INFORME POTENCIA MÁXIMA

BESS NUEVA IMPERIAL – NUP 3628

FECHA	REVISIÓN	COMENTARIOS	PREPARADO	REVISADO	APROBADO
04/10/2024	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 Potencia Máxima - 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
IPM - BESS NI	03-10-2024	A	Revisión interna	José Araya	José Espinoza	Francisco Beltrán
IPM - BESS NI	04-10-2024	0	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 7
2 Objetivos 7
3 Abreviaturas y definiciones 8
4 Antecedentes y referencias 10
4.1 Antecedentes Generales 12
4.1.1 Descripción del proyecto 12
4.1.2 Diagrama unilineal zona de interconexión del proyecto 14
4.2 Antecedentes técnicos del sistema de almacenamiento de baterías (BESS) 16
4.2.1 Conductor de Media Tensión en 23kV 18
4.2.2 Transformadores BESS 23/0.69kV 3.45 MVA 19
4.2.3 Transformador de servicios auxiliares 23/0.4kV 20
4.2.4 Inversores BESS 21
4.2.5 Baterías 23
5 Determinación de Potencia Máxima BESS Nueva Imperial 25
5.1 Exigencias Normativas Y Descripción De Ensayos 25
5.1.1 Requerimientos normativos 25
5.1.2 Pruebas requeridas 26
5.1.3 Parámetros para reportar 27
5.2 Prueba de Potencia Máxima (Descarga) 30
5.2.1 Determinación de Potencia Máxima Bruta (Descarga) 34
5.2.2 Determinación de Potencia Máxima Neta (Descarga) 34
5.3 Prueba de Potencia Máxima (Carga) 37
5.3.1 Determinación de Potencia Máxima Bruta (Carga) 41
5.3.2 Determinación de Potencia Máxima Neta (Carga) 41
6 Conclusiones 44
ANEXO I Pruebas de fábrica transformador elevador Zhejiang Jiangshan Transformer SCB13-3.45 MVA 23/0.69 kV 46
ANEXO II Pruebas de fábrica transformador Servicios auxiliares Nueva Imperial 400 kVA 49
ANEXO III Especificaciones instrumentos de medición 50
ANEXO IV Archivos adjuntos 54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Vista georreferenciada de la zona de influencia del proyecto BESS Nueva Imperial. Fuente: Google Earth..... 12
Figura 4.2: Diagrama Unilineal Simplificado de la zona de influencia del proyecto BESS Nueva Imperial. 13
Figura 4.3: Diagrama unilineal zona de influencia sin proyecto. 14
Figura 4.4: Diagrama unilineal zona de influencia con proyecto. 15
Figura 4.5: Diagrama unilineal BESS Nueva Imperial. 16
Figura 4.6: Diagrama Unilineal Funcional del paño E5 en SE Imperial. 17
Figura 4.7: Parámetros de cable media tensión para conexión de proyecto BESS. [4] 18
Figura 4.8: Información técnica de transformador elevador [5] [11]. 19
Figura 4.9:Captura de parámetros del Transformador de SSAA, Fabricante RHONA. 20
Figura 4.10: Características de ficha técnica de los inversores para los BESS [6] 21
Figura 4.11: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva de los inversores PCS9567-1750 [7]. 22
Figura 4.12: Aportes de los inversores PCS9567-1750 al cortocircuito, de acuerdo con documentación de fabricante [8]. 22
Figura 4.13: Especificaciones técnicas módulos de baterías BESS NI. 23
Figura 4.14: Curva de degradación de capacidad de almacenamiento BESS NI [10]. 23
Figura 4.15: Round-Trip Efficiency BESS NI [9]. 24
Figura 5.1: Esquema de BESS Nueva Imperial. 27
Figura 5.2: Registros del estado de carga de las baterías durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga) 30
Figura 5.3: Registros de Potencia Activa en el Paño E5 de la SE Imperial durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)..... 31
Figura 5.4: Registros de Potencia Activa en PCS1 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)..... 31
Figura 5.5: Registros de Potencia Activa en PCS2 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)..... 32
Figura 5.6: Registros de Potencia Activa en PCS3 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)..... 32
Figura 5.7: Registros de Potencia Activa en PCS4 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)..... 33
Figura 5.8: Registros de potencia activa en SSAA del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)..... 33
Figura 5.9: Perfil de energía descargada. Prueba de potencia máxima modo descarga. 36
Figura 5.10: Registros del estado de carga de las baterías durante el ensayo de Potencia Máxima (carga) 37
Figura 5.11: Registros de Potencia Activa en el Paño E5 de la SE Imperial durante el ensayo de Potencia Máxima (carga) 38
Figura 5.12: Registros de Potencia Activa en PCS1 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga) 38
Figura 5.13: Registros de Potencia Activa en PCS2 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga) 39
Figura 5.14: Registros de Potencia Activa en PCS3 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga) 39

Figura 5.15: Registros de Potencia Activa en PCS4 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga) 40
Figura 5.16: Registros de Potencia Activa en SSAA del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga) 40
Figura 5.17: Perfil de energía descargada. Prueba de potencia máxima modo carga..... 43
Figura 6.1: Datasheet instrumento de medida PURE BlackBox marca Elspec. 50
Figura 6.2: Datasheet instrumento de medida G4500 marca Elspec. 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1: Equipos de medición utilizados. 28
Tabla 5.2: Registro de promedio de mediciones en ensayo de Potencia Máxima (descarga). 34
Tabla 5.3: Cálculo de pérdidas de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Potencia máxima (descarga). 35
Tabla 5.4: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Potencia máxima (descarga). 35
Tabla 5.5: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores servicios auxiliares. Prueba de Potencia máxima (descarga). 36
Tabla 5.6: Registro de promedio de mediciones en ensayo de Potencia Máxima (carga). 41
Tabla 5.7: Cálculo de pérdidas de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Potencia máxima (carga). . 42
Tabla 5.8: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Potencia máxima (carga). 42
Tabla 5.9: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores servicios auxiliares. Prueba de Potencia máxima (carga). 42
Tabla 6.1: Parámetros de Potencia Máxima de BESS Nueva Imperial. 44
Tabla 6.2: Energía registrada durante el ciclo de carga y descarga. 44

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 máxima potencia del BESS Nueva Imperial, realizadas en el mes de septiembre del 2024.

2 OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo determinar la máxima potencia que podría entregar el BESS Nueva Imperial, tanto en modo de carga y modo descarga. Las mediciones se realizan dando cumplimiento al Anexo Técnico de la NTSyCS [1] “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”, septiembre del 2020, y bajo las recomendaciones del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN).

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 (*End of Life*)
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 (*Round-Trip Efficiency*)
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 (*State of Health*)

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 ± 5% en torno a su valor final o de régimen en el caso de control de tensión y dentro de una banda de ± 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_BESS 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, CEN.

[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) Nueva 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 Nueva 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.

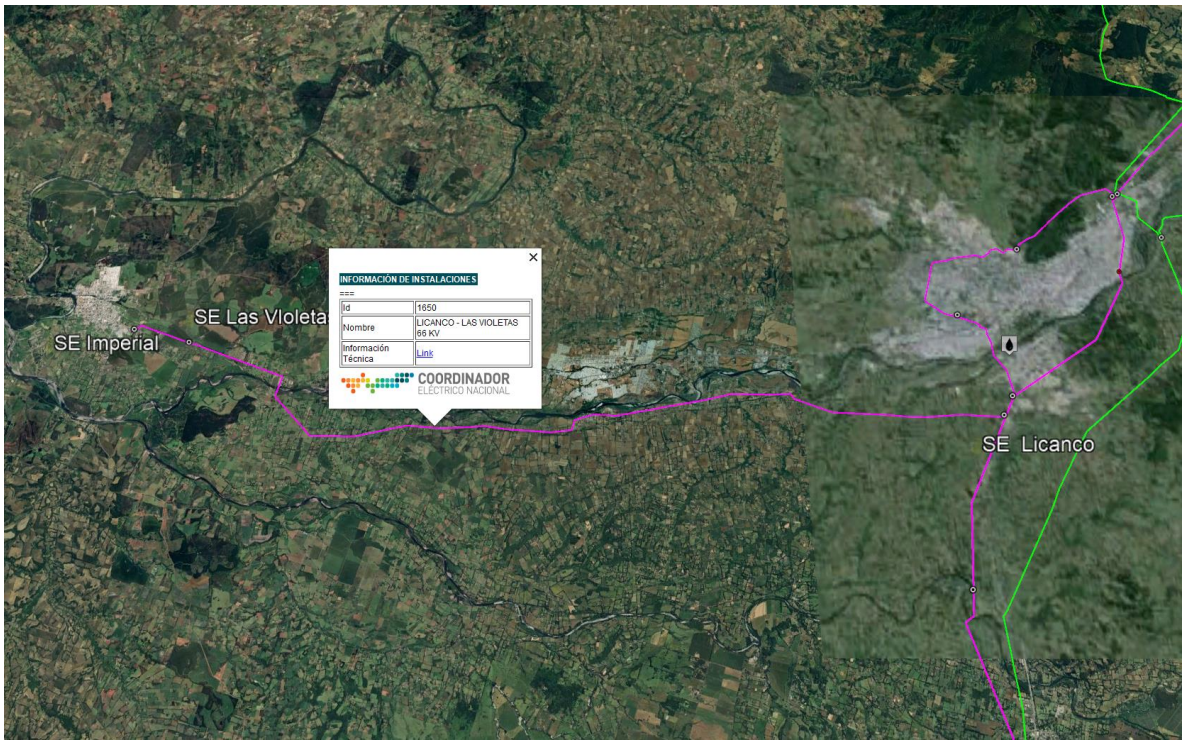


Figura 4.1: Vista georreferenciada de la zona de influencia del proyecto BESS Nueva Imperial. Fuente: Google Earth.

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].

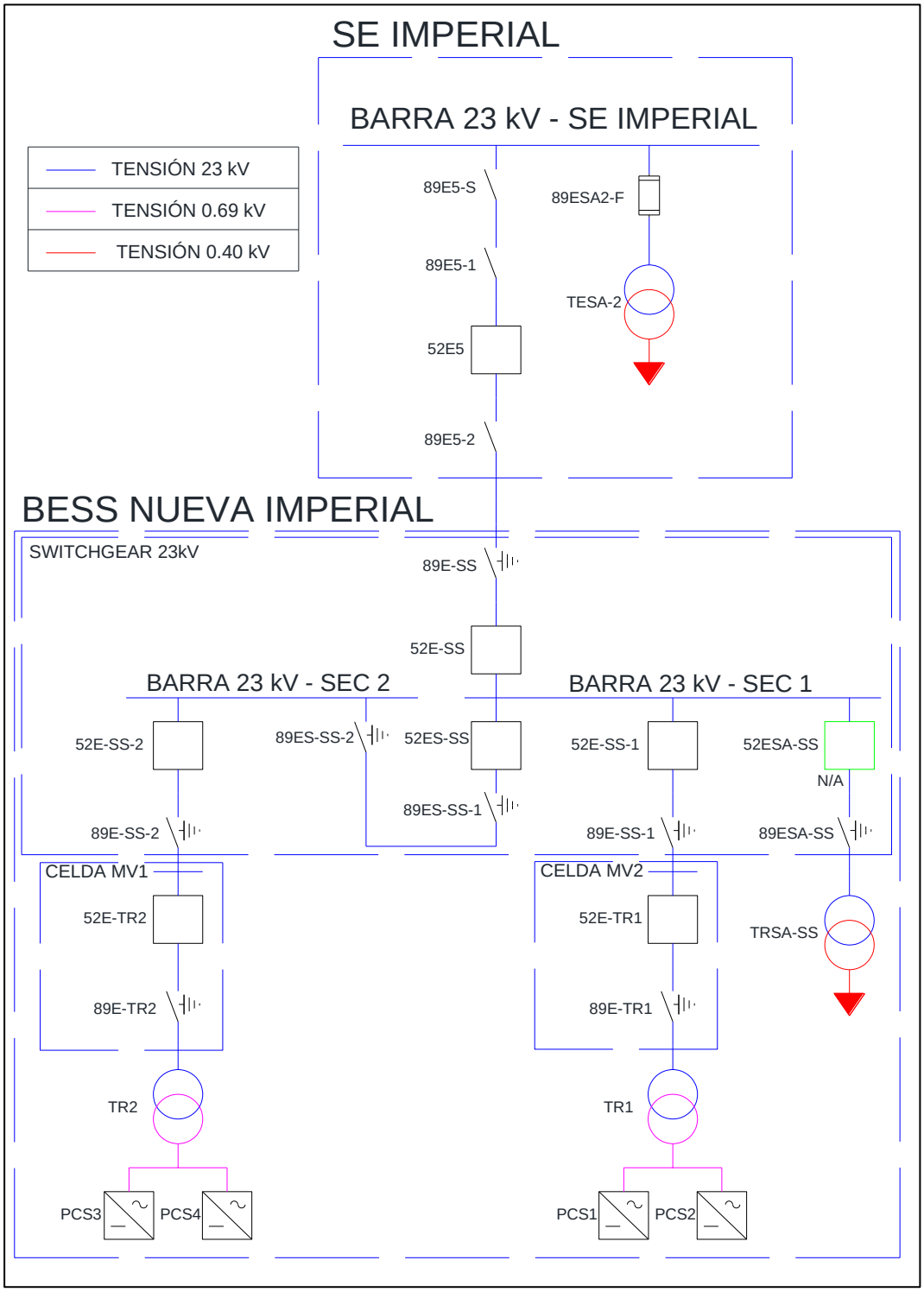


Figura 4.2: Diagrama Unilineal Simplificado de la zona de influencia del proyecto BESS Nueva Imperial.

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.

