BESS.

P_{TRi_BT} : Potencia activa inyectada en el lado de baja tensión del Transformador de Poder i.

P_{PCSi_BESS} : Potencia activa registrada en el lado de Baja Tensión del PCS i.

$P_{MT\ Neta}$: Potencia activa mínima neta inyectada por el sistema BESS a la SE Imperial

P_{E5} : Potencia registrada en el paño E5 de la SE Imperial en 23kV.

P_{SSAA_BESS} : Potencia consumida por los servicios auxiliares del sistema BESS.

P_{SC} : Pérdidas de potencia entre el Switchgear y el paño E5 de la SE Imperial.

5.2 PRUEBA DE MÍNIMO TÉCNICO EN MODO DESCARGA

Los registros de la prueba de mínimo técnico en modo descarga del BESS Nueva Imperial corresponden a las mediciones comprendidas entre 04:50 y las 13:50 del día 14 de septiembre de 2024. La Figura 5.2 presenta los registros de potencia activa y reactiva² en el paño E5 de la SE Imperial, respectivamente. Cabe mencionar que se realizaron movimientos de potencia reactiva para corroborar el control del BESS Nueva Imperial.

La consigna de mínimo técnico se mantiene durante más de 5 horas, tiempo que corresponde a la cantidad de horas de almacenamiento según su diseño.

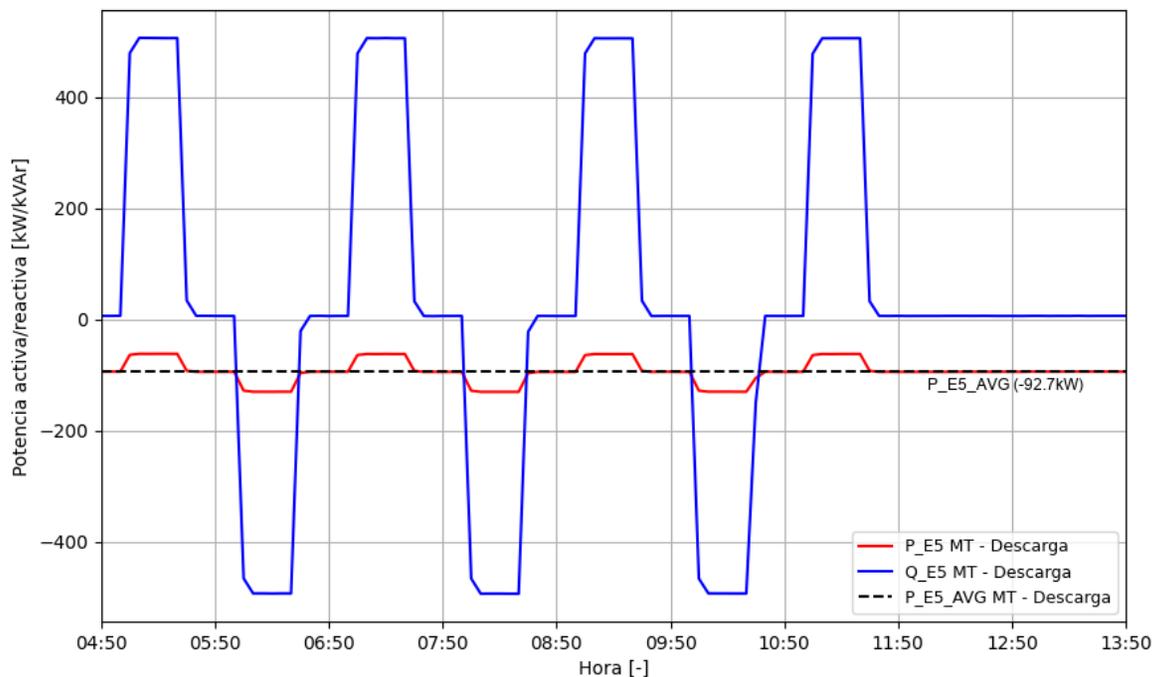


Figura 5.2: Registros de potencia activa y reactiva en paño E5 SE Imperial. Prueba de Mínimo Técnico (Descarga).

Además, se registró la potencia activa y reactiva en el lado de alterna de cada uno de los PCS del BESS, cuyos resultados se presentan en Figura 5.3, Figura 5.4, Figura 5.5 y Figura 5.6. Finalmente, se registraron los consumos de baja tensión del transformador de servicios auxiliares TESA-2 del BESS, los cuales se muestran en la Figura 5.7.

² En el presente informe se utilizan las mismas referencias de potencia activa y reactiva que el medidor de facturación del BESS Nueva Imperial, es decir, potencia activa positiva indica que el BESS absorbe potencia (modo carga), y potencia activa negativa indica que el BESS inyecta potencia (modo descarga).

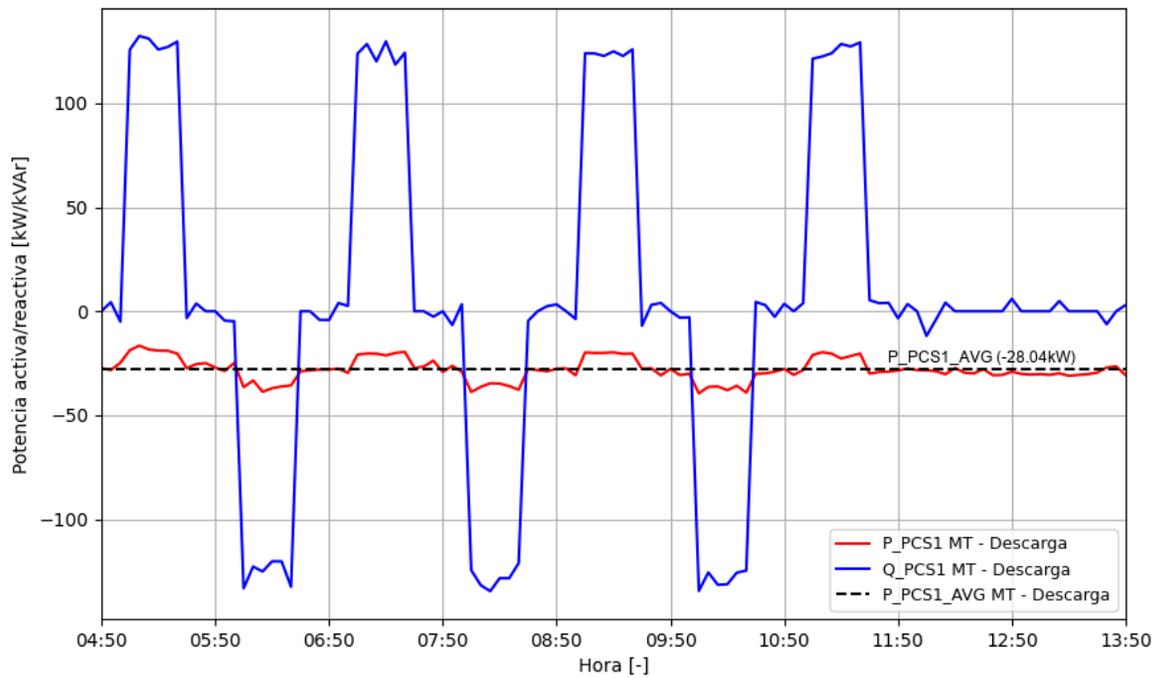


Figura 5.3: Registros de potencia activa y reactiva en PCS1 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)

