



ESTUDIOS  
SISTEMICOS  
POR UN MUNDO MAS RENOVABLE

CLIENTE: ENEL GREEN POWER S.A.

## INFORME DE MÍNIMO TÉCNICO (MT)

Proyecto: BESS Parque Eólico La Cabaña

CÓDIGO: 22095-INF-EGP-070

REVISIÓN B

Fecha de emisión: 25.06.2024



[www.estudiossistemicos.cl](http://www.estudiossistemicos.cl)



El presente documento fue preparado por los siguientes profesionales de Estudios Sistémicos SpA.

Profesional	Correo	Departamento
Emiliano Chiapponi	<a href="mailto:emiliano.chiapponi@estudiossistemicos.cl">emiliano.chiapponi@estudiossistemicos.cl</a>	Departamento de Ensayos
Franco Leonel Musso	<a href="mailto:franco.musso@estudiossistemicos.cl">franco.musso@estudiossistemicos.cl</a>	Departamento de Ensayos
Diego Millán Cartes	<a href="mailto:diego.millan@estudiossistemicos.cl">diego.millan@estudiossistemicos.cl</a>	Departamento de Operaciones

La fecha de emisión de cada revisión y la actividad de los respectivos encargados se indican en la siguiente tabla:

Revisión	Fecha	Realizó	Revisó	Aprobó	Comentarios
A	23.05.2024	ENC	FLM	DMC	Para presentar
B	25.06.2024	ENC	FLM	DMC	Contempla observaciones presentadas en el documento "COR-GO-DCO-PMAX-BESS PE La Cabaña"

Ante consultas respecto a la elaboración del documento, favor dirigirse a los siguientes medios de contacto.

URL: [www.estudiossistemicos.cl](http://www.estudiossistemicos.cl)

Email: [contacto@estudiossistemicos.cl](mailto:contacto@estudiossistemicos.cl)

Fono: +562 3307 6960

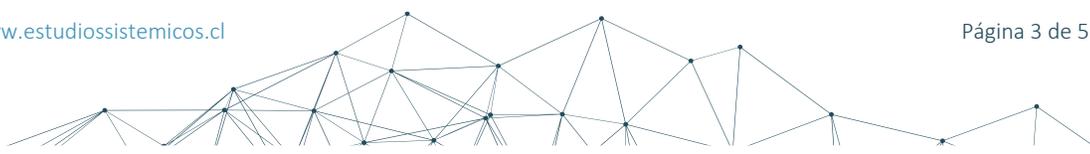
*No se permiten copias de este documento sin la autorización de ESTUDIOS SISTÉMICOS SpA*





## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1 Definiciones y señales.....	8
1.2 Nomenclatura.....	10
1.3 Personal participante.....	11
<b>2. ASPECTOS NORMATIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL</b> .....	<b>13</b>
3.1 Diagrama unilineal simplificado (DUS).....	14
3.2 Baterías.....	21
3.3 Inversores.....	23
3.4 Transformadores de bloque .....	24
3.5 Transformador de poder .....	25
3.6 Transformador de servicios auxiliares (SSAA) del BESS .....	26
3.7 Consumo de los servicios auxiliares.....	27
3.8 Transformador ZigZag (NEC/NER).....	27
3.9 Banco de condensadores (BC).....	27
<b>4. DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO</b> .....	<b>28</b>
4.1 Introducción .....	28
4.2 Objetivos.....	28
4.3 Señales registradas.....	29
4.4 Mínimo técnico con todos los inversores en servicio .....	29
4.4.1 Potencia bruta.....	31
4.4.2 Consumo de los SS.AA. ....	31
4.4.3 Potencia neta.....	33
4.4.4 Pérdidas de la central .....	33
4.4.5 Agregado del transformador de poder.....	35
4.5 Mínimo técnico con un único inversor .....	36
4.5.1 Potencia bruta.....	37
4.5.2 Consumo de los SS.AA. ....	38
4.5.3 Potencia neta.....	39
4.5.4 Pérdidas de la central .....	39
4.5.5 Agregado del transformador de poder.....	41
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>43</b>
<b>6. ANEXOS</b> .....	<b>44</b>
<b>7. REFERENCIAS</b> .....	<b>57</b>