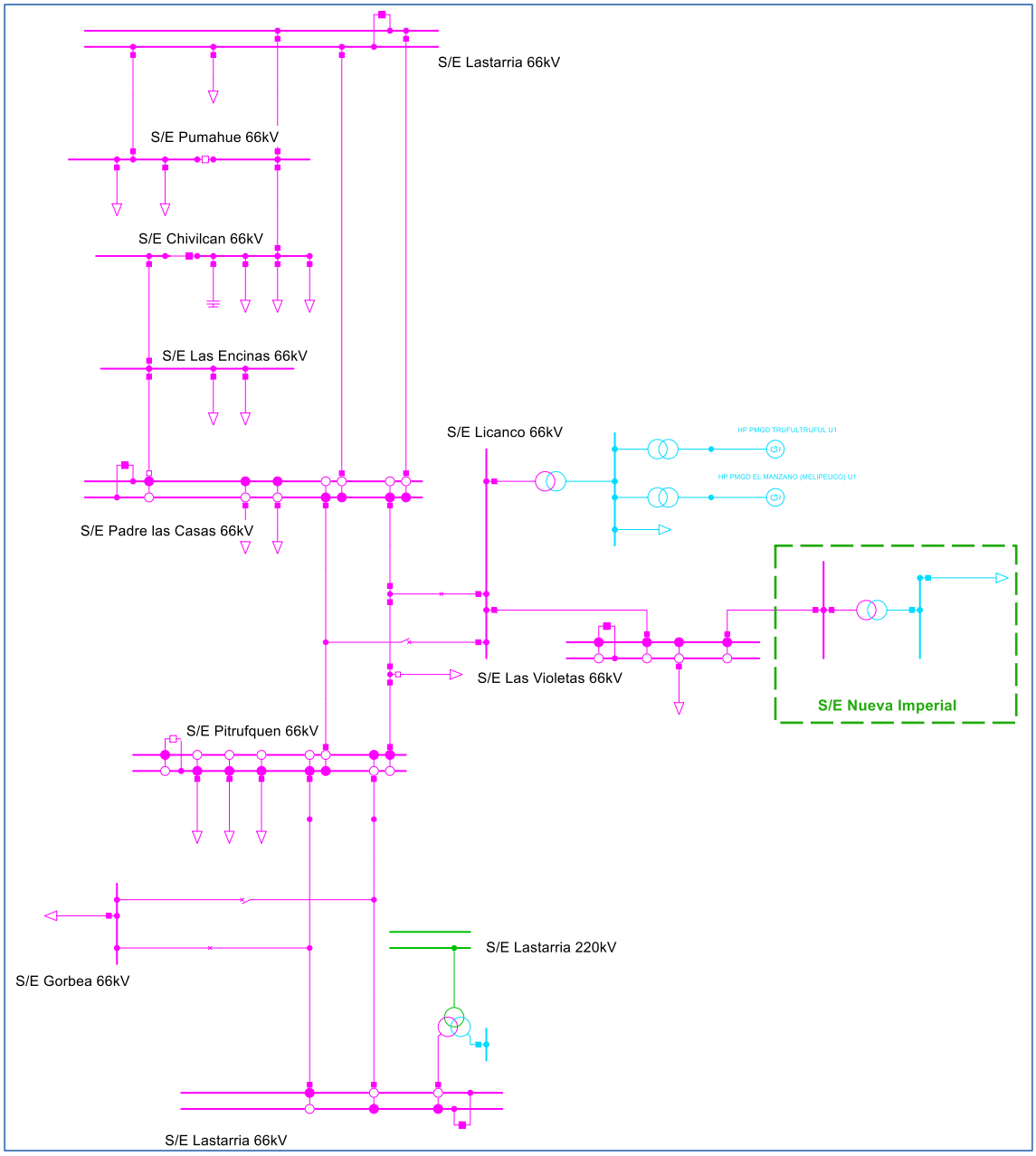


Figura 4.3: Diagrama unilineal zona de influencia sin proyecto.

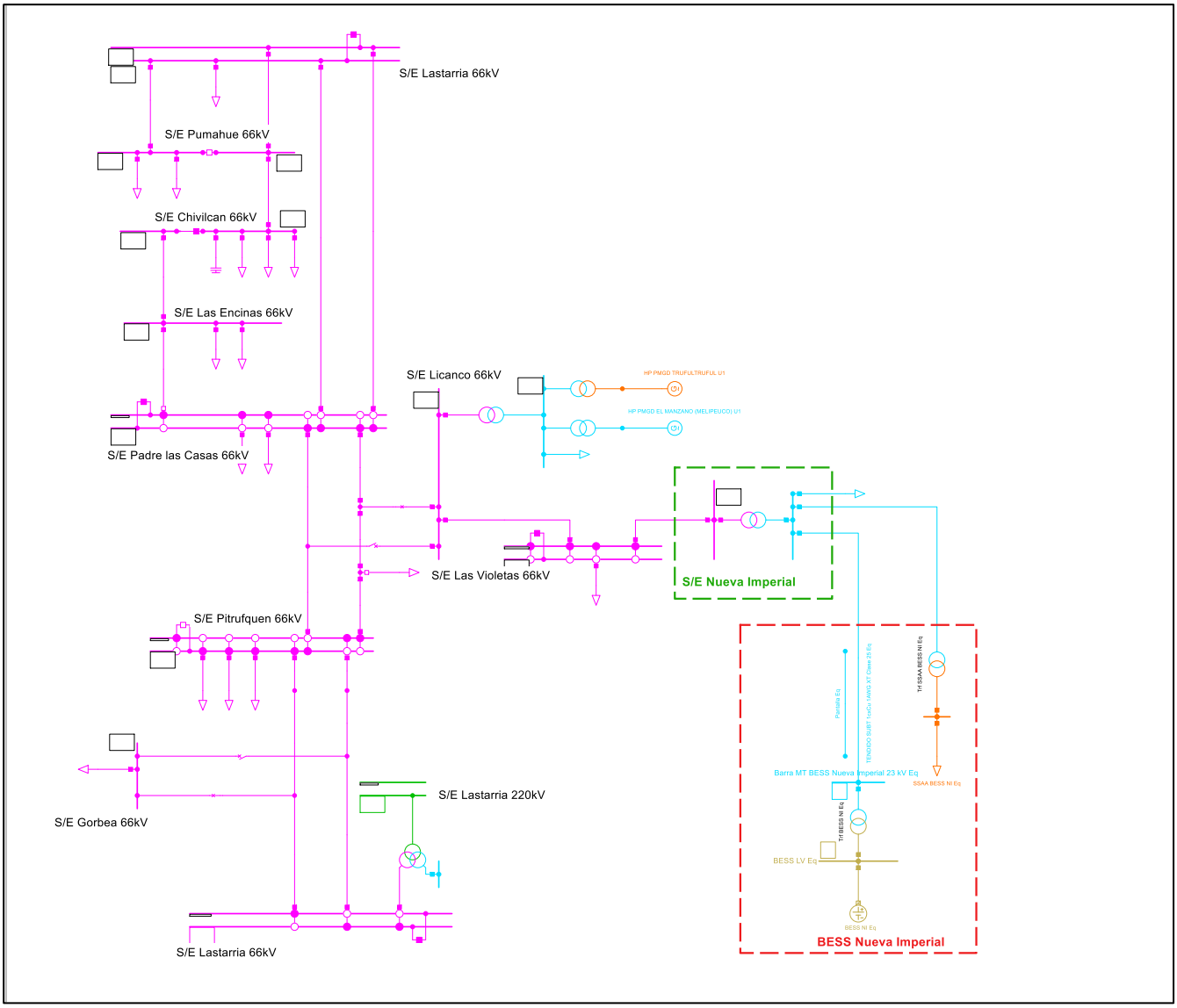


Figura 4.4: Diagrama unilineal zona de influencia con proyecto.

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:

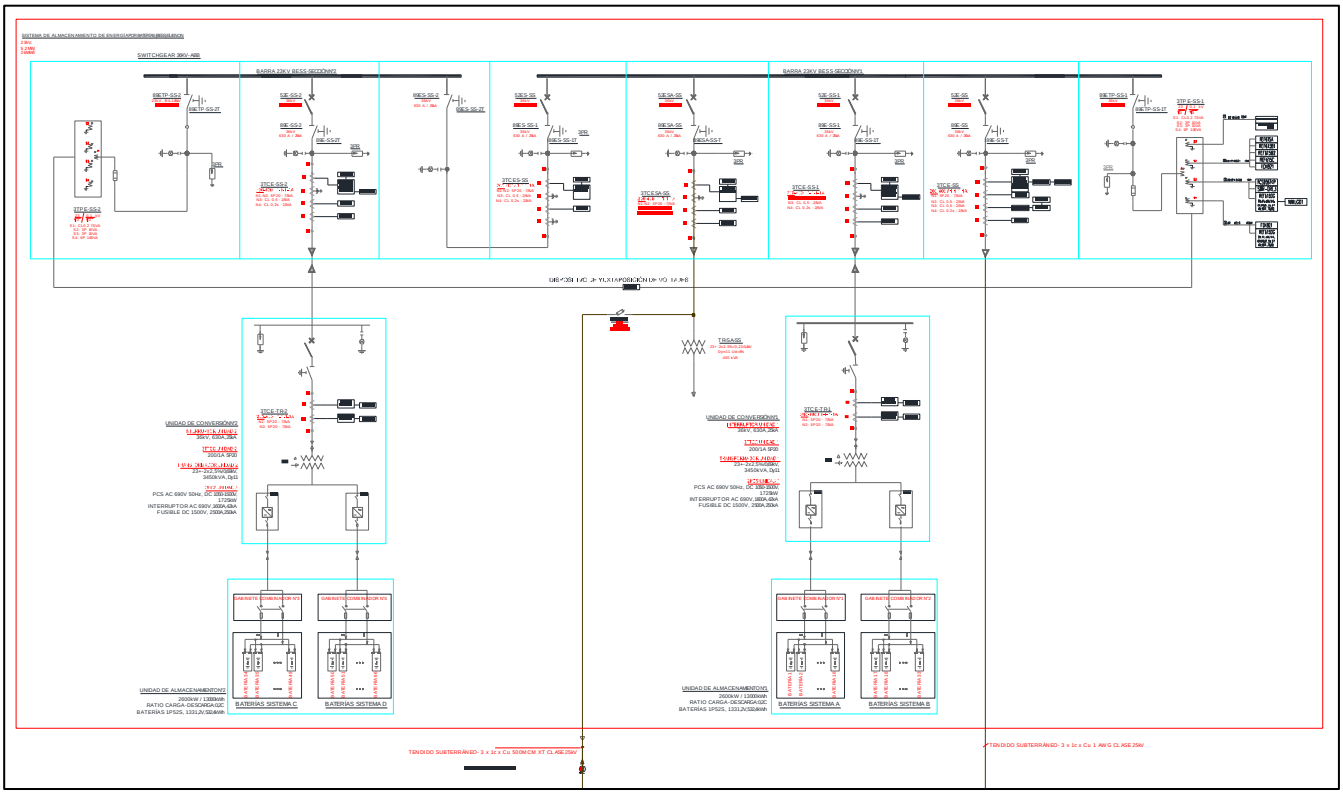


Figura 4.5: Diagrama unilineal BESS Nueva Imperial.

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 Imperial.
- 4 Inversores de marca NR Electric, 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.

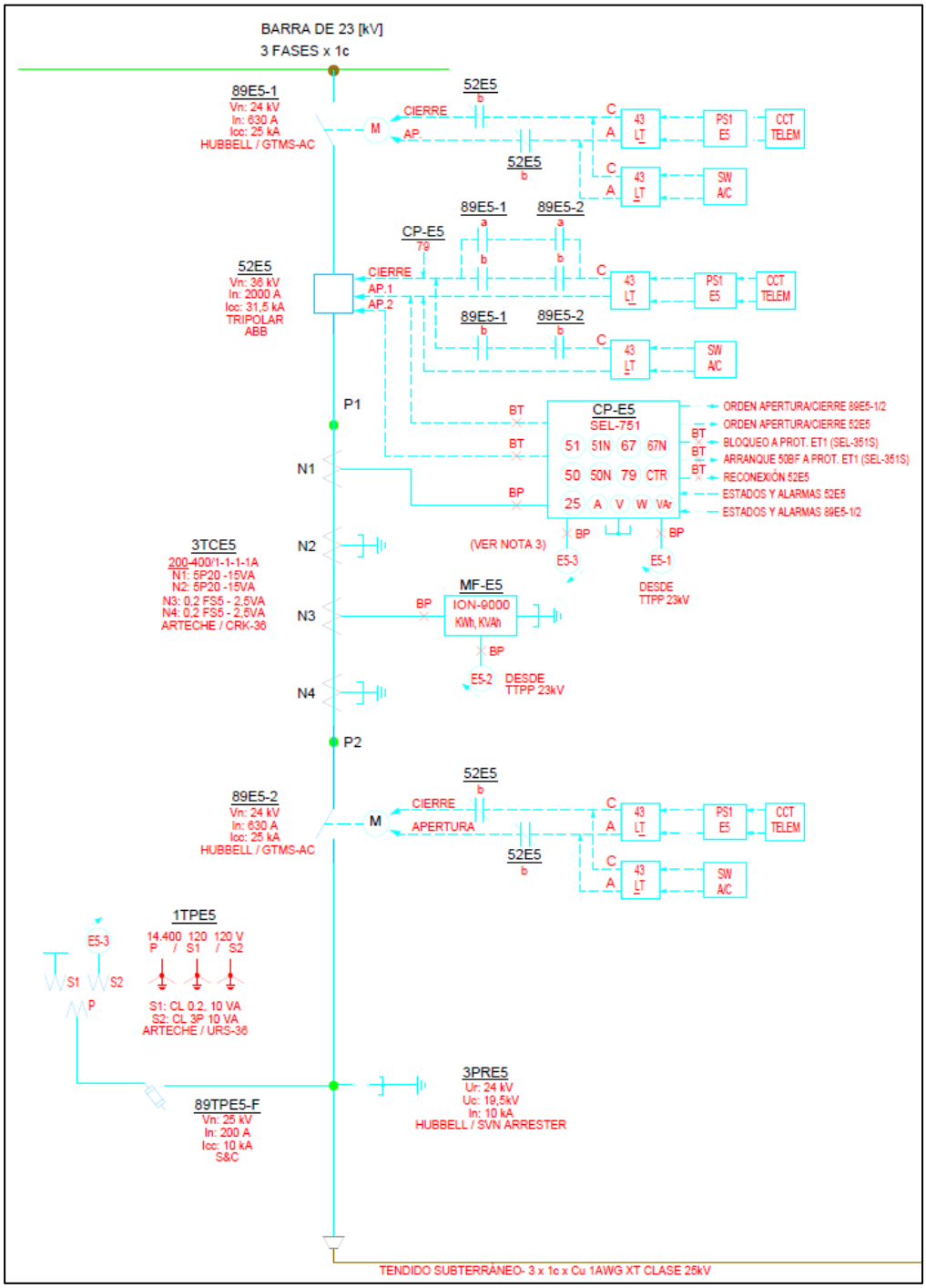


Figura 4.6: Diagrama Unilineal Funcional del paño E5 en SE Imperial.