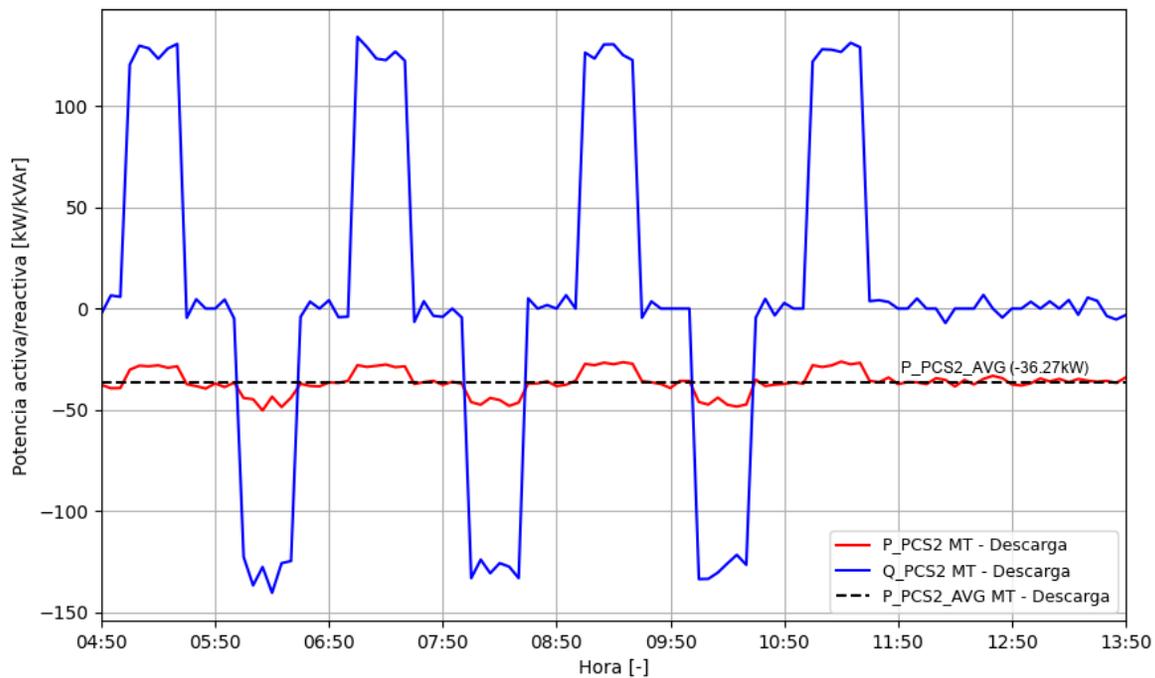


Figura 5.4: Registros de potencia activa y reactiva en PCS2 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)

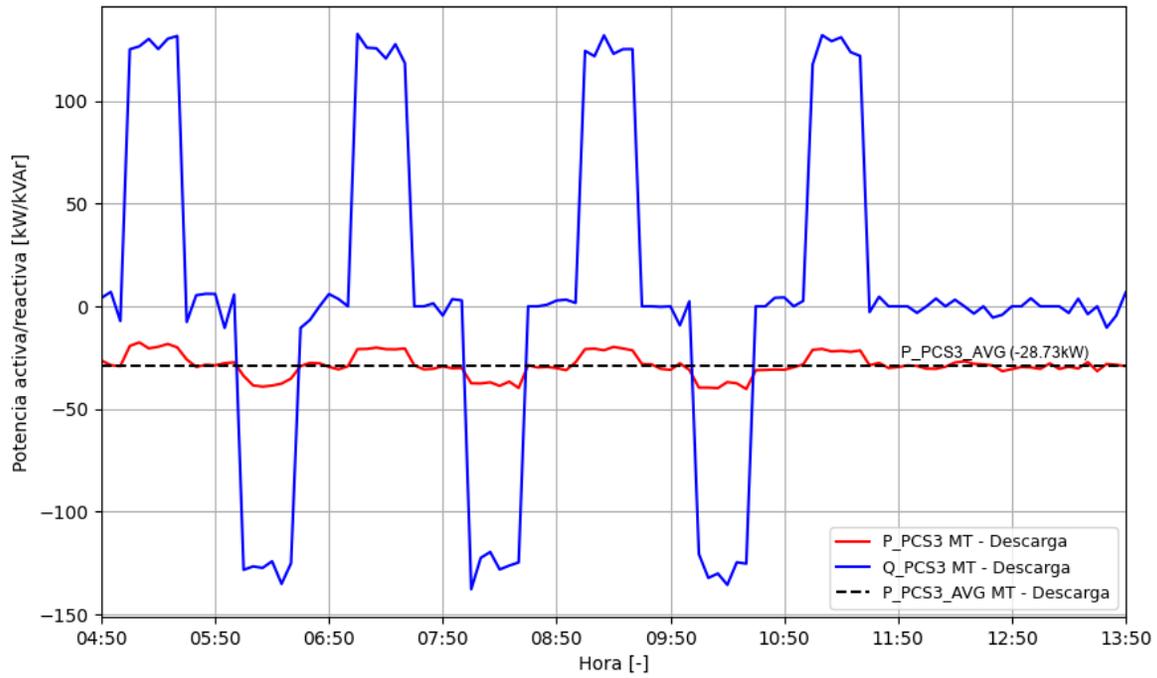


Figura 5.5: Registros de potencia activa y reactiva en PCS3 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)

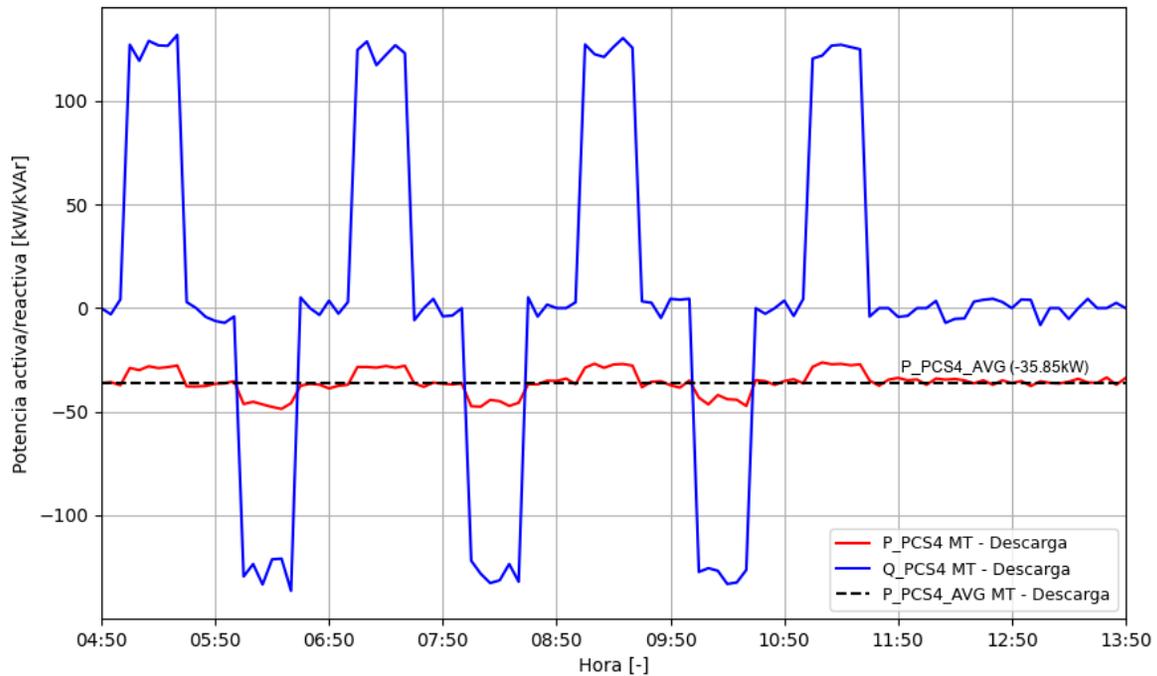


Figura 5.6: Registros de potencia activa y reactiva en PCS4 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)

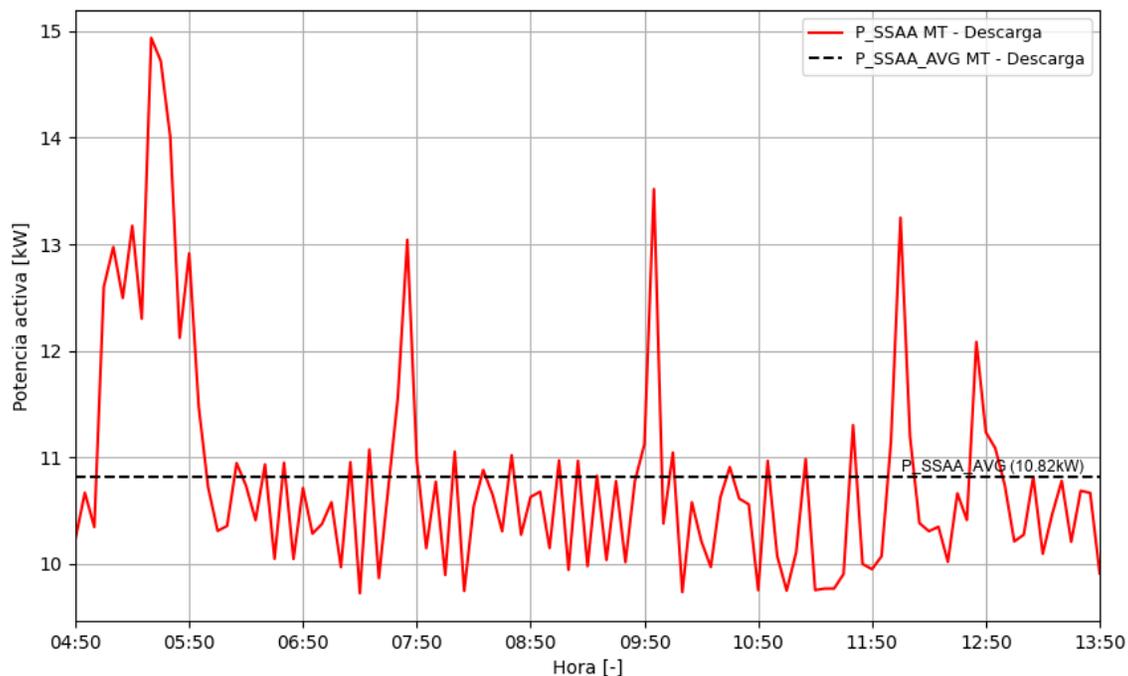


Figura 5.7: Registros de potencia activa en SSAA del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (descarga)