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Abreviaturas y descripciones generales .....	8
Tabla 1-2: Listado de señales .....	8
Tabla 1-3: Personal participante en los ensayos .....	11
Tabla 3-1: Parámetros principales de las baterías SAFT [6] .....	22
Tabla 3-2: Parámetros principales – Inversores Power Electronics FP4390K y FP3290K [7] [7] .....	23
Tabla 3-3: Consumo de servicios auxiliares - Inversores Power Electronics FP4390K y FP3290K [8].	23
Tabla 3-4: Parámetros principales de los transformadores de bloque .....	25
Tabla 3-5: Parámetros principales del transformador de poder [13] .....	25
Tabla 3-6: Parámetros principales del transformador de servicios auxiliares (SSAA) – BESS [14] .....	26
Tabla 3-7: Consumo de servicios auxiliares [15] .....	27
Tabla 3-8: Parámetros principales del transformador ZigZag (NEC/NER) [16] .....	27
Tabla 3-9: Parámetros principales del banco de condensadores [17] .....	27
Tabla 5-1: Resumen de resultados - MT – Parque Eólico La Cabaña + BESS Parque Eólico La Cabaña .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Esquema simplificado del BESS Parque Eólico La Cabaña .....	10
Figura 2-1: Condición de MT con la totalidad de los inversores en servicio .....	12
Figura 2-2: Condición de MT con un único inversor en servicio .....	12
Figura 3-1: Ubicación geográfica – P.E. La Cabaña. ....	13
Figura 3-2: Diagrama unilineal - Red colectora de MT – BESS P.E. La Cabaña [2] .....	15
Figura 3-3: Diagrama unilineal - Red colectora de MT – P.E. La Cabaña [3] .....	16
Figura 3-4: Diagrama unilineal - Red colectora de MT – P.E. La Cabaña [3] .....	17
Figura 3-5: Diagrama unilineal funcional - Subestación La Cabaña 33 kV [4] .....	18
Figura 3-6: Diagrama unilineal funcional - Subestación La Cabaña 220 kV [5] .....	19
Figura 3-7: Esquema simplificado del BESS Parque Eólico La Cabaña junto con el Parque Eólico La Cabaña y el punto de conexión al SEN .....	20
Figura 3-8: Composición de los contenedores de baterías SAFT [6] .....	21
Figura 3-9: Máxima potencia de carga y descarga en función del SOC [6] .....	21
Figura 3-10: Tensión de salida, para carga y descarga, en función del SOC [6] .....	22
Figura 3-11: Curva de capacidad - Inversores Power Electronics FP4390K y FP3290K [9] .....	24
Figura 4-1: Relación entre los valores a obtener y los elementos del BESS Parque Eólico La Cabaña	29
Figura 4-2: PPOI BESS y PBRUTA - Ensayo de mínimo técnico – Todos los inversores en servicio .....	30
Figura 4-3: Potencia activa en bornes de los inversores (0,69 kV) – Ensayo de mínimo técnico – Todos los inversores en servicio .....	30
Figura 4-4: PPOI BESS y PBRUTA - Ensayo de mínimo técnico – 1 inversor en servicio .....	36
Figura 4-5: Potencia activa en bornes de los inversores (0,69 kV) – Ensayo de mínimo técnico – 1 inversor en servicio .....	37
Figura 6-1: Hoja de datos - Módulo de baterías SAFT [6] .....	44
Figura 6-2: Consumo de servicios auxiliares - Módulos de baterías SAFT [6] .....	44
Figura 6-3: Hoja de datos - Inversores Power Electronics FP3290K y FP4390K [7] .....	45
Figura 6-4: Consumo de servicios auxiliares – Inversores Power Electronics FP3290K y FP4390K [8] .....	46
Figura 6-5: Hoja de datos - Transformador de bloque 33/0,69 kV de 4,39 MVA [10] .....	48
Figura 6-6: Hoja de datos - Transformadores de bloque 33/0,69/0,69 kV de 6,58 MVA [11] .....	49





Figura 6-7: Hoja de datos - Transformadores de bloque 33/0,69/0,69 kV de 8,78 MVA [12] .....	50
Figura 6-8: Fotografía de placa - Transformador de poder MT/AT .....	51
Figura 6-9: Pruebas FAT - Transformador de poder MT/AT [13] .....	52
Figura 6-10: Hoja de datos – Transformador de SSAA [14].....	53
Figura 6-11: Fotografía de placa – Transformador de SSAA del BESS.....	53
Figura 6-12: Consumo de los servicios auxiliares [15] .....	54
Figura 6-13: Hoja de datos – Banco de condensadores [17] .....	55
Figura 6-14: Características principales - Transformador ZigZag [16].....	56





## INFORME DE MÍNIMO TÉCNICO (MT) BESS PARQUE EÓLICO LA CABAÑA

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe documenta el proceso de determinación, y los resultados correspondientes, al cálculo de mínimo técnico (MT) del BESS Parque Eólico La Cabaña, perteneciente a ENEL GREEN POWER S.A.. Los resultados presentados en este informe están basados en pruebas realizadas en terreno y fueron obtenidos de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” [1].

El Proyecto BESS Parque Eólico La Cabaña se encuentra localizado en la región de La Araucanía, al interior de la comuna de Angol, Chile. El mismo está compuesto por un sistema de almacenamiento BESS (Battery Energy Storage System) dividido en dos circuitos. A continuación, se detallan las principales características de estos circuitos:

- Circuito BESS N°1:
  - Potencia Nominal (DC): 9,9 MW
  - Energía Nominal (DC): 19,8 MWh
  - Factor de Potencia: 0,95
  - N° de contenedores de baterías: 9
    - (9) Saft Intensium Max 20 High Energy 1500V LFP (2,2 MWh)
  - N° de Inversores: 3
    - (3) Power Electronics FP4390K (4,39 MVA)
  - N° de Transformadores de bloque: 2
    - (1) ELTAS 33/0,69 kV de 4,39 MVA (ONAN)
    - (1) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 8,78 MVA (ONAN)
- Circuito BESS N°2:
  - Potencia Nominal (DC): 24,2 MW
  - Energía Nominal (DC): 48,4 MWh
  - Factor de Potencia: 0,95
  - N° de contenedores de baterías: 22
    - (22) Saft Intensium Max 20 High Energy 1500V LFP (2,2 MWh)
  - N° de Inversores: 8
    - (6) Power Electronics FP4390K (4,39 MVA)
    - (2) Power Electronics FP3290K (3,29 MVA)
  - N° de Transformadores de bloque: 4
    - (1) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 6,58 MVA (ONAN)
    - (3) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 8,78 MVA (ONAN)

En su conjunto, ambos circuitos BESS, poseen una potencia nominal del 34,1 MW (DC) y cuentan con una capacidad de 68,2 MWh (DC).

La red colectora de media tensión cuenta con dos (2) circuitos colectores destinados al BESS, los cuales operan en 33 kV. Dichos circuitos colectores, junto a los restantes siete (7) circuitos correspondientes a los aerogeneradores del Parque Eólico la Cabaña, confluyen en la subestación La Cabaña. En la misma, su tensión es elevada mediante un transformador de 220/33 kV de 120/150 MVA (ONAN/ONAF). La potencia generada por el parque en su conjunto (aerogeneradores





+ BESS) es transmitida, por medio de la nueva línea 220 kV La Cabaña – Renaico, a la red de transmisión del sistema interconectado.

Además, el BESS, cuenta con un transformador propio de Servicios Auxiliares (SS.AA.) de 33/0,4 kV de 800 kVA (ONAN). Por otro lado, el Parque Eólico La Cabaña, cuenta con un transformador de 33/0,4 kV de 150 kVA (ONAN) para la alimentación de sus servicios auxiliares. Sumado a esto, el parque, también posee un transformador ZigZag para brindar referencia a tierra y dos bancos de capacitores que totalizan una potencia de 25 MVAR (12,5 MVAR + 12,5 MVAR).

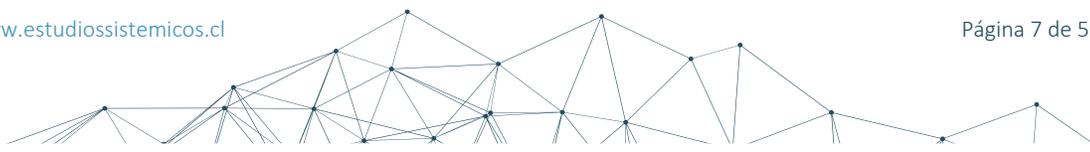
El BESS cuenta con su propio control conjunto de planta (PPC), implementado por PowerFactors, modelo Inaccess. El mismo controla el BESS en el punto de 33 kV Indicado en la Figura 3-3. En dicho punto se realizarán las mediciones durante los ensayos propuestos, a nivel PPC, en este documento.

La hoja de datos de los inversores se encuentra en el ANEXO II, mientras que las hojas de datos de los contenedores de baterías y transformadores de bloques se encuentran en el ANEXO I y ANEXO III, respectivamente.

Los resultados del presente informe se basan en los ensayos realizados sobre el BESS Parque Eólico La Cabaña durante el día 2 y 3 de mayo del 2024.

El PPC del BESS Parque Eólico La Cabaña realiza la medición de corriente de cada circuito por separado. Esto se debe a que no hay disponible un único punto de medición que contemple la corriente de ambos circuitos del BESS. Debido a esto, los datos utilizados para la realización del presente informe fueron adquiridos con el sistema de adquisición de datos del PPC, propio del BESS Parque Eólico La Cabaña. Dicho sistema cuenta con una tasa de muestreo de 20 ms y fue el encargado de registrar las variables de interés, para cada uno de los circuitos del BESS, durante los ensayos que se presentan en este informe.

El objetivo principal de las pruebas realizadas es obtener la sumatoria del valor mínimo de potencia bruta, con la cual el BESS puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al SI en forma continua, como así también, determinar el valor mínimo de potencia bruta con un único inversor en servicio.





## 1.1 Definiciones y señales

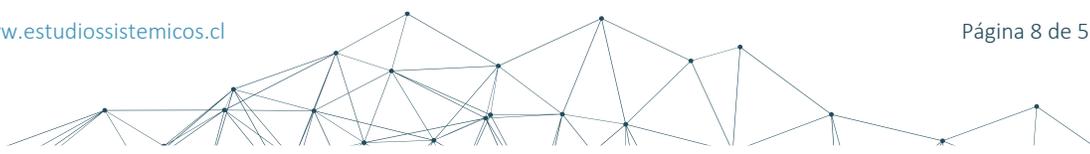
En la Tabla 1-1 se presentan las abreviaturas, junto con la descripción de las mismas, utilizadas en el presente documento. Adicionalmente, en la Tabla 1-2, se presenta el listado de señales que se utilizan en las diferentes gráficas que se presentan en este documento.