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].

XAT 1 AWG Cu 25kV T1 IL-100% 19H NE

Diseño del cable

CONSTRUCCIÓN

- **CONDUCTOR**
  Conductor de cobre blando compactado clase B, compuesto por 19 hebras.
- **PANTALLA SEMICONDUCTORA INTERNA**
  Compuesto semiconductivo extruido termoestable.
- **AISLACIÓN**
  Polietileno reticulado retardante a las arborescencias (XLPE-TR), color natural y extruido en proceso de triple extrusión verdadera, con un nivel de aislación de 100%.
- **PANTALLA SEMICONDUCTORA EXTERNA**
  Compuesto semiconductivo extruido termoestable, con adhesión controlada al aislamiento, lo cual lo hace fácil de retirar.
- **PANTALLA METÁLICA**
  Formada por hebras de cobre aplicadas helicoidalmente sobre la pantalla semiconductora externa.
- **CUBIERTA EXTERNA**
  Compuesto de cloruro de polivinilo (PVC) extruido, color negro. Otros colores de cubierta a pedido.
- **EMBALAJE**
  En carretes de madera con una tolerancia de ± 5%.

Imágenes Referenciales

Aplicaciones

Circuitos primarios y de distribución en media tensión para plantas industriales, comerciales, plantas generadoras de energía eléctrica, alimentación de motores y equipos eléctricos. Adecuado para uso en ductos, directamente enterrado o en instalaciones aéreas.

Normas Aplicables

La fabricación, métodos y frecuencias de prueba de estos cables están basados en la Norma ICEA S-93-639 y de acuerdo con lo establecido en el Sistema de Gestión e Inspección de Calidad de COCESA-Prysmian Group.

Leyenda

COCESA-PRYSMIAN GROUP XAT 1 AWG Cu 25kV 100% XLPE-TR/PVC 90C CIDET:02076 MES/AÑO HECHO EN CHILE + metraje secuencial (m)

Temperaturas de Operación

Temperatura máxima admisible en el conductor para servicio permanente:	90°C
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de emergencia:	130°C
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito:	250°C

Características técnicas

Parámetro	Unidad	20321581
Calibre del conductor	AWG	1
Diámetro nominal del conductor	mm	7,7
Espesor nominal/mínimo de aislación	mm	6,6/6,22
Diámetro total aprox.	mm	30
Peso total aprox.	kg/km	1080
Radio mínimo de curvatura durante la instalación	mm	360
Radio mínimo de curvatura instalación final	mm	240
Resistencia eléctrica máxima DC 20° C	Ω/km	0,423
Resistencia eléctrica máxima AC 90° C @50Hz	Ω/km	0,54
Reactancia Inductiva, 3 cables en formación Trefoil	Ω/km	0,15

LOS VALORES INDICADOS SON REFERENCIALES Y ESTAN SUJETOS A TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN

© PRYSMIAN GROUP, todos los derechos reservados. La información de este documento no se debe copiar, reimprimir ni reproducir sin el consentimiento de PRYSMIAN GROUP. La información se ha creído correcta a la hora de la edición. PRYSMIAN GROUP se reserva el derecho a enmendar esta especificación sin previo aviso.

SISTEMA DE GESTION CERTIFICADO ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001

XAT MONOCONDUCTOR 25 kV 100% DE NIVEL DE AISLACIÓN

Calibre conductor	Sección nominal	Diámetro del conductor aprox.	Espesor aislación nominal	Diámetro total aprox.	Peso total aprox.	Resistencia máx. a 20 °C CC	Capacidad	Capacidad de corriente A		
								Ducto enterrado 3 conductores temp. amb. 20 °C	Directamente enterrado 3 conductores temp. amb. 20 °C	Aire libre 3 cond. triplexados a temp. amb. 40 °C
AWG/kcmil	mm²	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	µF/km			
1	42,4	7,7	6,6	29,0	1.168	0,423	0,14	175	240	195

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℃ (W)	20884.3	Pass
Impedance voltage at 120℃ (%)	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.

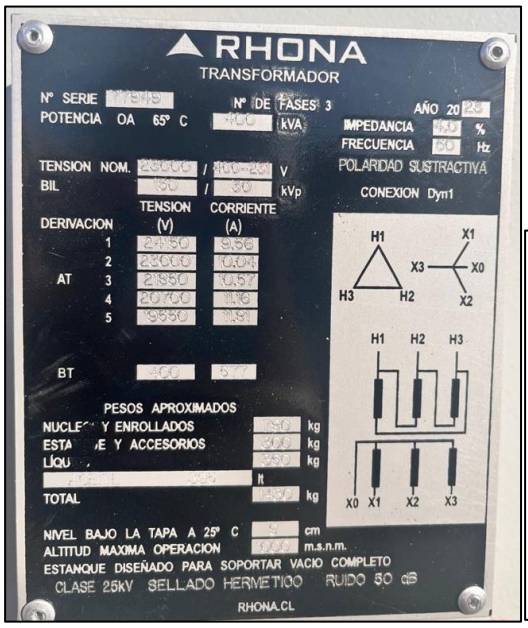
ZHEJIANG JIANGSHAN TRANSFORMER CO.,LTD. TEST STATION

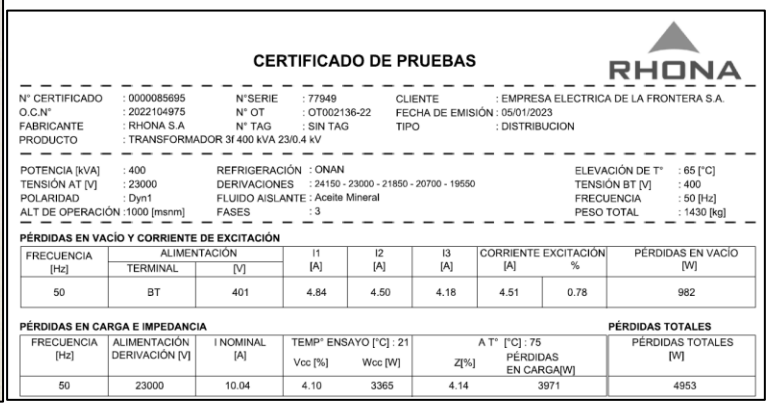
Tested by	陆天	Checked by	周夏磊	Date	2023.10.30

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.





CERTIFICADO DE PRUEBAS

RHONA

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 VACIO Y CORRIENTE DE EXCITACIÓN

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

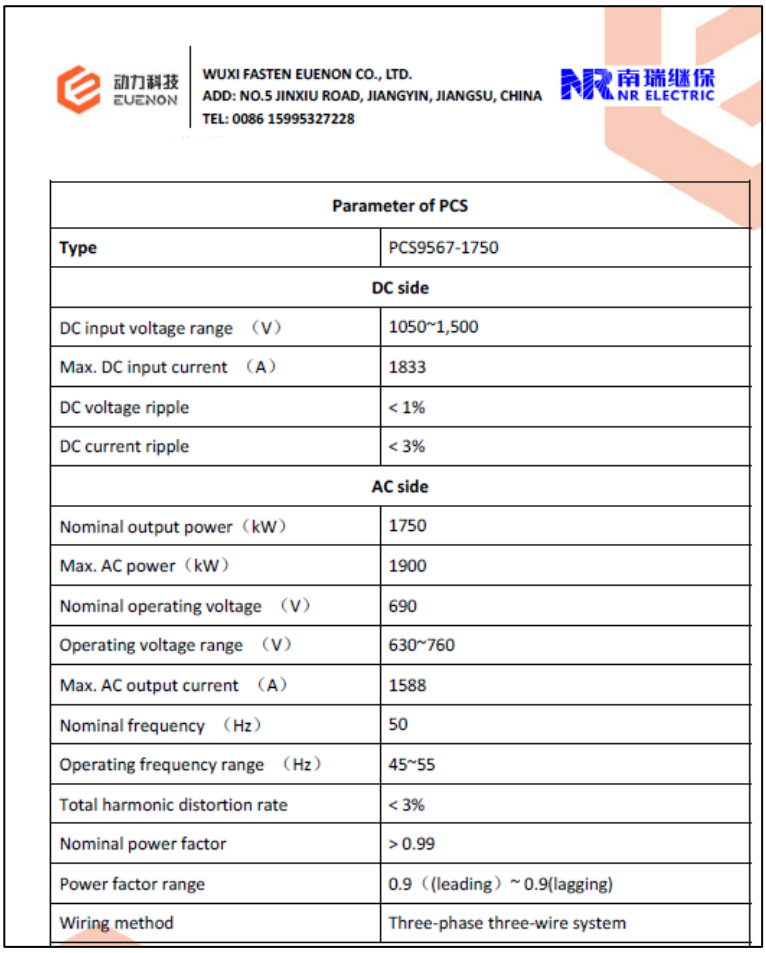
PÉRDIDAS EN CARGA E IMPEDANCIA

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

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:



WUXI FASTEN EUENON CO., LTD.
ADD: NO.5 JINXIU ROAD, JIANGYIN, JIANGSU, CHINA
TEL: 0086 15995327228

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].

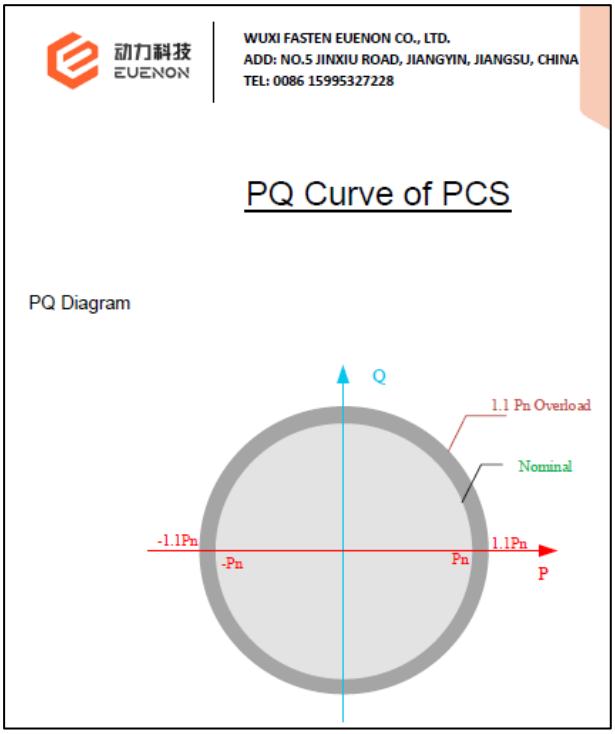
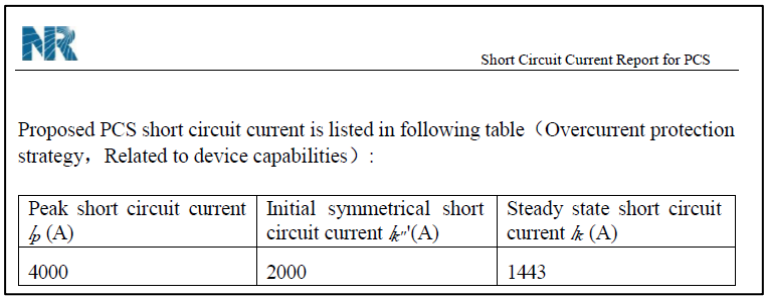


Figura 4.11: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva de los inversores PCS9567-1750 [7].

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



Short Circuit Current Report for PCS

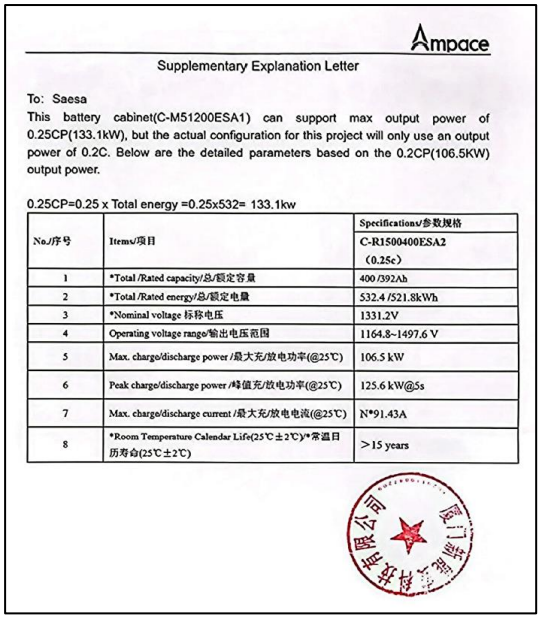
Proposed PCS short circuit current is listed in following table（Overcurrent protection strategy，Related to device capabilities）:

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.