Para realizar los cálculos de pérdidas en los transformadores elevadores, en el sistema colector y en el transformador de servicios auxiliares (SS.AA.) de la prueba de mínimo técnico (Descarga), se utilizó el valor promedio de los registros obtenidos entre las 04:50 y las 13:50 del día 14 de septiembre del 2024. El promedio de los registros se presenta en la Tabla 5.2.

Variable [MW]	Registro Promedio
Potencia activa en PCS1	-0.0280
Potencia activa en PCS2	-0.0363
Potencia activa en PCS3	-0.0287
Potencia activa en PCS4	-0.0359
Potencia activa en Paño E5	-0.0927
Potencia activa en SS.AA.	0.0108

Tabla 5.2: Registro de promedio de mediciones en ensayo de Mínimo Técnico (descarga).

5.2.1 Determinación de Mínimo Técnico Bruto (Descarga)

Para determinar la potencia de mínimo técnico bruto para modo descarga del BESS se tiene la potencia obtenida por la sumatoria de los registros de potencia activa en los cuatro inversores (PCS) del sistema BESS, equivalente a las potencias del lado de baja tensión en los transformadores del sistema.

$$P_{MT_D\ bruto} = P_{PCS1} + P_{PCS2} + P_{PCS3} + P_{PCS4}$$

$$P_{MT_D\ bruto} = -0.1289 \text{ [MW]}$$

5.2.2 Determinación de Mínimo Técnico Neto y desglose de pérdidas (Descarga)

Para determinar la potencia de mínimo técnico neto en modo descarga del BESS Nueva Imperial y establecer las pérdidas en los distintos elementos del sistema colector, es necesario proceder de forma matemática, realizando consideraciones y cálculos a partir de los registros de la prueba efectuada en modo descarga de mínimo técnico.

En primer lugar, mediante la potencia activa registrada en el lado alterna de los cuatro inversores se determina la potencia activa en baja tensión de ambos transformadores elevadores, esto como se indica a continuación:

$$P_{TR1_BT} = P_{PCS1} + P_{PCS2} = 0.0643 \text{ [MW]}$$

$$P_{TR2_BT} = P_{PCS3} + P_{PCS4} = 0.0646 \text{ [MW]}$$

Para obtener la potencia activa en el lado media tensión de los transformadores elevadores es necesario obtener las pérdidas de cada transformador, las cuales se determina como la suma de las pérdidas de vacío y un ponderado de las pérdidas de carga en función del cuadrado de su cargabilidad, es decir:

$$P_{TR_x} = P_{vacío_x} + \frac{S_x^2}{S_n^2} P_{carga_x}$$

$P_{vacío_x}$: Pérdidas de vacío del transformador del transformador elevador "x".

P_{carga_x} : Pérdidas con carga del transformador de transformador elevador "x".

S_x : Potencia registrada en BT del transformador del transformador elevador "x".

S_n : Potencia nominal de BT del transformador elevador "x", 3450 kVA.

Los valores de pérdidas de vacío y pérdidas nominales con carga de los transformadores elevadores 1 y 2 son extraídas desde sus protocolos de pruebas [11]. Los resultados para las pérdidas de los transformadores elevadores se muestran en la Tabla 5.3.

Transformador	$P_{vacío}$ [kW]	P_{carga_x} [kW]	S_x [MVA]	P_{TR_x} [MW]
TR1 (PCS 1 y 2)	4.3201	16.5642	0.1414	0.0043
TR2 (PCS 3 y 4)	4.2247	16.5893	0.1412	0.0043

Tabla 5.3: Cálculo de pérdidas de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Mínimo Técnico (descarga).

Determinadas las pérdidas de los transformadores elevadores es posible obtener la potencia activa que circula por los bushings de media tensión de los transformadores elevadores.

$$P_{MT-TR_x} = P_{TR_x-BT} + P_{TR_x}$$

Reemplazando las pérdidas calculadas y los registros obtenidos se obtienen los resultados para P_{MT-TR_x} mostrados en la Tabla 5.4.

Transformador	P_{TR_x-BT} [MW]	P_{TR_x} [MW]	P_{MT-TR_x} [MW]
TR1 (PCS 1 y 2)	-0.0643	0.0043	-0.0600
TR2 (PCS 3 y 4)	-0.0646	0.0043	-0.0603

Tabla 5.4: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Mínimo Técnico (descarga).

A continuación, es posible determinar las pérdidas del sistema colector (pérdidas en circuitos soterrados y switchgear) como la diferencia entre la potencia activa de media tensión y los registros de potencia activa en el paño E5 de la SE Imperial.

$$P_{SC} = P_{E5} - P_{MT-TR_1} - P_{MT-TR_2}$$

$$P_{SC} = 0.0276 [MW]$$

Mediante las pérdidas del sistema colector y las pérdidas de los transformadores elevadores es posible determinar las pérdidas de mínimo técnico modo descarga, definidas por la siguiente expresión:

$$P_{Central-MT-D} = P_{SC} + P_{TR_1} + P_{TR_2}$$

$$P_{Central-MT-D} = 0.0362 [MW]$$

Finalmente, para obtener el mínimo técnico neto es necesario considerar la actual conexión del transformador de SS.AA. del proyecto BESS Nuevas Imperial, el cual se alimenta desde la barra de 23kV de la SE Imperial (Figura 4.2), por lo tanto, para determinar el mínimo técnico neto se deben restar los consumos auxiliares a los registros de potencia activa del paño E5.

$$P_{MT_D\ neto} = P_{E5} - P_{SSAA_{BESS}}$$

Dado que los registros de SS.AA. fueron medidos desde la barra de baja tensión del transformador TR-ESA, es necesario determinar las pérdidas de dicho transformador, para lo cual se procede de manera análoga a la determinación de las pérdidas de los transformadores elevadores. Los resultados se presentan en la Tabla 5.5

Transformador	$P_{vacío}$ [kW]	P_{carga} [kW]	P_x [kW]	$P_{TR_{ESA}}$ [kW]	$P_{SSAA_{BESS-MT}}$ [kW]
TESA-2	0.982	2.989	10.8244	0.9842	11.8086

Tabla 5.5: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores servicios auxiliares. Prueba de Mínimo Técnico descarga.

El Mínimo Técnico Neto modo descarga se calcula de la siguiente manera:

$$P_{MT_D\ neto} = P_{E5} - P_{SSAA_{BESS}} - P_{TR_{ESA}}$$

$$P_{MT_D\ neto} = -0.0809 [MW]$$

5.3 PRUEBA DE MÍNIMO TÉCNICO EN MODO CARGA

Los registros de la prueba de mínimo técnico en modo carga del BESS Nueva Imperial corresponden a las mediciones comprendidas entre 02:30 y las 10:30 del día 17 de septiembre de 2024. La Figura 5.8 presenta los registros de potencia activa y reactiva en el paño E5 de la SE Imperial, respectivamente. Cabe mencionar que se realizaron movimientos de potencia reactiva para corroborar el control del BESS Nueva Imperial.

La consigna de mínimo técnico se mantiene durante más de 5 horas, tiempo que corresponde a la cantidad de horas de almacenamiento según su diseño.