Tabla 1-1: Abreviaturas y descripciones generales

Abreviatura	Descripción
CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
AT	Alta Tensión – 220 kV
MT	Media Tensión – 33 kV
BT	Baja Tensión – 0,69 kV
POI	Punto de Interconexión ('Point Of Interconnection') 220 kV
BESS	Sistema de Almacenamiento de Energía mediante Baterías ('Battery Energy Storage System')
POI BESS	Punto de interconexión ('Point Of Interconnection') del BESS 33 kV
PPC	Control Conjunto de Planta ('Power Plant Controller')
INV	Inversor
SOC	Estado de carga de las baterías del BESS ('State Of Charge')
SS.AA.	Servicios Auxiliares
$P_{neta}$	Potencia activa neta generada por el BESS en AT
$P_{bruta}$	Potencia activa bruta generada por la suma de todos los inversores en BT
$P_{tr.poder}$	Pérdidas del transformador de poder de la central
$P_{tr.bloque}$	Perdidas en los transformadores de bloque de los inversores
$P_{SSAA}$	Potencia activa consumida por los servicios auxiliares del BESS
$P_{colector}$	Pérdidas en el sistema colector del BESS
$P_{conductores}$	Perdidas en los conductores de la red colectora del BESS

Tabla 1-2: Listado de señales

Variable	Descripción
PPOI BESS	Potencia activa fase-fase RMS del BESS – Medida en MT
QPOI BESS	Potencia reactiva fase-fase RMS del BESS – Medida en MT
VPOI BESS	Tensión fase-fase RMS del BESS – Medida en MT
FPOI BESS	Factor de potencia del BESS – Medido en MT
SOC	Estado de carga promedio de las baterías del BESS
PFSP	Consigna del factor de potencia del PPC del BESS
PSP	Consigna de potencia activa del PPC del BESS
QSP	Consigna de potencia reactiva del PPC del BESS
VSP	Consigna de tensión del PPC del BESS

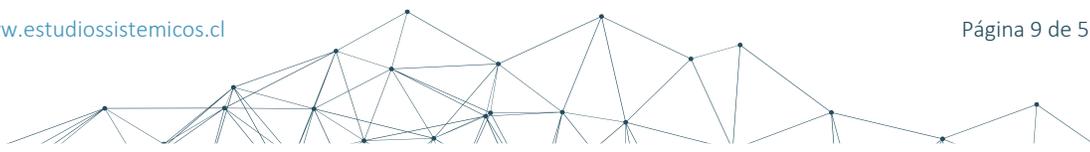




Variable	Descripción
PINV1	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°1 – Medida en BT
PINV2	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°2 – Medida en BT
PINV3	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°3 – Medida en BT
PINV4	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°4 – Medida en BT
PINV5	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°5 – Medida en BT
PINV6	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°6 – Medida en BT
PINV7	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°7 – Medida en BT
PINV8	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°8 – Medida en BT
PINV9	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°9 – Medida en BT
PINV10	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°10 – Medida en BT
PINV11	Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°11 – Medida en BT
SOC1	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°1
SOC2	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°2
SOC3	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°3
SOC4	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°4
SOC5	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°5
SOC6	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°6
SOC7	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°7
SOC8	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°8
SOC9	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°9
SOC10	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°10
SOC11	Estado de carga de las baterías conectadas al Inversor N°11

El documento “Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” [1] presenta la definición de mínimo técnico que se utiliza durante la elaboración del presente informe. Dicha definición se presenta a continuación:

**Mínimo técnico:** Se entenderá por Mínimo Técnico la potencia activa bruta mínima, con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al SI en forma continua.





## 1.2 Nomenclatura

La Figura 1-1 muestra, de forma simplificada, el esquema de un BESS. A partir del mismo, se pueden identificar y definir los elementos que se enumeran en la figura.