Ampace

Supplementary Explanation Letter

To: Saesa

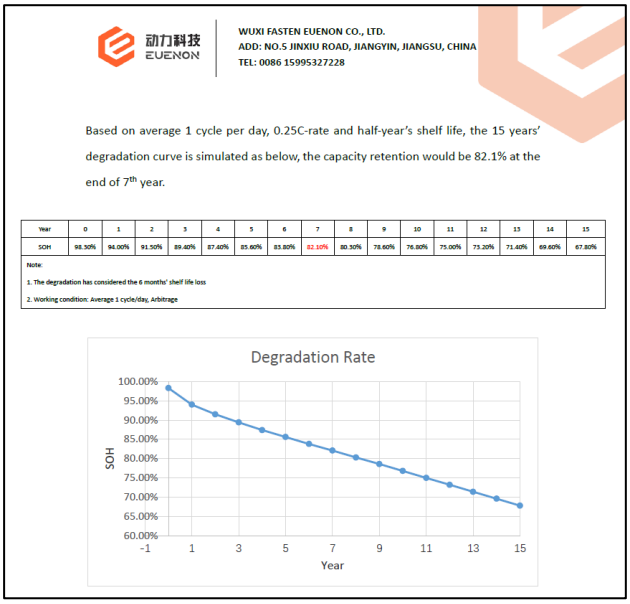
This battery cabinet(C-M51200ESA1) can support max output power of 0.25CP(133.1kW), but the actual configuration for this project will only use an output power of 0.2C. Below are the detailed parameters based on the 0.2CP(106.5KW) output power.

0.25CP=0.25 x Total energy =0.25x532= 133.1kw

No./序号	Items/项目	Specifications/参数规格 C-R1500400ESA2 (0.25c)
1	*Total /Rated capacity/总/额定容量	400 /392Ah
2	*Total /Rated energy/总/额定电量	532.4 /521.8kWh
3	*Nominal voltage 标称电压	1331.2V
4	Operating voltage range/输出电压范围	1164.8~1497.6 V
5	Max. charge/discharge power /最大充/放电功率(@25℃)	106.5 kW
6	Peak charge/discharge power /峰值充/放电功率(@25℃)	125.6 kW@5s
7	Max. charge/discharge current /最大充/放电电流(@25℃)	N*91.43A
8	*Room Temperature Calendar Life(25℃±2℃)*常温日历寿命(25℃±2℃)	>15 years

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 degradación[1] informada por el fabricante, de maneta 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.



动力科技 EUENON

WUXI FASTEN EUENON CO., LTD.
ADD: NO.5 JINXIU ROAD, JIANGYIN, JIANGSU, CHINA
TEL: 0086 15995327228

Based on average 1 cycle per day, 0.25C-rate and half-year's shelf life, the 15 years' degradation curve is simulated as below, the capacity retention would be 82.1% at the end of 7th year.

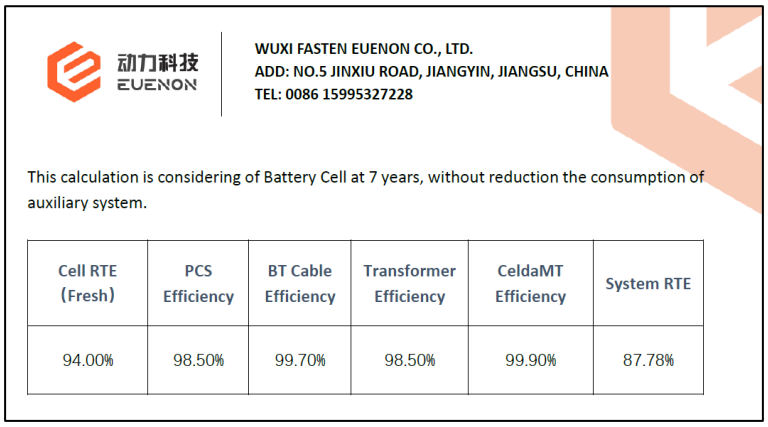
Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SOH	98.50%	94.00%	91.50%	89.40%	87.40%	85.60%	83.80%	82.10%	80.30%	78.60%	76.80%	75.00%	73.20%	71.40%	69.60%	67.80%

Note:
1. The degradation has considered the 6 months' shelf life loss
2. Working condition: Average 1 cycle/day, Arbitrage

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.



动力科技 EUENON

WUXI FASTEN EUENON CO., LTD.
ADD: NO.5 JINXIU ROAD, JIANGYIN, JIANGSU, CHINA
TEL: 0086 15995327228

This calculation is considering of Battery Cell at 7 years, without reduction the consumption of auxiliary system.

Cell RTE (Fresh)	PCS Efficiency	BT Cable Efficiency	Transformer Efficiency	CeldaMT Efficiency	System RTE
94.00%	98.50%	99.70%	98.50%	99.90%	87.78%

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

5 DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA BESS NUEVA IMPERIAL

5.1 EXIGENCIAS NORMATIVAS Y DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS

5.1.1 Requerimientos normativos

Las instalaciones que desean conectarse al sistema eléctrico nacional (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, la potencia máxima que es capaz de generar su parque o central, conforme a los plazos y formas de acuerdo con lo requerido en el anexo técnico: “Pruebas de potencia máxima en unidades generadoras”.

El anexo técnico mencionado anteriormente, en su artículo 39 “*Potencia Máxima en unidades generadoras cuya fuente es renovable no convencional sin capacidad de regulación*” se indica que:

“*En el caso de centrales de energía renovable que no tengan capacidad de regulación, la empresa generadora deberá entregar un informe técnico emitido por un experto técnico, cuya revisión y plazos para aprobar el valor informado, se regirá por lo establecido en el presente Anexo*.”

“*Cualquiera sea el caso, el informe, deberá especificar las metodologías, cálculos utilizados y todos antecedentes y aspectos técnicos que fueron utilizados para la obtención del valor de Potencia Máxima informado.”*

Además, en su artículo 9 “*Consideraciones en la determinación del valor de Potencia Máxima: El valor de Potencia Máxima 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 riesgo, entre otras, no deberán ser consideradas en la determinación de este valor*”.

Por ende, el presente informe técnico contiene la información solicitada en el anexo técnico “Pruebas de potencia máxima 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 potencia máxima en BESS se basó en los documentos [1], [12], [15] y [16].

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 pruebas de potencia máxima en terreno, considerando los modos de operación de carga y descarga, con el fin de determinar el valor de potencia máxima tanto de retiro como de inyección

El periodo de la prueba comprometido para carga y descarga del sistema de almacenamiento, corresponderá a lo declarado como cantidad de horas de almacenamiento para el caso de inyección y tiempo de carga para el caso de retiro. En base a esto, se requiere medir los siguientes parámetros:

- **Potencia máxima de descarga continua**: $(P_{máxima-D})$ Valor de potencia activa máxima que el BESS puede inyectar energía para todo el rango de SOC (*State of Charge*) permitido por el fabricante. En el caso del BESS NI, la potencia máxima de descarga concuerda con su potencia nominal, es decir, descarga con 5.2 MW durante 5 horas.

- **Potencia máxima de carga continua:** $(P_{máxima-C})$ Valor de potencia activa máxima que el BESS puede absorber energía para todo el rango de SOC permitido por el fabricante. En el caso del BESS NI, la potencia máxima de carga concuerda con su potencia nominal, es decir, carga con 5.2 MW durante 5 horas.

Considerando lo expuesto, para dar cumplimiento a las pruebas de Potencia Máxima se proponen los siguientes ensayos:

i. Prueba 1: Con el BESS inyectar potencia activa máxima durante el tiempo máximo que permita que el estado de carga de la batería vaya desde SOC máximo al SOC mínimo.
ii. Prueba 2: Con el BESS absorber potencia activa máxima durante el tiempo máximo que permita que el estado de carga de la batería vaya desde SOC mínimo al SOC máximo.

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.

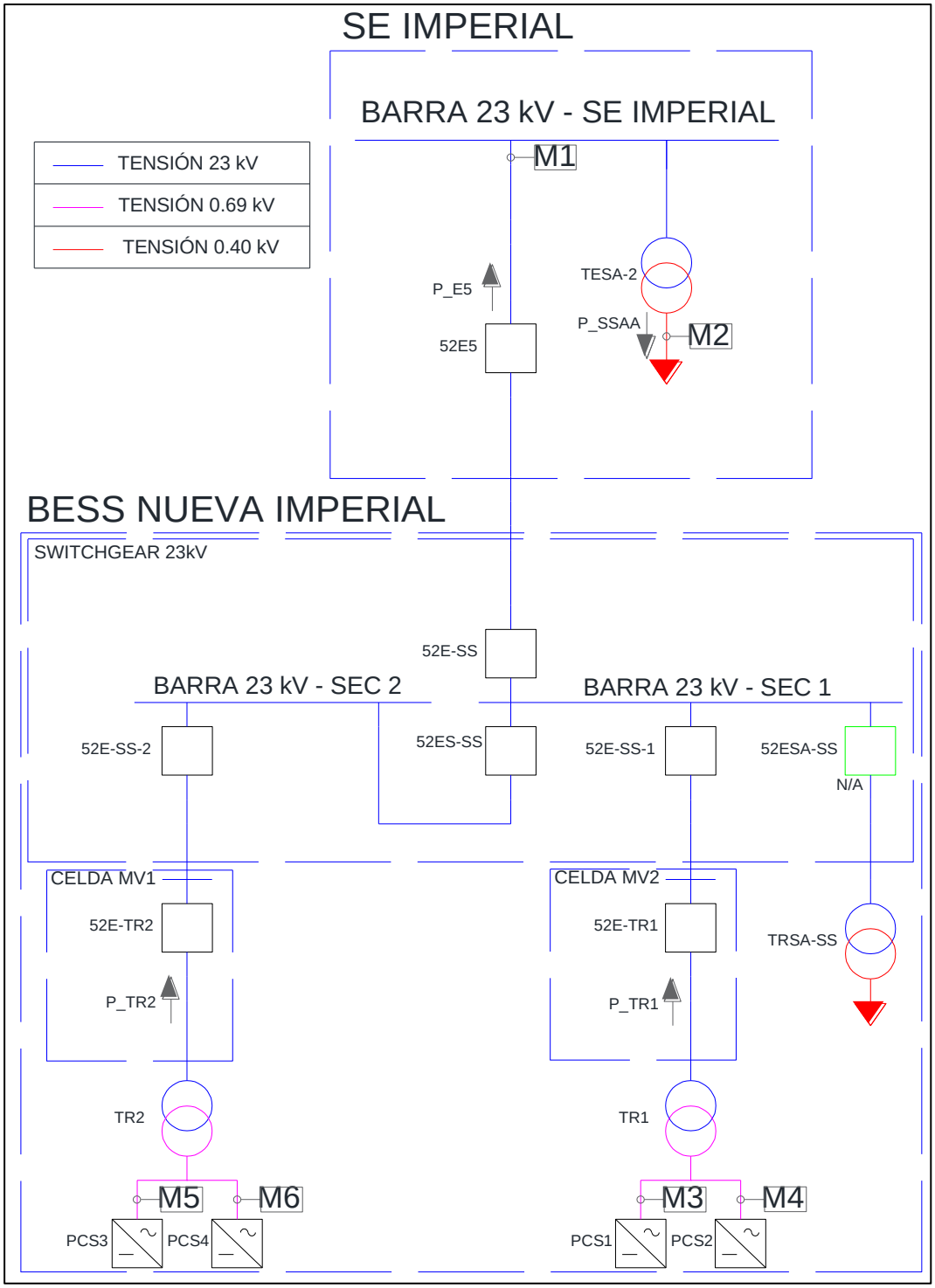


Figura 5.1: Esquema de BESS Nueva Imperial.

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
M4	Lado AC PCS2	SCADA proyecto	1 muestra/min	P
M5	Lado AC PCS3	SCADA proyecto	1 muestra/min	P
M6	Lado AC PCS4	SCADA proyecto	1 muestra/min	P

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 o conjunto central generadora y BESS en la barra de media tensión de su subestación de salida. La potencia activa de salida se expresará con un signo positivo como se muestra en la Figura 5.1.
9. P2: Potencia inyectada o absorbida por el BESS en la barra de baja tensión de su subestación de salida. La potencia activa de salida se expresará con un signo positivo como se muestra en la Figura 5.1.
10. Punto de conexión: Se define el punto de conexión para un BESS o conjunto central generadora y BESS, el correspondiente a la barra de alta 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 del BESS Nueva Imperial 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 en caso de emergencia.

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

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

O en su defecto:

$$P_{Max\ bruta} = P_{PCS1_{BESS}} + P_{PCS2_{BESS}} + P_{PCS3_{BESS}} + P_{PCS4_{BESS}}$$

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

$$P_{Max\ neta} = P_{E5} - P_{SSAA_{BESS}}$$

O en su defecto:

$$P_{Max\ neta} = P_{Max\ bruta} - P_{PérdidaT1} - P_{PérdidaT2} - P_{PérdidaSC} - P_{SSAA_{BESS}}$$

En donde:

$P_{Max\ bruta}$: Potencia activa máxima 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 AC del PCS i.

$P_{Max\ Neta}$: Potencia activa máxima 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 POTENCIA MÁXIMA (DESCARGA)

Los registros de la prueba de potencia máxima (Descarga) del BESS Nueva Imperial corresponden a las mediciones de generación comprendidas entre las 15:02 y las 21:16 del 25 de septiembre de 2024. Antes de iniciar las pruebas, el estado de carga de las baterías (SOC) era del 100%, equivalente al SOC máximo, como se ilustra en la Figura 5.2. La Figura 5.3 se muestra el registro de la potencia activa en el paño E5 de la subestación Imperial. Además, se registró la potencia activa en el lado de alterna de cada uno de los PCS del BESS, cuyos resultados se presentan en Figura 5.4, Figura 5.5, Figura 5.6 y Figura 5.7. Finalmente, se registraron los consumos de baja tensión del transformador de servicios auxiliares TESA-2 del BESS, los cuales se muestran en la Figura 5.8.