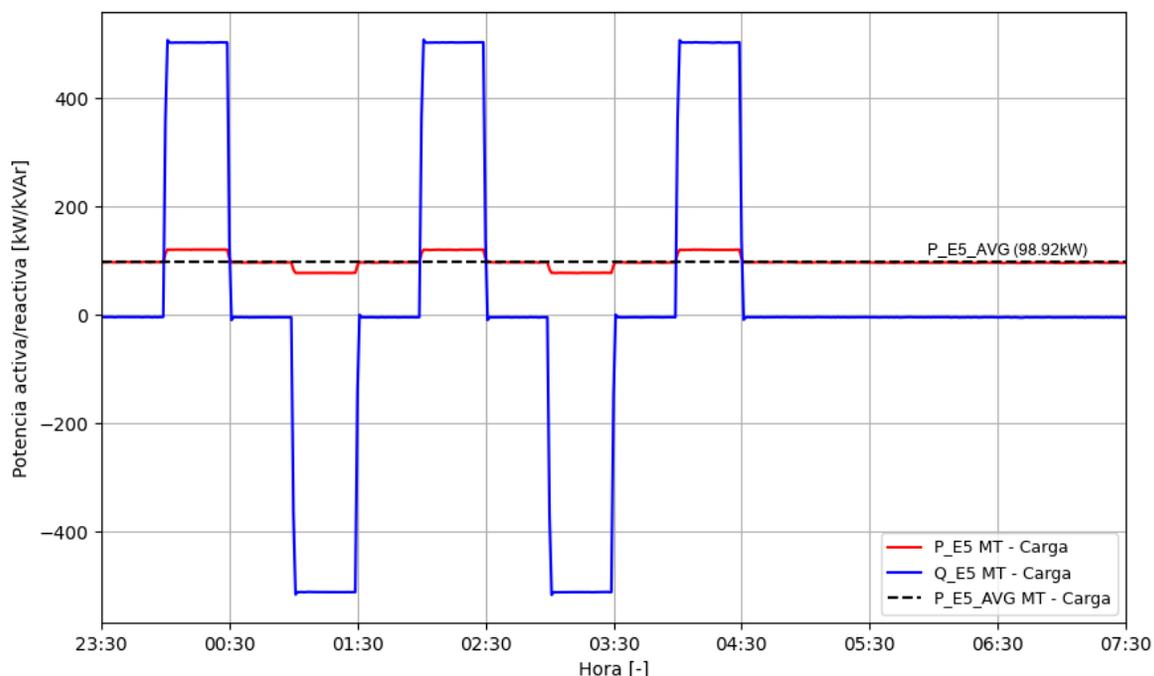


Figura 5.8: Registros de potencia activa y reactiva en paño E5 SE Imperial. Prueba de Mínimo Técnico (Carga).

Se registra la potencia activa y reactiva en el lado de alterna de cada uno de los PCS del BESS, cuyos resultados se presentan en Figura 5.9, Figura 5.10, Figura 5.11 y Figura 5.12. Finalmente, se registraron los consumos de baja tensión del transformador de servicios auxiliares TESA-2 del BESS, los cuales se muestran en la Figura 5.13.

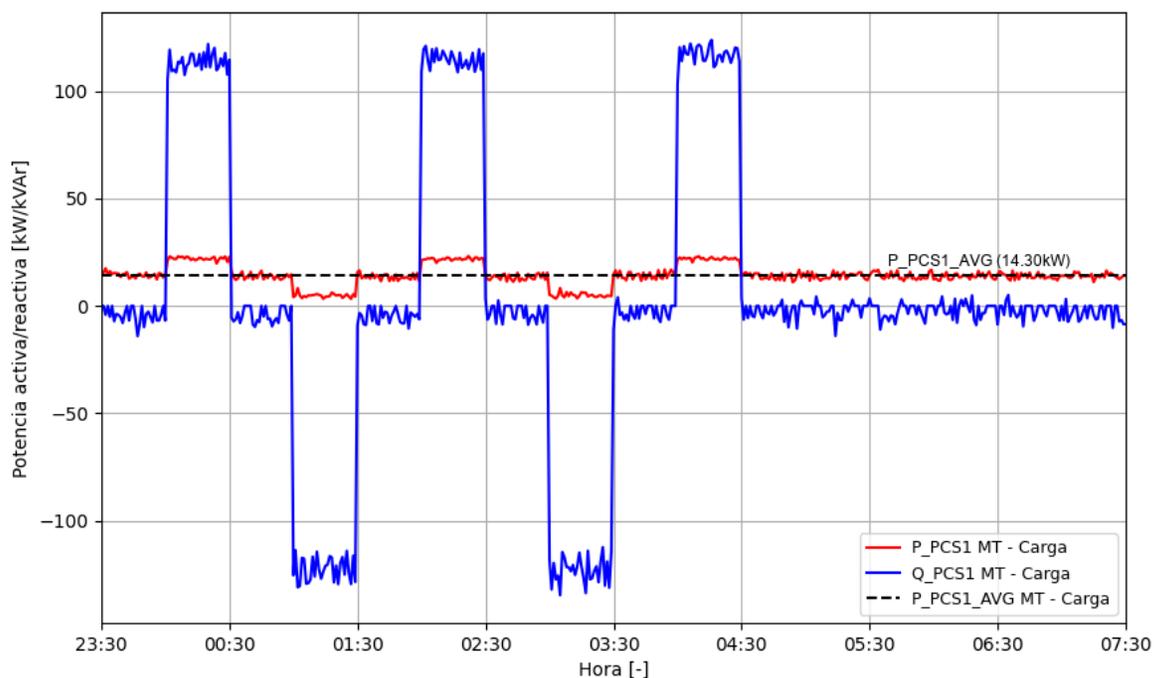


Figura 5.9: Registros de potencia activa y reactiva en PCS1 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga)

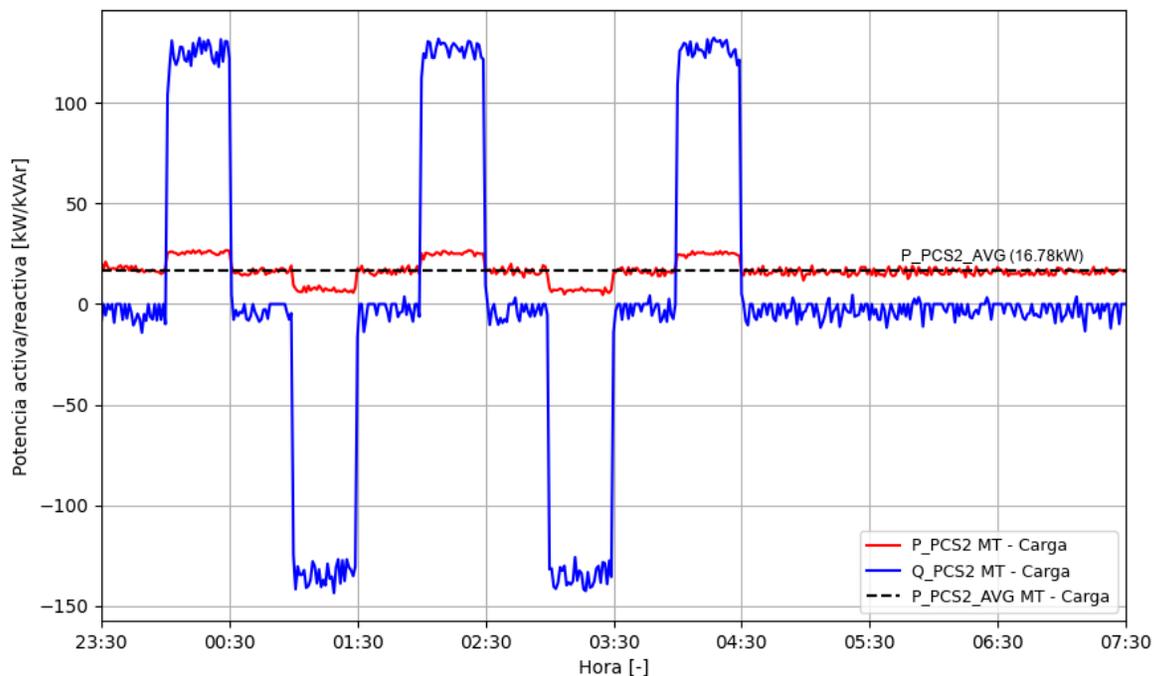


Figura 5.10: Registros de potencia activa y reactiva en PCS2 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga)