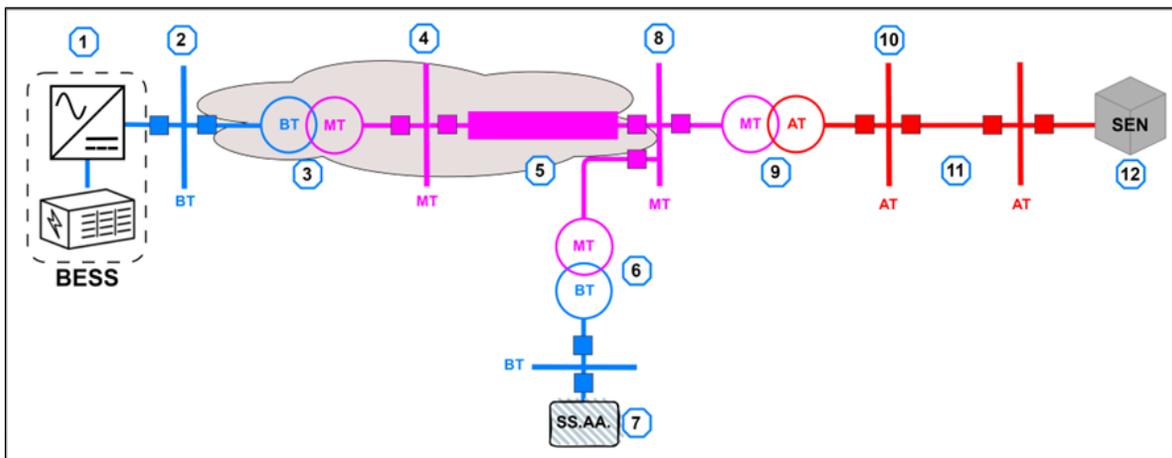


Figura 1-1: Esquema simplificado del BESS Parque Eólico La Cabaña

- 1- **Inversor equivalente:** Este inversor es el encargado de representar, mediante un único elemento, a todos los inversores que componen al BESS. Su potencia nominal es equivalente a la sumatoria de la potencia nominal de cada uno de los inversores. Representará la suma de los aportes de potencia activa de cada uno de los inversores que componen el BESS. El término asociado a dicho valor es  $P_{bruta}$ .
- 2- **Barra de baja tensión (BT):** Corresponde a la tensión nominal, en bornes, del inversor equivalente del BESS. Representa los tramos de línea que conectan el inversor equivalente con el transformador de bloque equivalente.
- 3- **Transformador de bloque equivalente:** Este transformador es el encargado de representar, mediante un único elemento, a todos los transformadores de bloque de los inversores que componen el BESS. Su potencia nominal es equivalente a la sumatoria de la potencia nominal de cada uno de los transformadores de bloque del BESS.
- 4- **Barra de media tensión (MT):** Representa al nivel de baja tensión del transformador de poder de la central. En este nivel de tensión operan las líneas de transmisión de la red colectora.
- 5- **Red colectora equivalente:** Representa a la red colectora equivalente del BESS. Esta es la encargada de transportar la potencia generada por el inversor equivalente hasta el transformador de poder de la central. La misma está compuesta por las líneas que conectan a cada uno de los transformadores de bloque con el transformador de poder.

Nota: Las pérdidas correspondientes a los elementos 2, 3, 4 y 5, se encontrarán agrupadas en el término  $P_{colector}$ . Este término se utilizará para representar las pérdidas en la red colectora del BESS, las cuales contemplan a las pérdidas en los transformadores de bloque y en los cables de baja y media tensión.

- 6- **Transformador de servicios auxiliares:** Representa al transformador de media tensión a baja tensión encargado de alimentar los servicios auxiliares del BESS.
- 7- **Servicios auxiliares (SS.AA.):** Corresponde al consumo de los SSAA de los inversores, de los contenedores de baterías y a las pérdidas del transformador de SSAA. La suma total del consumo de estos servicios y pérdidas será representada por el término  $P_{SSAA}$ .



- 8- **Barra de media tensión (MT) del transformador de poder:** Corresponde a la barra de media tensión donde se conecta el transformador de poder de la central a la red colectora del BESS.
- 9- **Transformador de poder:** Este transformador se encuentra en la subestación de salida de la central y es el encargado de elevar la tensión para poder conectar el BESS al SEN. Las pérdidas del mismo serán representadas con el termino  $P_{tr.poder}$ .
- 10- **Barra de alta tensión (AT) del transformador de poder:** Representa el nivel de alta tensión del transformador de poder de la central. En este nivel de tensión el BESS inyecta potencia al SEN. Para hacer referencia a la potencia inyectada por el BESS en este punto se utilizará el termino  $P_{neta}$ .
- 11- **Línea dedicada de la central:** Línea de alta tensión que vincula a la central con el SEN.
- 12- **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**

### 1.3 Personal participante

Tabla 1-3: Personal participante en los ensayos

Personal	Fecha
Ing. Emiliano Chiapponi	2 y 3 de mayo del 2024
Ing. Franco Leonel Musso	





## 2. ASPECTOS NORMATIVOS

El documento “Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” [1] establece cómo determinar e informar la potencia activa bruta mínima, con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al SI en forma continua. 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, es decir, solo debe obedecer a restricciones técnicas de operación de la unidad.

La determinación del mínimo técnico, para un BESS, se realiza para las siguientes dos (2) condiciones:

- **Mínimo técnico con la totalidad de los inversores en servicio:** Se despachará a todos los inversores en el mínimo valor de potencia activa que sean capaces de operar, de forma segura y estable. El valor de potencia activa registrado en el POI, para esta prueba, puede ser de cero. Esto implicaría que los inversores son capaces de operar a un valor de potencia que permite compensar las pérdidas de la central y el consumo de los servicios auxiliares. Para la realización de la prueba se consignará potencia activa cero en el PPC del BESS Parque Eólico La Cabaña. En la Figura 2-1 se presenta el escenario planteado.