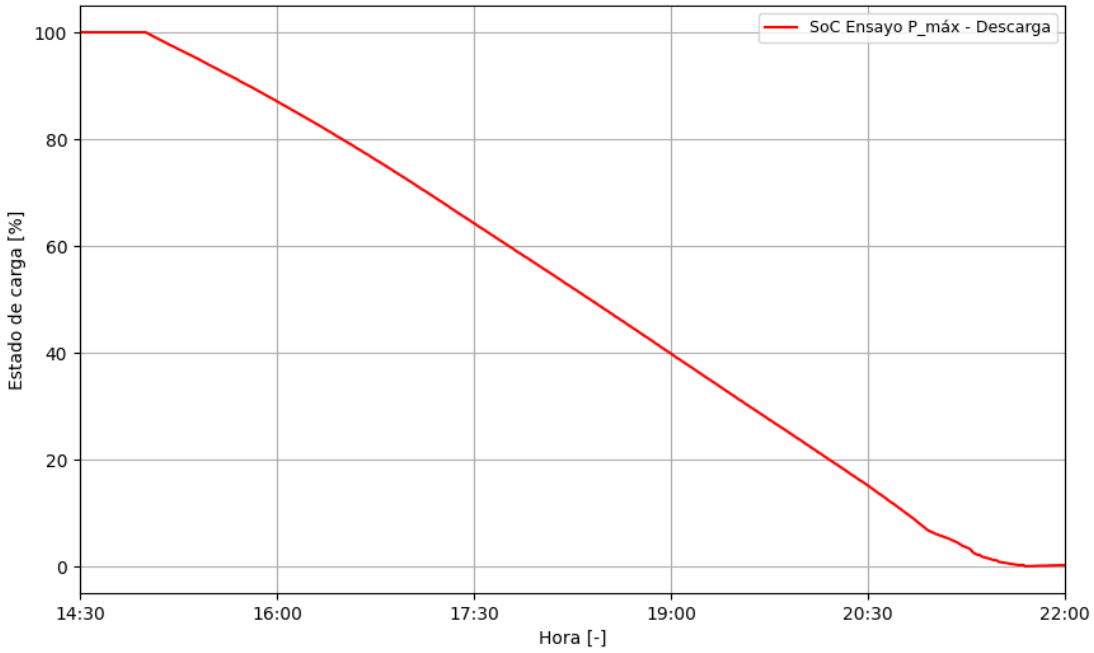


Figura 5.2: Registros del estado de carga de las baterías durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)

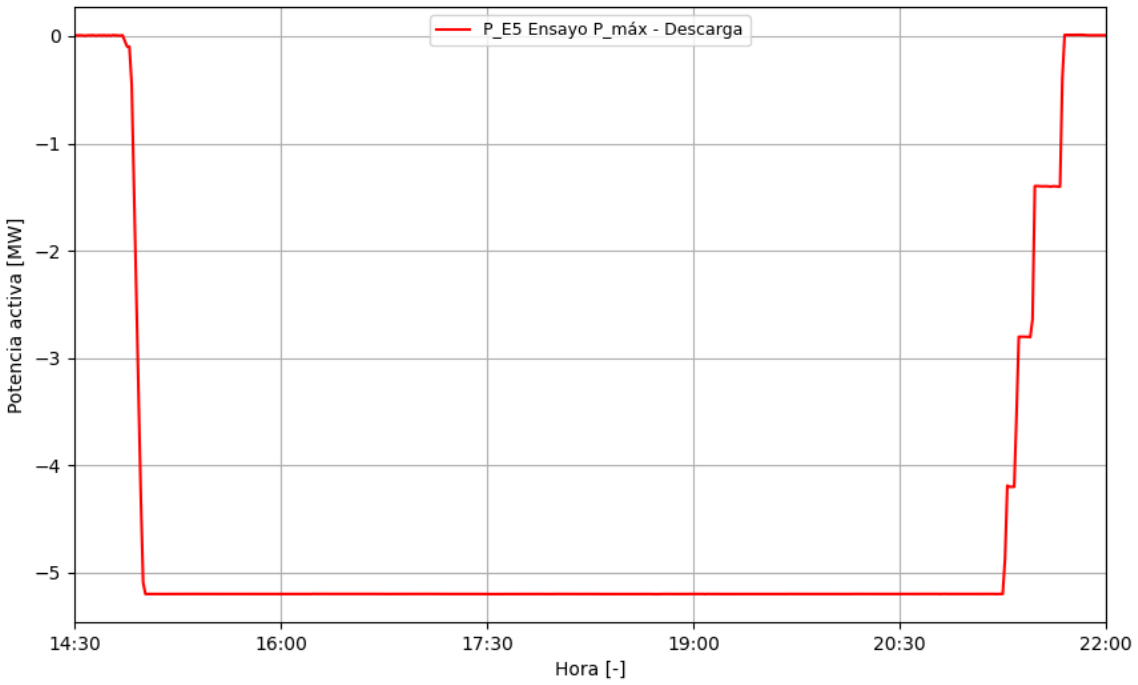


Figura 5.3: Registros de Potencia Activa en el Paño E5 de la SE Imperial durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)

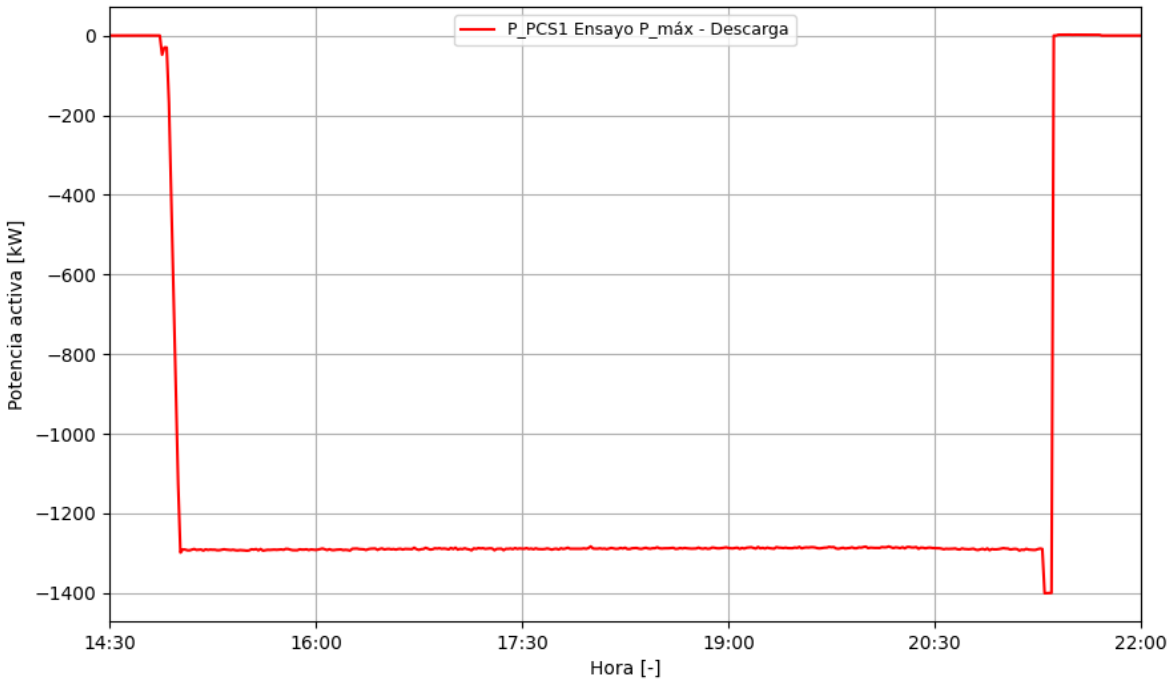


Figura 5.4: Registros de Potencia Activa en PCS1 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)

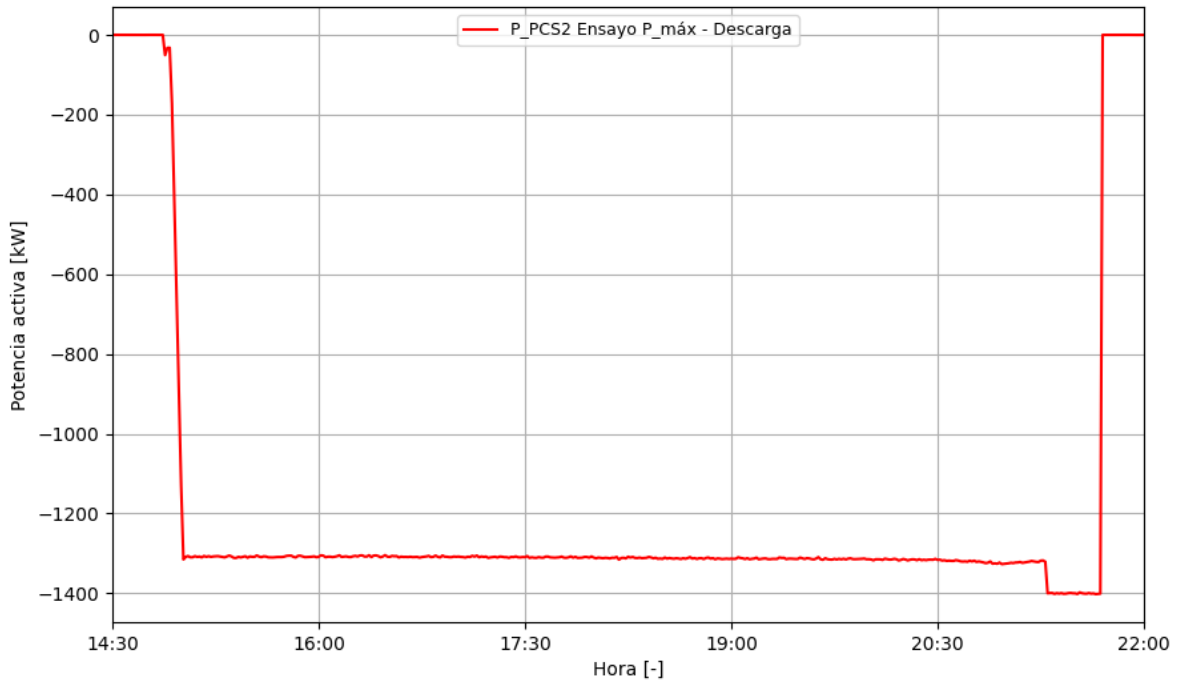


Figura 5.5: Registros de Potencia Activa en PCS2 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)

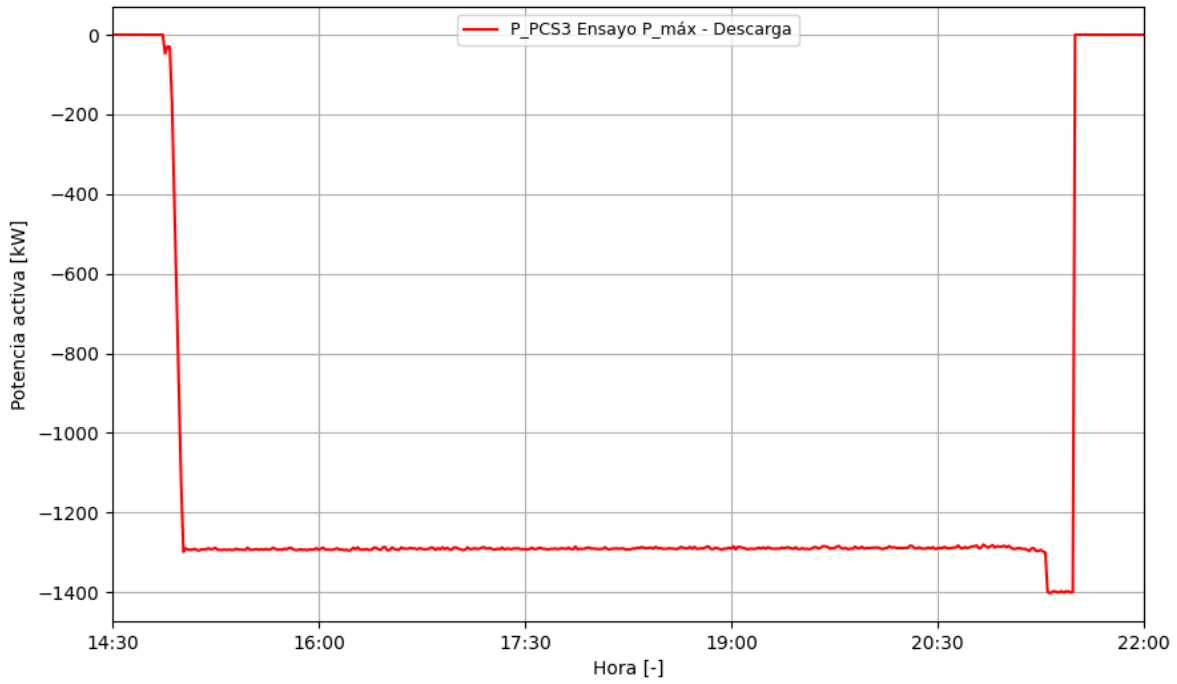


Figura 5.6: Registros de Potencia Activa en PCS3 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)