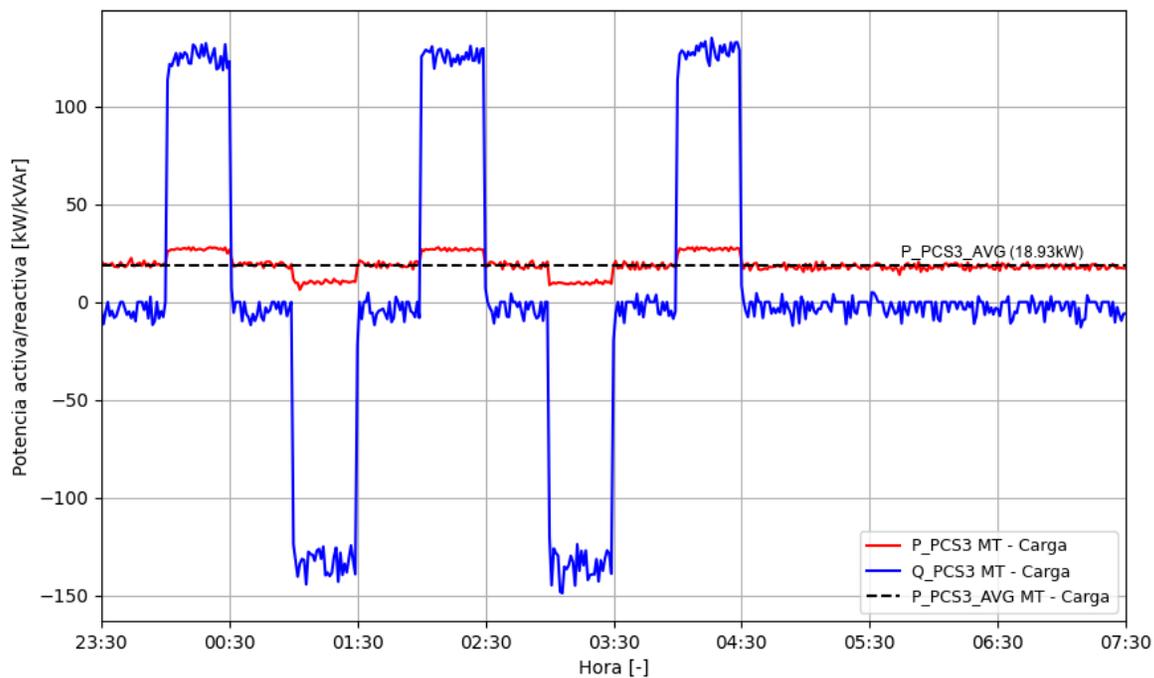


Figura 5.11: Registros de potencia activa y reactiva en PCS3 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga)

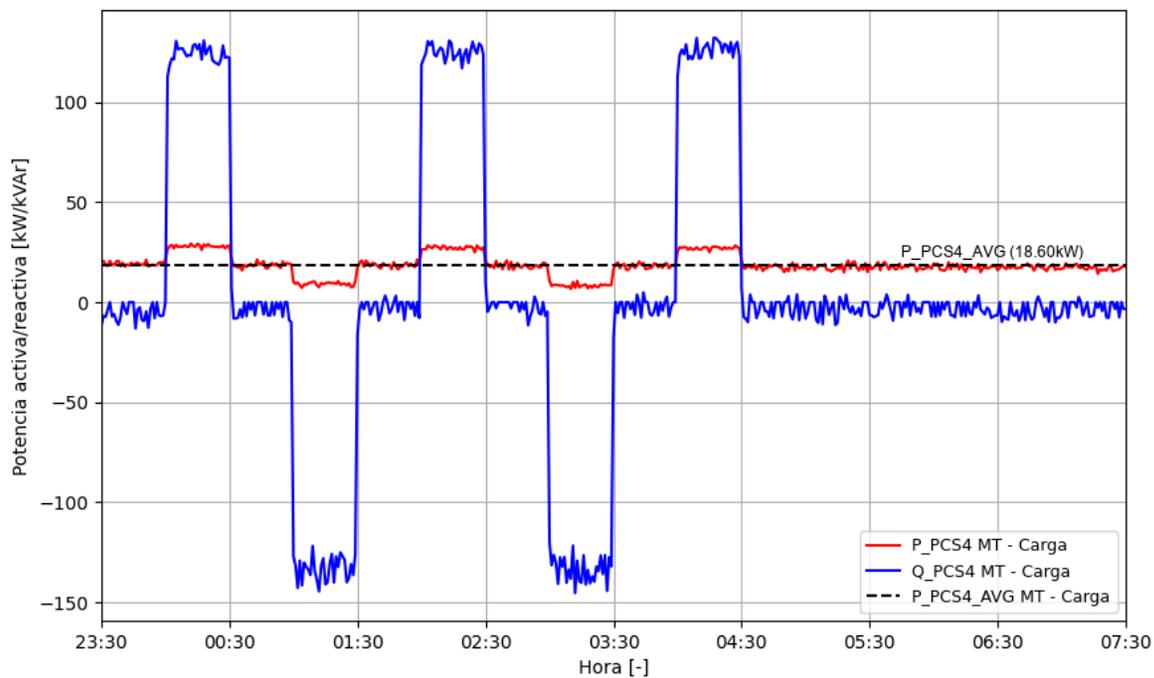


Figura 5.12: Registros de potencia activa y reactiva en PCS4 del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga)

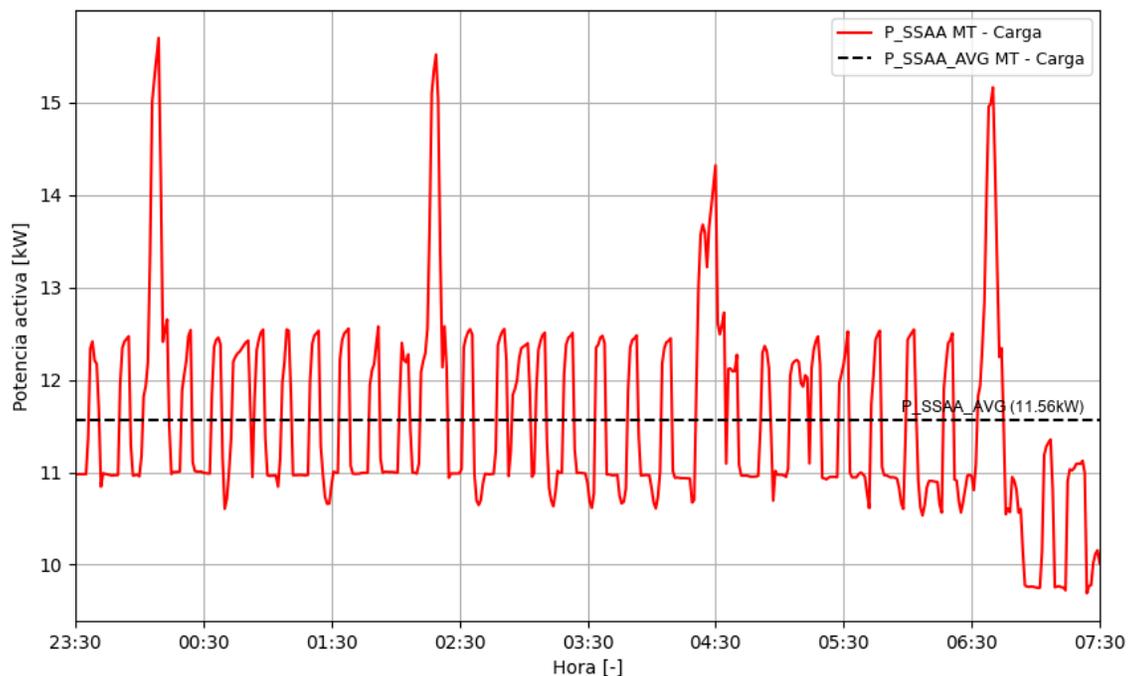


Figura 5.13: Registros de potencia activa en SSAA del BESS NI durante el ensayo de Mínimo Técnico (carga)

Para realizar los cálculos de pérdidas en los transformadores elevadores, en el sistema colector y en el transformador de servicios auxiliares (SS.AA.) de la prueba de mínimo técnico (Carga), se utilizó el valor promedio de los registros obtenidos entre las 02:30 y las 10:30 del día 17 de septiembre de 2024. El promedio de los registros se presenta en la Tabla 5.6.

Variable [MW]	Registro Promedio
Potencia activa en PCS1	0.0143
Potencia activa en PCS2	0.0168
Potencia activa en PCS3	0.0189
Potencia activa en PCS4	0.0186
Potencia activa en Paño E5	0.0989
Potencia activa en SS.AA.	0.0116

Tabla 5.6: Registro de promedio de mediciones en ensayo de Mínimo Técnico (carga).