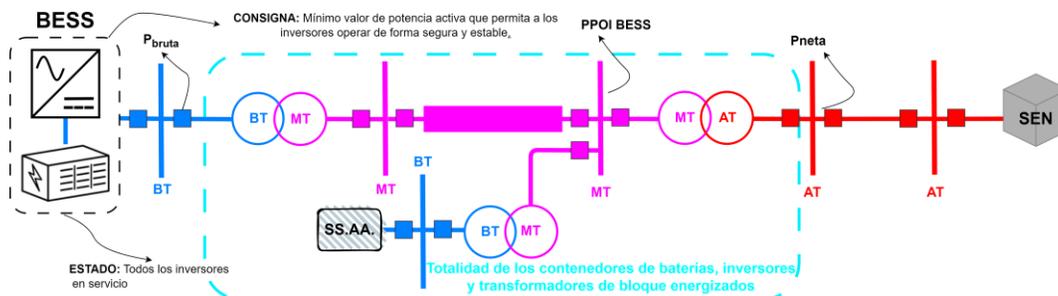


Figura 2-1: Condición de MT con la totalidad de los inversores en servicio

- **Mínimo Técnico con un único inversor en servicio:** Se despachará un único inversor en el mínimo valor de potencia activa que sea capaz de operar, de forma segura y estable. El valor de potencia activa registrado en el POI, para esta prueba, puede ser de cero. Esto implicaría que el inversor es capaz de operar a un valor de potencia que permite compensar las pérdidas de la central y el consumo de los servicios auxiliares. Para la realización de la prueba se consignará potencia activa cero en el PPC del BESS Parque Eólico La Cabaña, con único inversor bajo el control del PPC. El resto de los inversores se encontrarán en estado de stand-by. En la Figura 2-1 se presenta el escenario planteado.

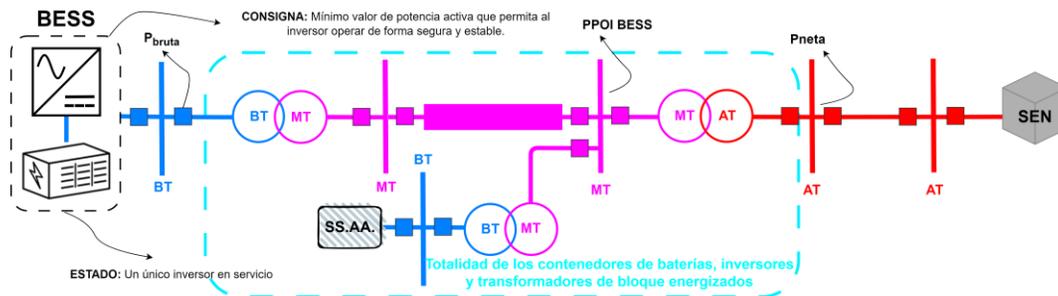


Figura 2-2: Condición de MT con un único inversor en servicio



### 3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

El BESS Parque Eólico La Cabaña se encuentra localizado en la región de La Araucanía, al interior de la comuna de Angol, Chile. El mismo se encuentra en el interior del Parque Eólico La Cabaña. En la Figura 3-1 se muestra la ubicación geográfica del parque.

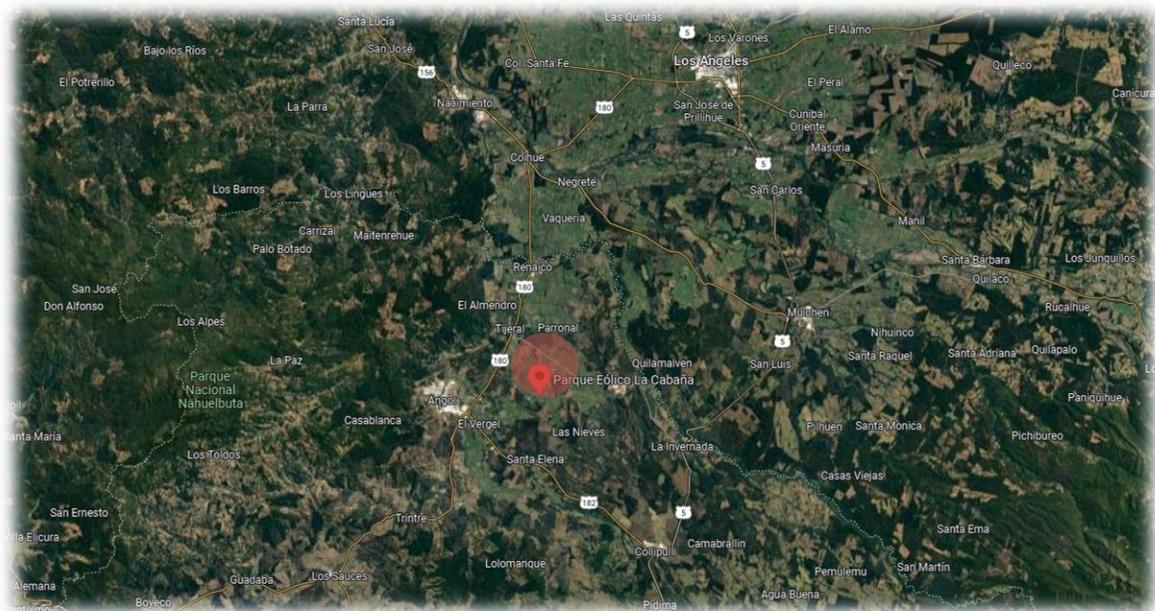


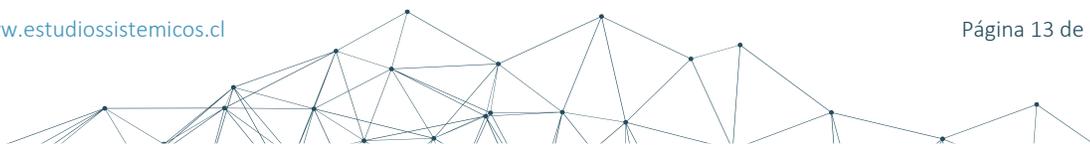
Figura 3-1: Ubicación geográfica – P.E. La Cabaña.