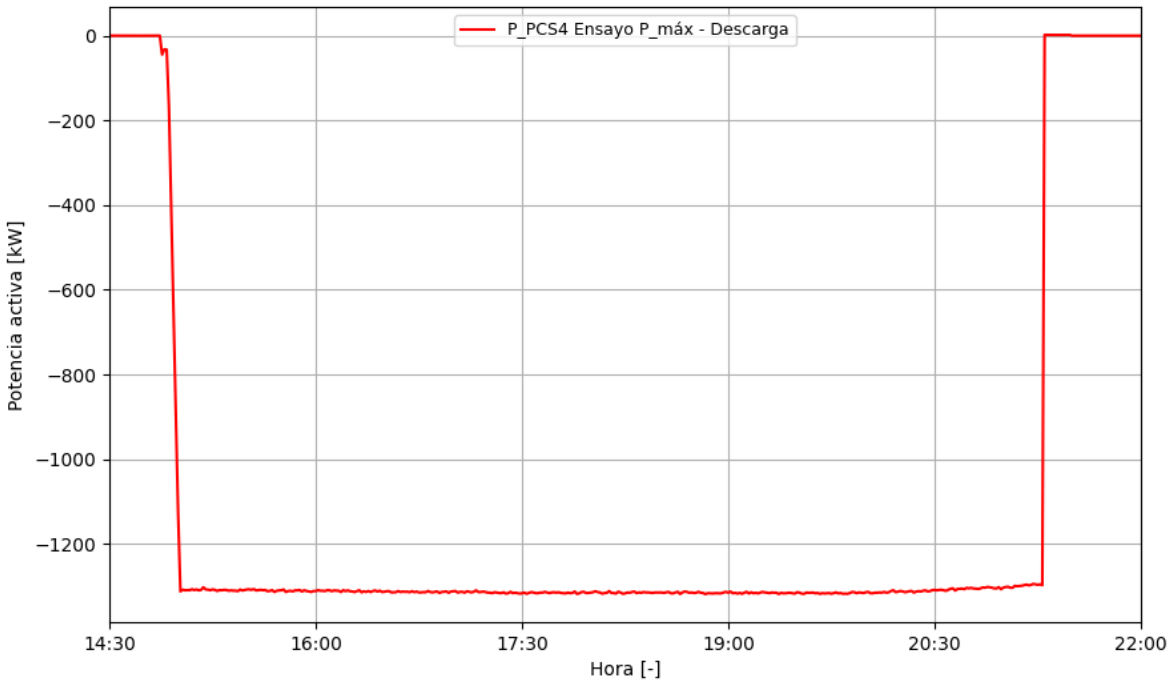


Figura 5.7: Registros de Potencia Activa en PCS4 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)

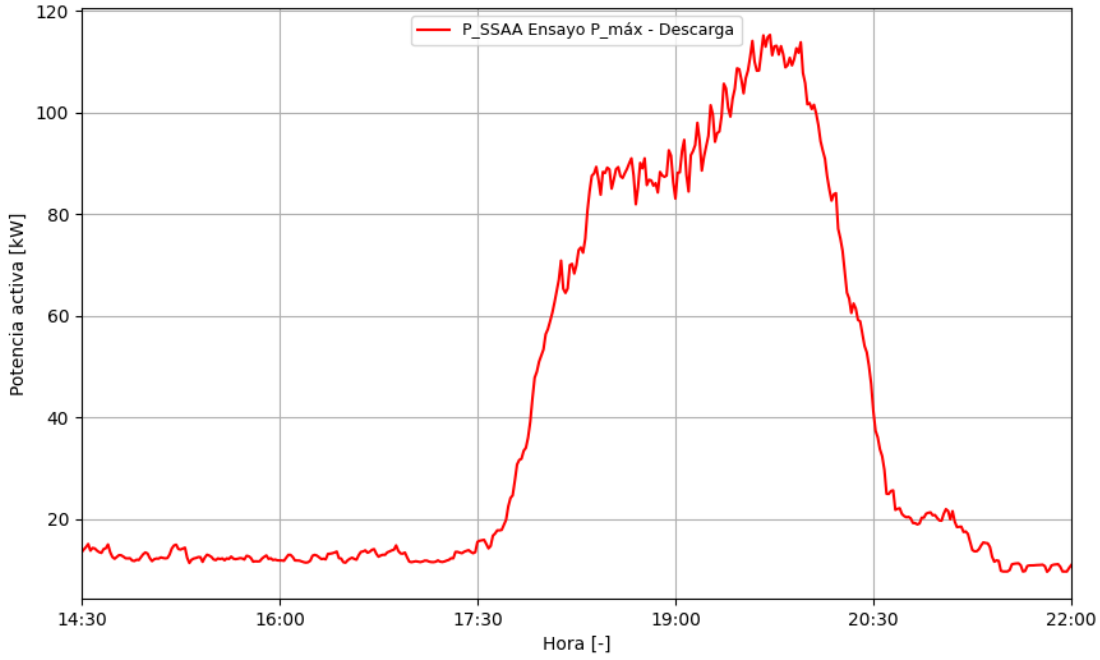


Figura 5.8: Registros de potencia activa en SSAA del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (descarga)

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 potencia máxima (Descarga), se utilizó el valor promedio de los registros obtenidos entre las 15:02 y las 21:16 del 25 de septiembre de 2024. El promedio de los registros se presenta en la Tabla 5.2.

Variable [MW]	Registro Promedio
Potencia activa en PCS1	-1.3079
Potencia activa en PCS2	-1.3310
Potencia activa en PCS3	-1.3089
Potencia activa en PCS4	-1.3315
Potencia activa en Paño E5	-5.1993
Potencia activa en SS.AA.	0.0163

Tabla 5.2: Registro de promedio de mediciones en ensayo de Potencia Máxima (descarga).

5.2.1 Determinación de Potencia Máxima Bruta (Descarga)

Para determinar la potencia activa máxima bruta del proceso de 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 de poder del sistema.

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

$$\boldsymbol{P_{Max\ bruta} = -5.2793\ [MW]}$$

5.2.2 Determinación de Potencia Máxima Neta (Descarga)

Para determinar la potencia activa máxima neta del proceso de descarga del BESS Nueva Imperial, es necesario proceder matemáticamente, efectuando consideraciones y cálculos, para así, establecer las pérdidas en los distintos elementos del sistema colector del BESS, a partir de los registros de la prueba de potencia máxima (Descarga).

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.

$$P_{TR1_{BT}} = P_{PCS1} + P_{PCS2} = -2.6389\ [MW]$$

$$P_{TR1_{BT}} = P_{PCS3} + P_{PCS4} = -2.6404\ [MW]$$

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:

$$P_{TR_x} = P_{vacío_x} + \frac{P_x{}^2}{P_n{}^2} P_{carga_x}$$

$P_{vacío_x}$: Pérdidas de vacío del transformador del transformador elevado "x".
P_{carga_x}: Pérdidas de carga del transformador de transformador elevado "x".
P_x : Potencia registrada en BT del transformador del transformador elevado "x".
P_n : Potencia nominal de BT del transformador elevado "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} [kW]	P_x [MW]	P_{TR_x} [MW]
TR1 (PCS 1 y 2)	4.3201	16.5642	-2.6389	0.0140
TR2 (PCS 3 y 4)	4.2247	16.5893	-2.6404	0.0139

Tabla 5.3: Cálculo de pérdidas de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Potencia máxima (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.

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

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_{TRx_BT} [MW]	P_{TR_x} [MW]	P_{MT-TR_x} [MW]
TR1 (PCS 1 y 2)	-2.6389	0.0140	-2.6248
TR2 (PCS 3 y 4)	-2.6404	0.0139	-2.6265

Tabla 5.4: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores elevadores 1 y 2. Prueba de Potencia máxima (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.

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

$$\boldsymbol{P_{SC} = 0.0520\ [MW]}$$

Mediante las pérdidas del sistema colector y las pérdidas de los transformadores elevadores es posible determinar las pérdidas de la central, modeladas por la siguiente expresión:

$$P_{Central} = P_{SC} + P_{TR_1} + P_{TR_2}$$

$$\boldsymbol{P_{Central} = \ 0.0800\ [MW]}$$

Finalmente, para obtener la potencia máxima neta 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, por lo tanto, para determinar la potencia máxima neta se deben restar los consumos auxiliares a los registros de potencia activa del paño E5.

$$P_{Max\ neta} = P_{E5} - P_{SSAA_{BESS}}$$

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.

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	16.3141	0.9894	17.3035

Tabla 5.5: Cálculo de potencia activa en media tensión de los transformadores servicios auxiliares. Prueba de Potencia máxima (descarga).

La potencia máxima neta se calcula de la siguiente manera:

$$P_{Max\ neta} = P_{E5} - P_{SSAA_{BESS}} - P_{TR_{ESA}}$$

$$\boldsymbol{P_{Max\ neta} = -5.1820\ [MW]}$$

Por último, para determinar la energía descargada durante la prueba de potencia máxima en modo descarga, se exporta el perfil de energía desde el software del medidor Elspec G4500, donde se registra una energía total de 33.126 MWh durante el ciclo completo de descarga[2]. Los resultados se presentan en la Figura 5.9.

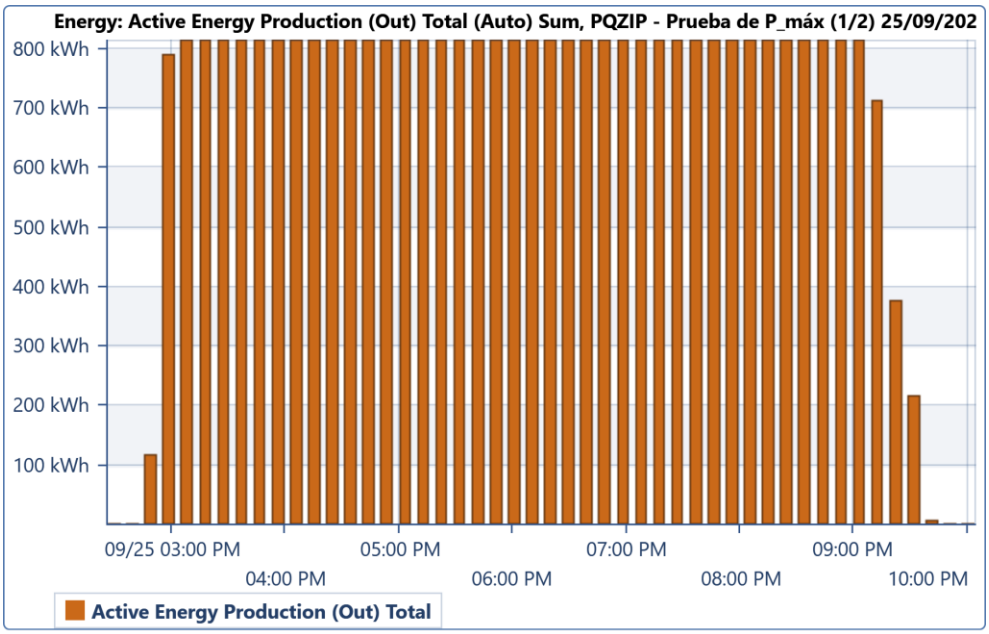


Figura 5.9: Perfil de energía descargada. Prueba de potencia máxima modo descarga.

[2] Se comprueba que con el factor de degradación del 82.1% al año siete (Figura 4.14), el BESS Nueva Imperial podrá tener una capacidad de almacenamiento de al menos 26 MWh, tal como se requiere en [22] y [23].

5.3 PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA (CARGA)

Los registros de la prueba de potencia máxima (Carga) del BESS Nueva Imperial corresponden a las mediciones de generación comprendidas entre las 23:52 del día 25 de septiembre y las 06:37 del día 26 de septiembre de 2024. Antes de iniciar las pruebas, el estado de carga de las baterías (SOC) era nulo, equivalente al SOC mínimo, como se ilustra en la Figura 5.10. La Figura 5.11 muestra el registro de la potencia activa en el paño E5 de la subestación Nueva Imperial. Además, se registró la potencia activa en el lado de alterna de cada uno de los PCS del BESS, cuyos resultados se presentan en la Figura 5.12, Figura 5.13, Figura 5.14 y Figura 5.15. Finalmente, se registraron los consumos de baja tensión del transformador de servicios auxiliares (SS.AA.) del BESS, los cuales se muestran en la Figura 5.16.

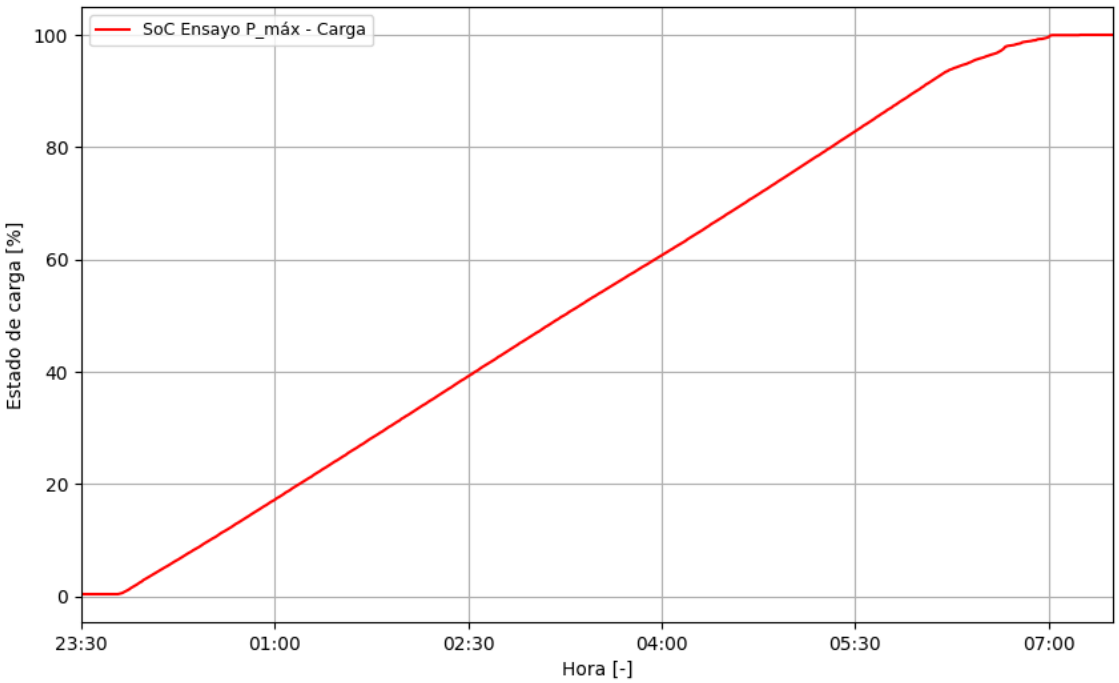


Figura 5.10: Registros del estado de carga de las baterías durante el ensayo de Potencia Máxima (carga)