5.3.1 Determinación de Mínimo Técnico Bruto (Carga)

Para determinar la potencia de mínimo técnico bruto para modo carga del BESS se tiene la potencia obtenida por la sumatoria de los registros de potencia activa en los cuatro inversores (PCS) del sistema BESS, equivalente a las potencias del lado de baja tensión en los transformadores de poder del sistema.

$$P_{MT_C\ bruta} = P_{PCS1} + P_{PCS2} + P_{PCS3} + P_{PCS4}$$

$$P_{MT_C\ bruta} = 0.0686 [MW]$$

5.3.2 Determinación de Mínimo Técnico Neto y desglose de pérdidas (Carga)

Para determinar la potencia de mínimo técnico neto en modo carga del BESS Nueva Imperial y establecer las pérdidas en los distintos elementos del sistema colector del BESS, es necesario proceder matemáticamente, efectuando consideraciones y cálculos a partir de los registros de la prueba efectuada en modo carga de mínimo técnico.

En primer lugar, mediante la potencia activa registrada en el lado alterna de los cuatro inversores se determina la potencia activa en baja tensión de ambos transformadores elevadores, esto como indica a continuación:

$$P_{TR1BT} = P_{PCS1} + P_{PCS2} = 0.0311 [MW]$$

$$P_{TR2BT} = P_{PCS3} + P_{PCS4} = 0.0375 [MW]$$

Para obtener la potencia activa en el lado media tensión de los transformadores elevadores es necesario obtener las pérdidas de cada transformador, las cuales se determina como la suma de las pérdidas de vacío y un ponderado de las pérdidas de carga en función del cuadrado de su cargabilidad, es decir:

$$P_{TR_x} = P_{vacío_x} + \frac{S_x^2}{S_n^2} P_{carga_x}$$

$P_{vacío_x}$: Pérdidas de vacío del transformador del transformador elevador "x".

P_{carga_x} : Pérdidas con carga del transformador de transformador elevador "x".

S_x : Potencia registrada en BT del transformador del transformador elevador "x".

S_n : Potencia nominal de BT del transformador elevador "x", 3450 kVA.

Los valores de pérdidas de vacío y pérdidas nominales con carga de los transformadores elevadores 1 y 2 son extraídas desde sus protocolos de pruebas [11]. Los resultados para las pérdidas de los transformadores elevadores se muestran en la Tabla 5.7.

Transformador	$P_{vacío}$ [kW]	P_{carga} [kW]	S_x [MVA]	P_{TR_x} [MW]
TR1 (PCS 1 y 2)	4.3201	16.5642	0.0998	0.0043
TR2 (PCS 3 y 4)	4.2247	16.5893	0.1075	0.0042

Tabla 5.7: Cálculo de pérdidas de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Mínimo Técnico (carga).

Determinadas las pérdidas de los transformadores elevadores es posible obtener la potencia activa que circula por los bushings de media tensión de los transformadores elevadores.

$$P_{MT-TR_x} = P_{TR_x-BT} + P_{TR_x}$$

Reemplazando las pérdidas calculadas y los registros obtenidos se obtienen los resultados para P_{MT-TR_x} mostrados en la Tabla 5.8.

Transformador	P_{TR_x-BT} [MW]	P_{TR_x} [MW]	P_{MT-TR_x} [MW]
TR1 (PCS 1 y 2)	0.0311	0.0043	0.0354
TR2 (PCS 3 y 4)	0.0375	0.0042	0.0417

Tabla 5.8: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Mínimo Técnico (carga).

A continuación, es posible determinar las pérdidas del sistema colector (pérdidas en circuitos soterrados y switchgear) como la diferencia entre la potencia activa de media tensión y los registros de potencia activa en el paño E5 de la SE Imperial.

$$P_{SC} = P_{E5} - P_{MT-TR_1} - P_{MT-TR_2}$$

$$P_{SC} = \mathbf{0.0218 [MW]}$$

Mediante las pérdidas del sistema colector y las pérdidas de los transformadores elevadores es posible determinar las pérdidas de mínimo técnico modo carga, definidas por la siguiente expresión:

$$P_{Central-MT-C} = P_{SC} + P_{TR_1} + P_{TR_2}$$

$$P_{Central-MT-C} = \mathbf{0.0303 [MW]}$$

Finalmente, para obtener el mínimo técnico neto es necesario considerar la actual conexión del transformador de SS.AA. del proyecto BESS Nuevas Imperial, el cual se alimenta desde la barra de 23kV de la SE Imperial (Figura 4.2), por lo tanto, para determinar el mínimo técnico neto se deben restar los consumos auxiliares a los registros de potencia activa del paño E5.

$$P_{MT_C\ neto} = P_{E5} - P_{SSAABESS}$$

Dado que los registros de SS.AA. fueron medidos desde la barra de baja tensión del transformador TR-ESA, es necesario determinar las pérdidas de dicho transformador, para lo cual se procede de manera análoga a la determinación de las pérdidas de los transformadores elevadores. Los resultados se presentan en la Tabla 5.9.

Transformador	$P_{vacío}$ [kW]	P_{carga} [kW]	P_x [kW]	$P_{TR_{ESA}}$ [kW]	$P_{SSAABESS-MT}$ [kW]
TESA-2	0.982	2.989	11.5580	0.9845	12.5425

Tabla 5.9: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores servicios auxiliares. Prueba de Mínimo Técnico (carga).

El Mínimo Técnico Neto se calcula de la siguiente manera:

$$P_{MT_C\ neto} = P_{E5} + P_{SSAABESS} + P_{TR_{ESA}}$$

$$P_{MT_C\ neto} = \mathbf{0.1115 [MW]}$$

6 CONCLUSIONES

Con base en las mediciones en el paño E5 de SE Imperial, en los PCS1, PCS2, PCS3 y PCS4 del BESS Nueva Imperial, y en los servicios auxiliares del proyecto BESS en los días 14 y 17 de septiembre de 2024, se determina la Mínimo Técnico neto y bruto para los procesos de carga y descarga del sistema de almacenamiento de energía con baterías. Cabe señalar que la consigna de mínimo técnico se mantiene durante más de 5 horas, tiempo que corresponde a la cantidad de horas de almacenamiento según su diseño. Además, se ingresa la menor consigna posible mediante el SCADA para los modos de carga y descarga. Al ingresar una consigna de 0 MW, el BESS Nueva Imperial entra en modo *stand-by*, sin aplicar a un estado de carga o descarga.

Para el proceso de **descarga** se obtiene una potencia de mínimo técnico neto de 0.0809 MW y un mínimo técnico bruto de 0.1289 MW, para dicho escenario, las pérdidas del sistema colector del BESS son de 0.0275 MW, el consumo medido de los SS.AA. del BESS es de 0.0108 MW y las pérdidas de los transformadores de poder son de 0.0087 MW.

Por otra parte, en el proceso de **carga** se determinó una potencia de mínimo técnico neto de 0.1115 MW y un mínimo técnico bruto de 0.0686 MW, para dicho escenario, las pérdidas del sistema colector del BESS son de 0.0218 MW, el consumo medido de los SS.AA. del BESS es de 0.0116 MW y las pérdidas de los transformadores de poder son de 0.0085 MW.

La Tabla 6.1 resume las potencias de mínimo técnico neto y bruto, además de las pérdidas identificadas en los diferentes equipamientos de las instalaciones, tal como se requiere en [24].

Central/Unidad	Modo de Operación	Tiempo carga/descarga [hr]	Mínimo Técnico Bruto [MW]	SS/AA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Mínimo Técnico Neto [MW]
BESS Nueva Imperial	Carga	5.0000	0.0686	0.0116	0.0303	0.1115
	Descarga	5.0000	-0.1289	0.0108	0.0362	-0.0809

Tabla 6.1: Parámetros de Mínimo Técnico de BESS Nueva Imperial.³

³ Los signos de potencia activa concuerdan con el medidor de facturación del BESS Nueva Imperial.