El BESS Parque Eólico La Cabaña está constituido por 31 contenedores de baterías marca SAFT, conectados a 11 inversores Power Electronics y distribuidos en 2 circuitos. Los contenedores de baterías son modelo Intensium Max 20 High Energy 1500V LFP, cuentan con una potencia nominal de 1,1 MW y una capacidad de 2,2 MWh. Los inversores son modelo FP4390K y FP3290K, cuentan con una potencia nominal de 4,390 MVA y 3,290 MVA, respectivamente. Los inversores se encuentran conectados a transformadores de bloque de 0,69/33 kV (BT/MT), los cuales elevan su tensión para poder conectar los mismos a la red colectora de media tensión del BESS Parque Eólico La Cabaña. Los transformadores de bloque utilizados cuentan con 3 potencias nominales diferentes: 4,39 MVA, 6,58 MVA y 8,78 MVA. Esto se debe a que algunos transformadores están conectados a más de un inversor y los inversores no cuentan todos con la misma potencia nominal. En la Figura 3-2 [2] se puede observar, en detalle, el conexionado de los contenedores de baterías, inversores y transformadores de bloques. A continuación, se resume la distribución de los inversores del BESS Parque Eólico La Cabaña en sus diferentes circuitos:

- **Circuito N°1:** INV 05A, INV 06A e INV 06B
- **Circuito N°2:** INV 01A, INV 01B, INV 02A, INV 02B, INV 03A, INV 03B, INV 04A e INV 04B

Cabe destacarse que el BESS Parque Eólico La Cabaña se encuentra dentro del Parque Eólico La Cabaña y comparte el transformador de poder del mismo, junto con su línea de interconexión con el SEN.

El Parque Eólico La Cabaña está compuesto por veintidós (22) aerogeneradores Goldwind GW155-4.8, conectados a veintidós (22) transformadores de bloque de 0,69/33 kV y distribuidos en 7 circuitos colectores. El detalle del conexionado de cada circuito colector, junto con su longitud, puede





observarse en la Figura 3-3 y Figura 3-4 [3]. A continuación, se resume la distribución de los aerogeneradores (WTG XX) del Parque Eólico La Cabaña en sus diferentes circuitos:

- **Circuito N°1:** WTG 01, WTG 02 y WTG 03
- **Circuito N°2:** WTG 04, WTG 05 y WTG 06B
- **Circuito N°3:** WTG 06, WTG 07, WTG 08 y WTG 21
- **Circuito N°4:** WTG 09 y WTG 10
- **Circuito N°5:** WTG 11, WTG 12 y WTG 13
- **Circuito N°6:** WTG 14, WTG 15, WTG 16 y WTG 17
- **Circuito N°7:** WTG 18, WTG 19 y WTG 20

Los dos (2) circuitos del BESS Parque Eólico La Cabaña, junto con los siete (7) circuitos del Parque Eólico La Cabaña, se vinculan con la subestación La Cabaña mediante la red colectora de media tensión (33 kV). Dentro de la subestación la tensión es elevada por el transformador de poder de la central, el cual posee una relación de 33/220 kV y una potencia nominal de 120/150 MVA (ONAN/ONAF). La potencia es transferida desde la subestación La Cabaña hacia el SEN por medio de la nueva línea de transmisión La Cabaña – Renaico 220 kV.

La potencia instalada en el Parque Eólico La Cabaña es de **105,6 MW**, correspondiente a 22 aerogeneradores de 4,8 MW. Mientras que la potencia instalada en el BESS Parque Eólico La Cabaña es de **34,1 MW**, correspondiente a 31 contenedores de baterías de 1,1 MW. La máxima potencia que puede ser generada, en conjunto, medida en 220 kV, es de **104 MW**. Este valor máximo de potencia fue establecido en la resolución exenta N°792.

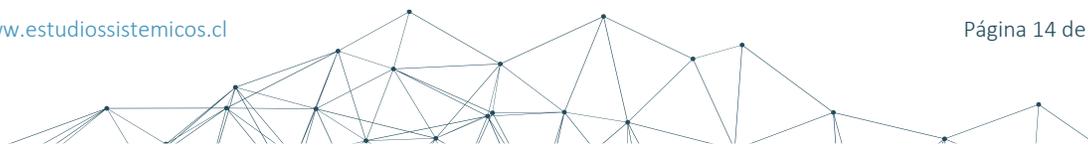
Es importante destacar que el BESS Parque Eólico La Cabaña no se cargará utilizando energía del SEN, sino que la carga del mismo se realizará utilizando energía generada por los aerogeneradores del Parque Eólico La Cabaña.