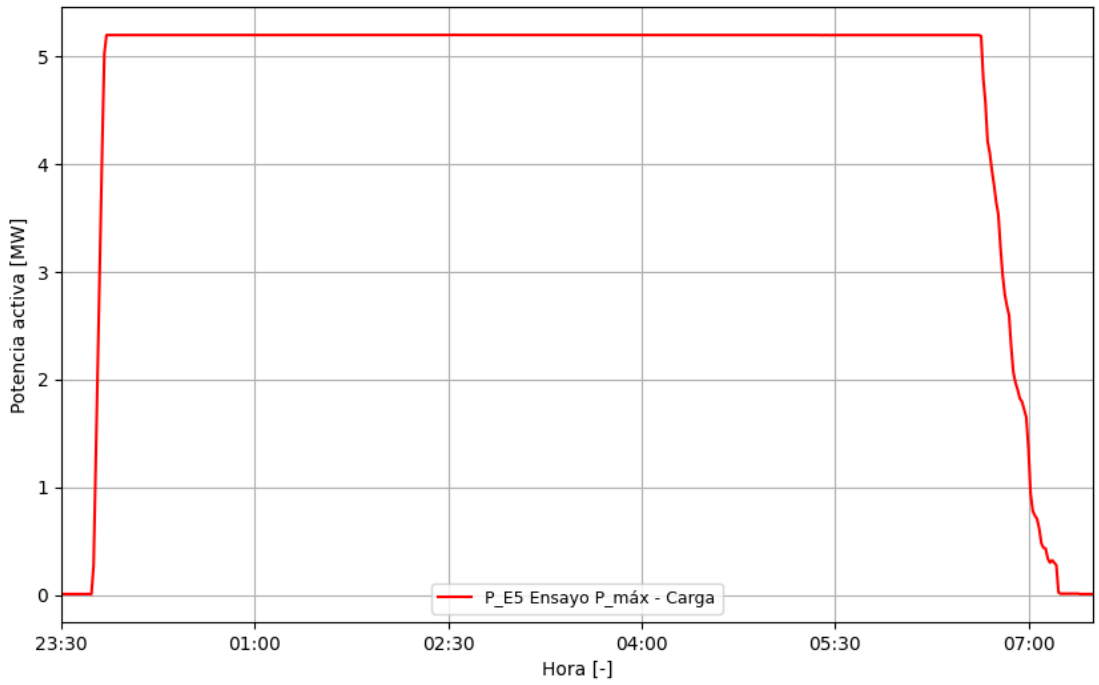


Figura 5.11: Registros de Potencia Activa en el Paño E5 de la SE Imperial durante el ensayo de Potencia Máxima (carga)

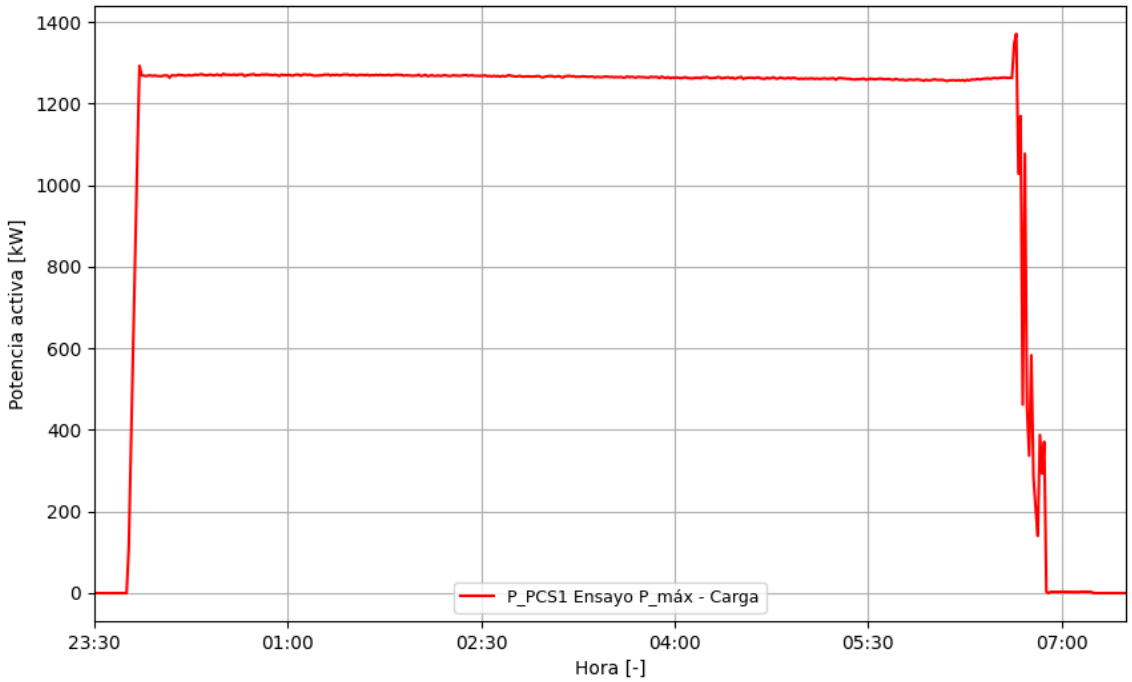


Figura 5.12: Registros de Potencia Activa en PCS1 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga)

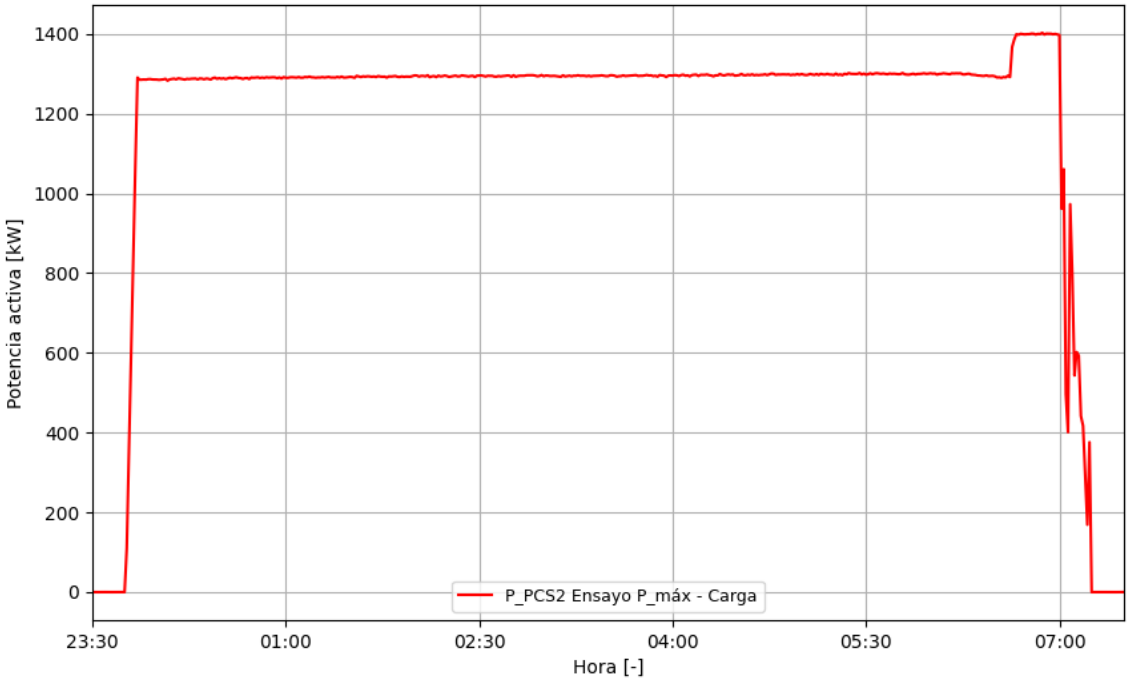


Figura 5.13: Registros de Potencia Activa en PCS2 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga)

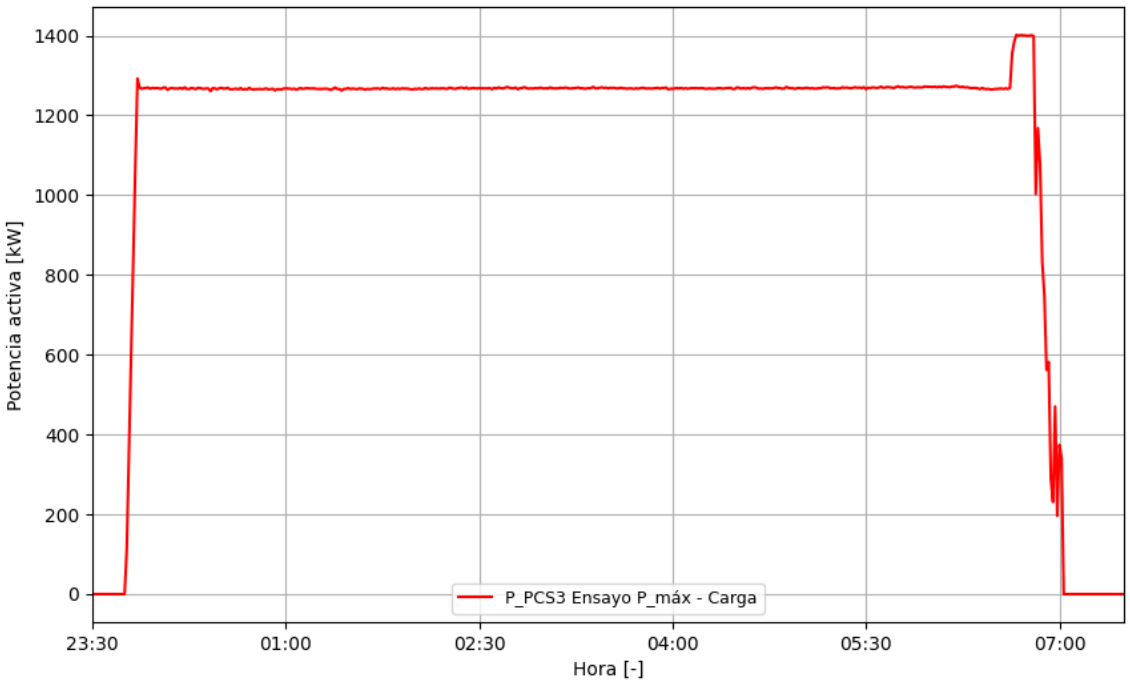


Figura 5.14: Registros de Potencia Activa en PCS3 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga)

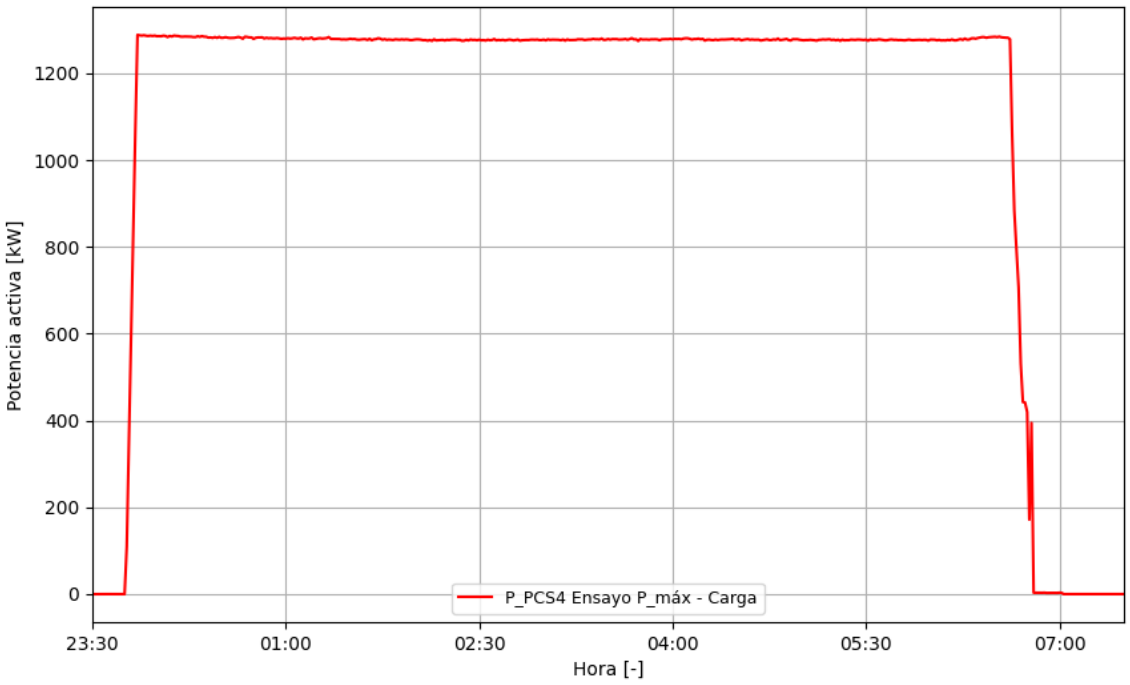


Figura 5.15: Registros de Potencia Activa en PCS4 del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga)

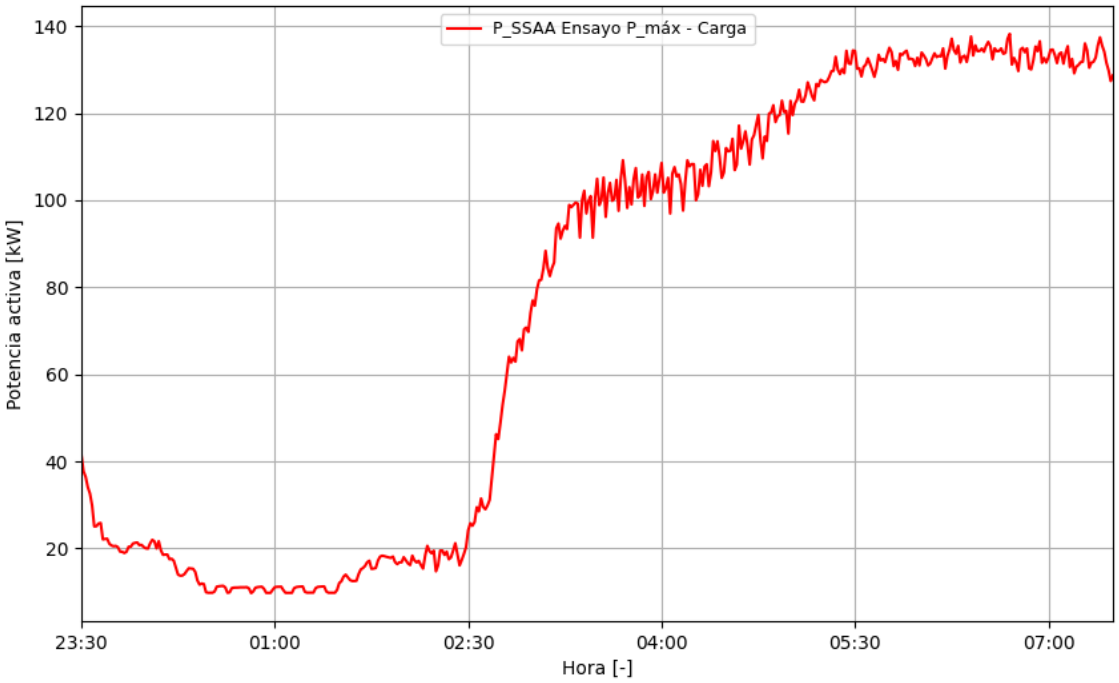


Figura 5.16: Registros de Potencia Activa en SSAA del Sistema BESS durante el ensayo de Potencia Máxima (carga)

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 potencia máxima (Carga), se utilizó el valor promedio de los registros obtenidos entre las 15:02 y las 21:16 del 25 de septiembre de 2024. El promedio de los registros se presenta en la Tabla 5.6.