ANEXOS

**ANEXO I PRUEBAS DE FÁBRICA TRANSFORMADOR ELEVADOR ZHEJIANG JIANGSHAN TRANSFORMER
SCB13-3.45 MVA 23/0.69 KV**

TEST REPORT

Name: Dry-type transformer

Type: SCB13-3450/23

Serial No. : 2022112309002

Drawing No. : 1. 710. 330. 1CN

Zhejiang Jiangshan Transformer CO., LTD

Zhejiang Jiangshan Transformer Plant

一、Product Specification					
Type	SCB13-3450/23	Serial No.	2022112309002		
Rated Power (kVA)	3450	Connection symbol	Dy11		
Rated Voltage (kV)	23.0/ 0.69	Tap	±2+2.5%		
Rated Current (A)	86.6/ 2886.75	Type of cooling	AN/AF		
Frequency (Hz)	50	Insulation level (kV)	HV:LI150/AC 60		
Number of phase	3		LV:AC 3		
二、Test items and conclusions					
2.1 Voltage ratio test and check of connection symbol					
Tap position	Calculate Ratio	Deviation (%)			connection symbol
		AB/ab	BC/bc	CA/ca	
1	35.000	0.08	0.07	0.07	Dy11
2	34.420	0.06	0.05	0.06	
3	33.333	0.16	0.03	0.15	
4	32.500	0.02	0.01	0.03	
5	31.667	0.00	0.00	0.01	
2.2 Measurement of winding resistance					
winding temperature: 21.5 °C					
Winding	Tap	Resistance (Ω)			Unbalance rate (%)
		AB	BC	CA	
HV	1	0.7323	0.7334	0.7329	0.15
	2	0.7136	0.7151	0.7139	0.21
	3	0.6958	0.6971	0.6985	0.39
	4	0.6775	0.6789	0.6799	0.35
	5	0.6596	0.6602	0.6609	0.20
LV	/	ab	bc	ca	1.30
		0.0004512	0.0004513	0.0004571	
2.3 Measurement of insulation resistance					
winding temperature: 21.5 °C R.H.: 60 %					
Measured winding		Insulation resistance (MΩ)			
H.V. - L.V. and earth		≥2000			
L.V. - H.V. and earth		≥2000			
H.V. and L.V. - earth		≥2000			
Core - earth		≥500			
2.4 Dielectric routine tests					
winding temperature: 23.5 °C R.H.: 51 %					
2.4.1 Applied voltage test (AV)					
Tested winding	Testing voltage (kV)	Time (s)	Conclusion		
H.V. - L.V. and earth	60	60	Pass		
L.V. - H.V. and earth	3	60	Pass		

2.4.2 Induced voltage withstand test (IVW)							
Tested winding	Applied voltage (kV)	Induced times	Frequency (Hz)	Time (s)	Conclusion		
Low-side	1.38	2.0	200	30	Pass		
2.5 Measurement of no-load loss and current							
Test items		Test value		Conclusion			
No-load loss (W)		4320.1		Pass			
No-load current (%)		0.30		Pass			
2.6 Measurement of short-circuit impedance and load loss							
Test items		Test value		Conclusion			
Load loss at 120°C (W)		20884.3		Pass			
Impedance voltage at 120°C (%)		7.62		Pass			
2.7 Determination of sound levels							
Test items		Test value		Conclusion			
Determination of sound levels (dB)		≤61.7		Pass			
2.8 Induced voltage with PD measurement							
Enhancement voltage	1.8Ur	Time	30s	Phase A	Phase B	Phase C	Conclusion
Measurement voltage	1.3Ur	Time	3min	<9 pC	<9 pC	<9 pC	Pass
3、 Conclusion							
<p>Each test item, in pursuant to IEC60076 of this product has passed the examination. It could be put into service.</p> 							
Tested by	陆天	Checked by	周夏磊	Date	2023.10.30		

ANEXO II PRUEBAS DE FÁBRICA TRANSFORMADOR SERVICIOS AUXILIARES NUEVA IMPERIAL 400 KVA

CERTIFICADO DE PRUEBAS



N° CERTIFICADO : 0000085695 N°SERIE : 77949 CLIENTE : EMPRESA ELECTRICA DE LA FRONTERA S.A.
 O.C.N° : 2022104975 N° OT : OT002136-22 FECHA DE EMISIÓN : 05/01/2023
 FABRICANTE : RHONA S.A N° TAG : SIN TAG TIPO : DISTRIBUCION
 PRODUCTO : TRANSFORMADOR 3f 400 kVA 23/0.4 kV

POTENCIA [kVA] : 400 REFRIGERACIÓN : ONAN ELEVACIÓN DE T° : 65 [°C]
 TENSIÓN AT [V] : 23000 DERIVACIONES : 24150 - 23000 - 21850 - 20700 - 19550 TENSIÓN BT [V] : 400
 POLARIDAD : Dyn1 FLUIDO AISLANTE : Aceite Mineral FRECUENCIA : 50 [Hz]
 ALT DE OPERACIÓN : 1000 [msnm] FASES : 3 PESO TOTAL : 1430 [kg]

PÉRDIDAS EN VACÍO Y CORRIENTE DE EXCITACIÓN

FRECUENCIA [Hz]	ALIMENTACIÓN		I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	CORRIENTE EXCITACIÓN		PÉRDIDAS EN VACÍO [W]
	TERMINAL	[V]				[A]	%	
50	BT	401	4.84	4.50	4.18	4.51	0.78	982

PÉRDIDAS EN CARGA E IMPEDANCIA

FRECUENCIA [Hz]	ALIMENTACIÓN DERIVACIÓN [V]	I NOMINAL [A]	TEMP° ENSAYO [°C] : 21		A T° [°C] : 75		PÉRDIDAS TOTALES [W]
			Vcc [%]	Wcc [W]	Z[%]	PÉRDIDAS EN CARGA [W]	
50	23000	10.04	4.10	3365	4.14	3971	4953

PÉRDIDAS TOTALES

RESISTENCIA DE BOBINA AT EN OHM X 10E 0

N°	TENSIÓN[V]	RESISTENCIA EN AT: 21.4[°C]			PROM. A: 75 [°C]
		H1 - H2	H2 - H3	H3 - H1	
1	24150	12.053	12.034	12.031	14.561
2	23000	11.462	11.444	11.442	13.847
3	21850	10.861	10.842	10.838	13.119
4	20700	10.282	10.264	10.259	12.419
5	19550	9.6730	9.6600	9.6540	11.686

RAZÓN DE TRANSFORMACIÓN Y POLARIDAD

H1-H2 X1-X2	H2-H3 X2-X3	H3-H1 X3-X1	I NOMINAL [A]	
			AT	BT
60.399	60.392	60.389	9.56	577.35
57.510	57.505	57.502	10.0	
54.619	54.619	54.615	10.6	
51.765	51.761	51.758	11.2	
48.873	48.871	48.468	11.8	

RESISTENCIA DE BOBINA BT EN OHM X 10E -3

Medido a:	X1-X2	X2-X3	X3-X1	PROM. A: 75 [°C]
21.2 [°C]	2.6030	2.6020	2.6260	3.1810

RESISTENCIA DE AISLACIÓN

REALIZADA CON MEGOHMETRO 2.5 [kV]	TEMP: 21.1[°C] HUM: 49.3%		
	AT-BT [MΩ]	AT-MASA [MΩ]	BT-MASA [MΩ]
>50000	>50000	>50000	

ENSAYOS DIELECTRICOS

VOLTAJE APLICADO	kV	Seg.	Hz
AT	50	60	50
BT	10	60	50
VOLTAJE INDUCIDO	V	Seg.	Hz
EN LADO : BT	800	36	200

LÍQUIDO AISLANTE

TIPO :	Ergon Hyvolt
RIGIDEZ :	> 30 ASTM 877
VOLUMEN:	395 [L]

- El líquido aislante no contiene Bifenilos Policlorados (PCB)

PRUEBA DE SOBREPRESIÓN :	OK
--------------------------	----

OBSERVACIONES



Escanee el código QR para ver un manual del producto



WWW.RHONA.CL

N° VALIDACIÓN : 3715FEE46704E408842589260042B7FF

ANEXO III ESPECIFICACIONES INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

11. Specifications	
SPECIFICATIONS	
Voltage Inputs	4 channels, 600VAC CAT IV, 1000VAC CAT III
Current Channels	4 channels Voltage output CTs (0-10V peak)
Line Frequency	40-70Hz
Waveform Sampling	256 Sample/Cycle at 50/60Hz
Measurements	Continuous PQZ file
Accuracy	IEC 61000-4-30 Class A
LED Indicators	11 Bi-color LEDs
COMMUNICATION	
USB	PQZ file download, FW upgrade & clock setting
LAN	Available in extension module
POWER	
Power Supply	100-240VAC 50/60Hz 10W 5VDC over USB
Battery	Available in extension module
Ride through	15sec
MECHANICAL	
Operating Temperature	-20 to + 65 °C (*)
Humidity	5% to 95% non-condensing
Maximum Operation Altitude	2,000m (1.24Mi)
IP protection	IP 40 (**)
Weight	0.4kg
Dimensions	180 x 115 x 60
STORAGE	
Nonvolatile memory	SD card supporting hot swap
SYNCHRONIZATION	
Internal clock	10 ppm
External synchronization	NTP available in extension module
(*) T>60°C requires an external power supply	
(**) The product is intended for indoor use	

Figura 6.1: Datasheet instrumento de medida PURE BlackBox marca Elspec.