Variable	Registro Promedio
Potencia activa en PCS1 [MW]	1.2656
Potencia activa en PCS2 [MW]	1.2947
Potencia activa en PCS3 [MW]	1.2680
Potencia activa en PCS4 [MW]	1.2791
Potencia activa en Paño E5 [MW]	5.2032
Potencia activa en SS.AA. [MW]	0.0704

Tabla 5.6: Registro de promedio de mediciones en ensayo de Potencia Máxima (carga).

5.3.1 Determinación de Potencia Máxima Bruta (Carga)

Para determinar la potencia activa máxima bruta del proceso de 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.

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

$$\boldsymbol{P_{Max\ bruta} = 5.1074\ [MW]}$$

5.3.2 Determinación de Potencia Máxima Neta (Carga)

Para determinar la potencia activa máxima neta del proceso de carga del BESS Nueva Imperial, se procede de forma análoga a la prueba de potencia máxima (descarga).

En primer lugar, se determina la potencia activa en baja tensión de ambos transformadores elevadores.

$$P_{TR1_{BT}} = P_{PCS1} + P_{PCS2} = 2.5602\ [MW]$$

$$P_{TR1_{BT}} = P_{PCS3} + P_{PCS4} = 2.5472\ [MW]$$

Luego, para obtener la potencia activa en media tensión de los transformadores elevadores, se calculan las pérdidas de cada transformador. Los resultados para las pérdidas de los transformadores elevadores se muestran en la Tabla 5.7.

Transformador	$P_{vacío}$ [kW]	P_{carga} [kW]	P_x [MW]	P_{TR_x} [MW]
TR1 (PCS 1 y 2)	4.3201	16.5642	2.5602	0.0134
TR2 (PCS 3 y 4)	4.2247	16.5893	2.5472	0.0120

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

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_{TR1_BT} [MW]	P_{TR_x} [MW]	P_{MT-TR_x} [MW]
TR1 (PCS 1 y 2)	2.5602	0.0166	2.5574
TR2 (PCS 3 y 4)	2.5472	0.0152	2.5591

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

Se calculas las pérdidas del sistema colector:

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

$$\boldsymbol{P_{SC} = 0.07036\ [MW]}$$

Mediante las pérdidas del sistema colector y las pérdidas de los transformadores elevadores es posible determinar las pérdidas de la central, modeladas por la siguiente expresión:

$$P_{Central} = P_{SC} + P_{TR_1} + P_{TR_2}$$

$$\boldsymbol{P_{Central} = 0.0958\ [MW]}$$

Para obtener la potencia máxima neta es necesario considerar la conexión del transformador de SS.AA. del proyecto BESS Nuevas Imperial, por lo tanto, para determinar la potencia máxima neta sen agregar los consumos auxiliares a los registros de potencia activa del paño E5.

$$P_{Max\ neta} = P_{E5} + P_{SSAA_{BESS}}$$

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.

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	70.4385	1.1209	71.5595

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

La potencia máxima neta se calcula de la siguiente manera:

$$P_{Max\ neta} = P_{E5} + P_{SSAA_{BESS}} + P_{TR_{ESA}}$$

$$\boldsymbol{P_{Max\ neta} = 5.2748\ [MW]}$$

Por último, para determinar la energía descargada durante la prueba de potencia máxima en modo carga, se exporta el perfil de energía desde el software del medidor Elspec G4500, donde se registra una energía total de 36.206 MWh durante el ciclo completo de carga. Los resultados se presentan en la Figura 5.17.

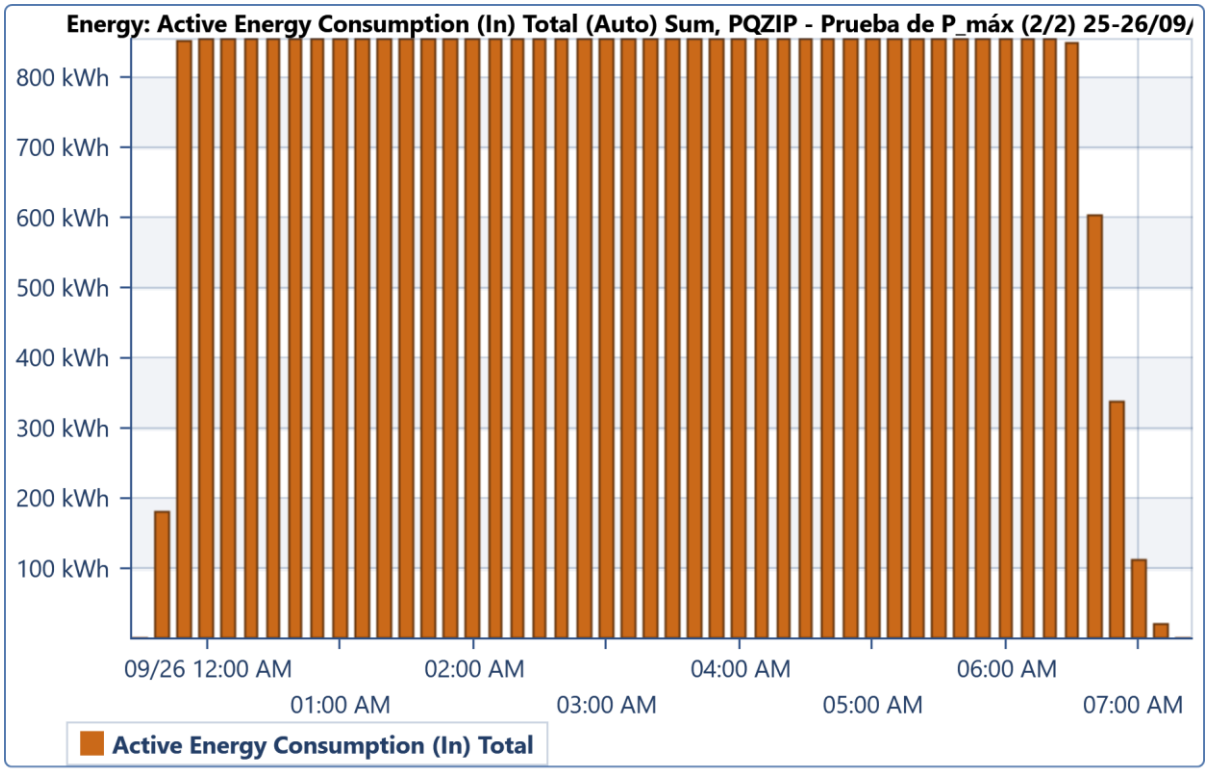


Figura 5.17: Perfil de energía descargada. Prueba de potencia máxima modo carga.

6 CONCLUSIONES

En base a las mediciones en los paños E5, PCS1, PCS2, PCS3, PCS4 del sistema BESS de la SE Imperial, y los servicios auxiliares del proyecto BESS entre el 25 y 26 de septiembre de 2024, se determina la potencia máxima neta y bruta correspondiente a los procesos de carga y descarga del sistema de almacenamiento de energía en baterías.

Para el proceso de **descarga** se obtiene una potencia neta de -5.1820 MW y una potencia máxima bruta de -5.2793 MW, para dicho escenario, las pérdidas del sistema colector del BESS son de 0.0520 MW, el consumo de los SS.AA. del BESS es de 17.3035 kW y las pérdidas de los transformadores de poder son de 0.0280 MW.

Por otra parte, en el proceso de **carga** se determinó una potencia neta de 5.2748 MW y una potencia máxima bruta de 5.1074 MW, para dicho escenario, las pérdidas del sistema colector del BESS son de 0.0704 MW, el consumo de los SS.AA. del BESS es de 71.5595 kW y las pérdidas del conjunto transformador de poder son de 0.0254 MW.

La Tabla 6.1 resume las potencias máximas netas y brutas, además de las pérdidas identificadas en los diferentes equipamientos de las instalaciones.

Central/Unidad	Modo de Operación	Tiempo carga/descarga [hr]	Potencia Máxima Bruta [MW]	SS/AA [kW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Máxima Neta [MW]
BESS Nueva Imperial	Carga	6.7500	5.1074	71.5595	0.0958	5.2748
	Descarga	6.2333	-5.2793	17.3035	0.0800	-5.1820

Tabla 6.1: Parámetros de Potencia Máxima de BESS[3] Nueva Imperial.

En lo que respecta a la energía de carga y descarga, según los registros recabados de las pruebas de potencia máxima modo carga y descarga. La energía absorbida e inyectada para cada ciclo se presenta en la Tabla 6.2.

Central/Unidad	Modo de Operación	Tiempo carga/descarga [hr]	Energía [MW]
BESS Nueva Imperial	Carga	6.7500	36.206
	Descarga	6.2333	33.126

Tabla 6.2: Energía registrada durante el ciclo de carga y descarga.

[3] Se utiliza el Prefijo "BESS" para el sistema de almacenamiento, puesto que se deja explícito en la "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"- Junio 2024.

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 (%) AB/ab	BC/bc	CA/ca	connection symbol
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 ℃

Winding	Tap	Resistance (Ω) AB	BC	CA	Unbalance rate (%)
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 ℃ 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 ℃ 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℃ (W)	20884.3	Pass
Impedance voltage at 120℃ (%)	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.

ZHEJIANG JIANGSHAN TRANSFORMER CO.,LTD TEST STATION

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

RHONA

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

PÉRDIDAS EN CARGA E IMPEDANCIA — **PÉRDIDAS TOTALES**

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

RESISTENCIA DE BOBINA AT EN OHM X 10E 0

DERIVACIÓN N°	DERIVACIÓN TENSIÓN[V]	RESISTENCIA EN AT: 21.4[°C] H1 - H2	H2 - H3	H3 - H1	PROM. A: 75 [°C]
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	I NOMINAL [A] BT
60.399	60.392	60.389	9.56	
57.510	57.505	57.502	10.0	
54.619	54.619	54.615	10.6	
51.765	51.761	51.758	11.2	577.35
48.873	48.871	48.468	11.8	

RESISTENCIA DE BOBINA BT EN OHM X 10E -3

Medido a: 21.2 [°C]	X1-X2	X2-X3	X3-X1	PROM. A: 75 [°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 DIELÉCTRICOS

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

CALIDAD RHONA CERTIFICADA

N° VALIDACIÓN : 3715FEE46704E408842589260042B7FF

Escanee el código QR para ver un manual del producto

WWW.RHONA.CL

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 -	511th		
Current Harmonics (Individual, Even, Odd, Total) Up to -	127th		
Type of Analog to Digital Converter	16/20[1] bit		
Storage Capacity			
Internal Memory	32 GB/32TB[2]		
Power Quality Analysis			
ransient 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, IEEE1159, IEEE519, 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
		Nominal Full Scale	1000V
Auxiliary DC Supply	48 Vdc	Maximum Peak Measurement	8000V
Auxiliary Supply	PoE In According to 802.3af	Input Impedance	3MΩ
Battery Backup	2 Hours	Uncertainty	0.1% of Nominal
Time		**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	I1-I4: 0-10 VPk I5: 0-3 VPk
GPS	100-200µs		
IRIG B	100-200µs	Uncertainty	0.1% ±0.1 mV
SNTP Server	50-100µs	**Frequency**	
DCF-77	±15ms	Fundamental Frequency	42.5 Hz to 69 Hz
Environmental Conditions		Frequency Resolution	10 mHz
Operation Temperature	0°C – 50°C (32°F – 122 °F)	Frequency Accuracy	±10 mHz
Storage Temperature	-20°C – 60°C (-4°F – 140 °F)	Disclaimer: Specifications subject to changes without prior notice	

[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

Page 1 of 2

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

G4K Calibration Pass

Signature: Doron Arussi
practical electric engineer
Dspec technologies

ANEXO IV ARCHIVOS ADJUNTOS

Anexo a este informe se encuentran los siguientes archivos adjuntos:

- Anexo V - Registros y cálculos P_máx modo descarga: Plantilla de registros y cálculos para determinar los parámetros de interés de la prueba de potencia máxima modo descarga.

- Anexo VI - Registros y cálculos P_máx modo carga: Plantilla de registros y cálculos para determinar los parámetros de interés de la prueba de potencia máxima modo carga.

- Anexo VII - Registros P_máx modo descarga: Plantilla de registros energía de la prueba de potencia máxima modo descarga.

- Anexo VIII - Registros energía P_máx modo carga: Plantilla de registros energía de la prueba de potencia máxima modo carga.

FIN DOCUMENTO.