Waveform Sampling			
Voltage Sampling Rate	1024 Samples/Cycle		
Current Sampling Rate	256 Samples/Cycle		
Voltage Harmonics (Individual, Even, Odd, Total) Up to -	511 th		
Current Harmonics (Individual, Even, Odd, Total) Up to -	127 th		
Type of Analog to Digital Converter	16/20 ¹ bit		
Storage Capacity			
Internal Memory	32 GB/32TB ²		
Power Quality Analysis			
Transient Detection, Microseconds (50Hz/60Hz)	19.5/16.3µs		
Communication Ports			
Ethernet Ports	3		
Wi-Fi Communications (802.11g)	1		
Power Over Ethernet (PoE- Out)	1		
Digital Input	4		
RS-232	1		
RS-485	1		
Physical			
Dimensions mm	314 X 84 X 271		
Weight	3.7kg		
Control			
Comprehensive web server for local and remote real-time monitoring and control			
Applicable Standards			
Measurement Standards	EN50160, IEE1159, IEE519, IEC61000-4-15, IEC61000-4-7, IEC61000-4-30 Class A		
EMC Standards	EN61326, CFR47FCC, CISPR11 Group 1, FCC PART 15 Subpart B, EN61010-2, IEC61000-3-3, IEC61000-4-2, IEC61000-4-3, IEC61000-4-4, IEC61000-4-5, IEC61000-4-6, IEC61000-4-11		
Environmental Standards	IEC60068-2-1, 2, 6, 27, 30, 75		
Safety Standards	EN61010-1:2001 2nd Edition		
Power Supply		Voltage	
Operating Range	100-260 VAC: 50/60 Hz 100-300 VDC	Voltage Channels	4 (3 Phases + Neut.)+ 1 DC
Auxiliary DC Supply	48 Vdc	Nominal Full Scale	1000V
Auxiliary Supply	PoE In According to 802.3af	Maximum Peak Measurement	8000V
Battery Backup	2 Hours	Input Impedance	3MΩ
Time		Uncertainty	0.1% of Nominal
		Current	
Real Time Clock	±1 Second per 24 Hours	Current Channels	4 (3 Phases + Neut.)+ 1Grn/DC
Synchronization Device	Uncertainty	Current Channels Receive From Clamp	11-14: 0-10 VPK 15: 0-3 VPK
GPS	100-200µs	Uncertainty	0.1% ±0.1 mV
IRIG B	100-200µs	Frequency	
Sntp Server	50-100µs	Fundamental Frequency	42.5 Hz to 69 Hz
DCF-77	±15ms	Frequency Resolution	10 mHz
Environmental Conditions		Frequency Accuracy	±10 mHz
Operation Temperature	0°C – 50°C (32°F – 122 °F)	Disclaimer: Specifications subject to changes without prior notice	
Storage Temperature	-20°C – 60°C (-4°F – 140 °F)		

¹ Effective bits
² Equivalent memory size needed without compression

Figura 6.2: Datasheet instrumento de medida G4500 marca Elspec.

Certificado de calibración

G4K Calibration Test-Test Report									
Date & Time: 24/01/2022 12:37:44.115			Operator Name: Doron			Total Test Time: 01:48:24			
UUT Path: G4000K SYSTEM\Cal. Test \G4K Calibration Test			Serial Number: 00-60-35-33-66-C0			Batch Number: 13			
UUT Type:			G4500						
UUT S/N:			00-60-35-33-66-C0						
BOOT Version			0.3.02						
Application Version			0.4.11.73						
DSP SW Version			5.6						
No	Stage	Module	Test Type	Measured Parameter	Spec Low	Spec High	Result	Pass/Fail	Time
2				Log In	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:37:44.115
3	Stage1	G4 System	Unit Type	CPU Version	G4500	-	G4500	✓	24/01/2022 12:38:06.411
4	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:1 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:38:23.789
5	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:2 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:38:23.904
6	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:3 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:38:24.021
7	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:4 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:38:24.138
8	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:1	5	1000000	1752.115845	✓	24/01/2022 12:39:27.187
9	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch1	Calibration Value: 0.3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:41:48.272
10	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch1	I1_LowMult_Read	9	11	10.164402	✓	24/01/2022 12:41:48.938
11	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch1	I1_Value_Read	0.2997	0.3003	0.300034	✓	24/01/2022 12:41:49.085
12	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:2	5	1000000	1043.846191	✓	24/01/2022 12:42:52.123
13	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch2	Calibration Value: 0.3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:45:14.230
14	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch2	I2_LowMult_Read	9	11	10.138845	✓	24/01/2022 12:45:15.021
15	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch2	I2_Value_Read	0.2997	0.3003	0.299999	✓	24/01/2022 12:45:15.129
16	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:3	5	1000000	104.155762	✓	24/01/2022 12:46:18.182
17	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch3	Calibration Value: 0.3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:48:40.840
18	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch3	I3_LowMult_Read	9	11	10.148255	✓	24/01/2022 12:48:41.570
19	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch3	I3_Value_Read	0.2997	0.3003	0.299994	✓	24/01/2022 12:48:41.681
20	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:N	5	1000000	68.939598	✓	24/01/2022 12:49:44.756
21	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch4	Calibration Value: 0.3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:52:07.552
22	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch4	In_LowMult_Read	9	11	10.136033	✓	24/01/2022 12:52:08.228
23	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch4	In_Value_Read	0.2997	0.3003	0.30004	✓	24/01/2022 12:52:08.332
24	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:1 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:52:10.254
25	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:2 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:52:10.363
26	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:3 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:52:10.473
27	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:4 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:52:10.583
28	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:1	5	1000000	680.33374	✓	24/01/2022 12:53:13.576
29	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch1	Calibration Value: 3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:55:41.111

30	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch1	I1_HighMult_Read	90	110	101.354347	✓	24/01/2022 12:55:41.800
31	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch1	I1_Value_Read	2.97	3.03	3.000008	✓	24/01/2022 12:55:41.917
32	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:2	5	1000000	689.693542	✓	24/01/2022 12:56:44.928
33	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch2	Calibration Value: 3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:59:07.698
34	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch2	I2_HighMult_Read	90	110	101.134651	✓	24/01/2022 12:59:08.480
35	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch2	I2_Value_Read	2.97	3.03	2.999982	✓	24/01/2022 12:59:08.596
36	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:3	5	1000000	689.487183	✓	24/01/2022 13:00:11.667
37	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch3	Calibration Value: 3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 13:02:35.963
38	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch3	I3_HighMult_Read	90	110	101.230629	✓	24/01/2022 13:02:36.587
39	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch3	I3_Value_Read	2.97	3.03	2.999994	✓	24/01/2022 13:02:36.714
40	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:N	5	1000000	689.660522	✓	24/01/2022 13:03:39.691
41	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch4	Calibration Value: 3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 13:06:03.334
42	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch4	In_HighMult_Read	90	110	101.050255	✓	24/01/2022 13:06:04.030
43	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch4	In_Value_Read	2.97	3.03	3.000028	✓	24/01/2022 13:06:04.145
44	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	24/01/2022 13:06:04.506
45	Stage1	DSP Module	Test Total Time	-	-	-	00:27:55	-	24/01/2022 13:06:05.049
46	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	24/01/2022 13:06:05.155
47				Log In	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 13:09:12.959
48				Log In	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 13:56:33.717
49				Log In	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 14:07:33.515
50	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	24/01/2022 14:25:54.158
51	Stage1	All Modules	Test Total Time	-	-	-	01:48:24	-	24/01/2022 14:25:54.621
52	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	24/01/2022 14:25:54.713

<div style="border: 2px solid green; padding: 10px; display: inline-block;"> <p>G4K Calibration Pass</p> </div>	<div style="border: 2px solid green; padding: 10px; display: inline-block;"> <p>Signature:  Doron Arussi practical electric engineer Elspec Technologies</p> </div>
--	--

ANEXO IV ARCHIVOS ADJUNTOS

Anexo a este informe se encuentran los siguientes archivos adjuntos:

- ANEXO I - Registros y pérdidas MT modo descarga: Plantilla de registros y cálculos para determinar los parámetros de interés de la prueba de mínimo técnico modo descarga.
- ANEXO II - Registros y pérdidas MT modo carga: Plantilla de registros y cálculos para determinar los parámetros de interés de la prueba de mínimo técnico modo carga.

FIN DOCUMENTO.