El diagrama unifilar de la red colectora del BESS y de los aerogeneradores, con las especificaciones de las longitudes de cada uno de los circuitos, se presenta en la Figura 3-2, Figura 3-3 y Figura 3-4. Dichas figuras fueron extraídas de los documentos [2] y [3]. Estos documentos podrán encontrarse dentro del archivo “22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS\_BESS\_PE\_LCA”. Dicho archivo se enviará junto con el presente informe.

### 3.1 Diagrama unilineal simplificado (DUS)

En la Figura 3-2 se puede observar el diagrama unifilar simplificado de la red colectora de media tensión del BESS Parque Eólico La Cabaña [2]. En la misma se indica, en color **verde**, el punto de medición del PPC, encargado de realizar el control del BESS. Por otro lado, en las Figura 3-3 y Figura 3-4 [3], se presenta la red colectora, de media tensión, de los aerogeneradores del Parque Eólico La Cabaña. En dichas figuras puede observarse la acometida de los circuitos colectores a la Subestación La Cabaña.

Adicionalmente, en la Figura 3-5 y Figura 3-6, se presenta el diagrama de la Subestación La Cabaña en 33 y en 220 kV.





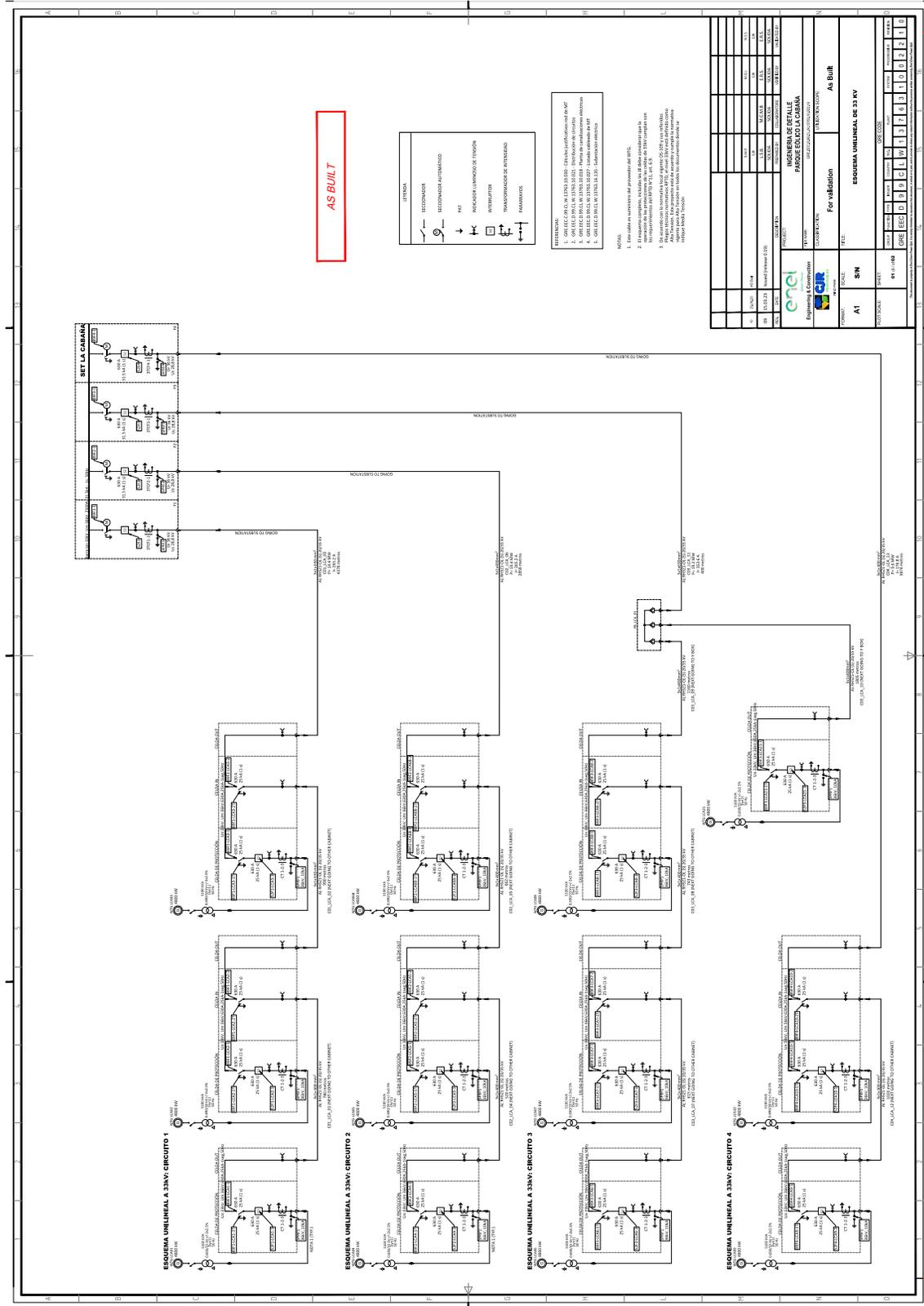


Figura 3-3: Diagrama unilineal - Red colectora de MT – P.E. La Cabaña [3]

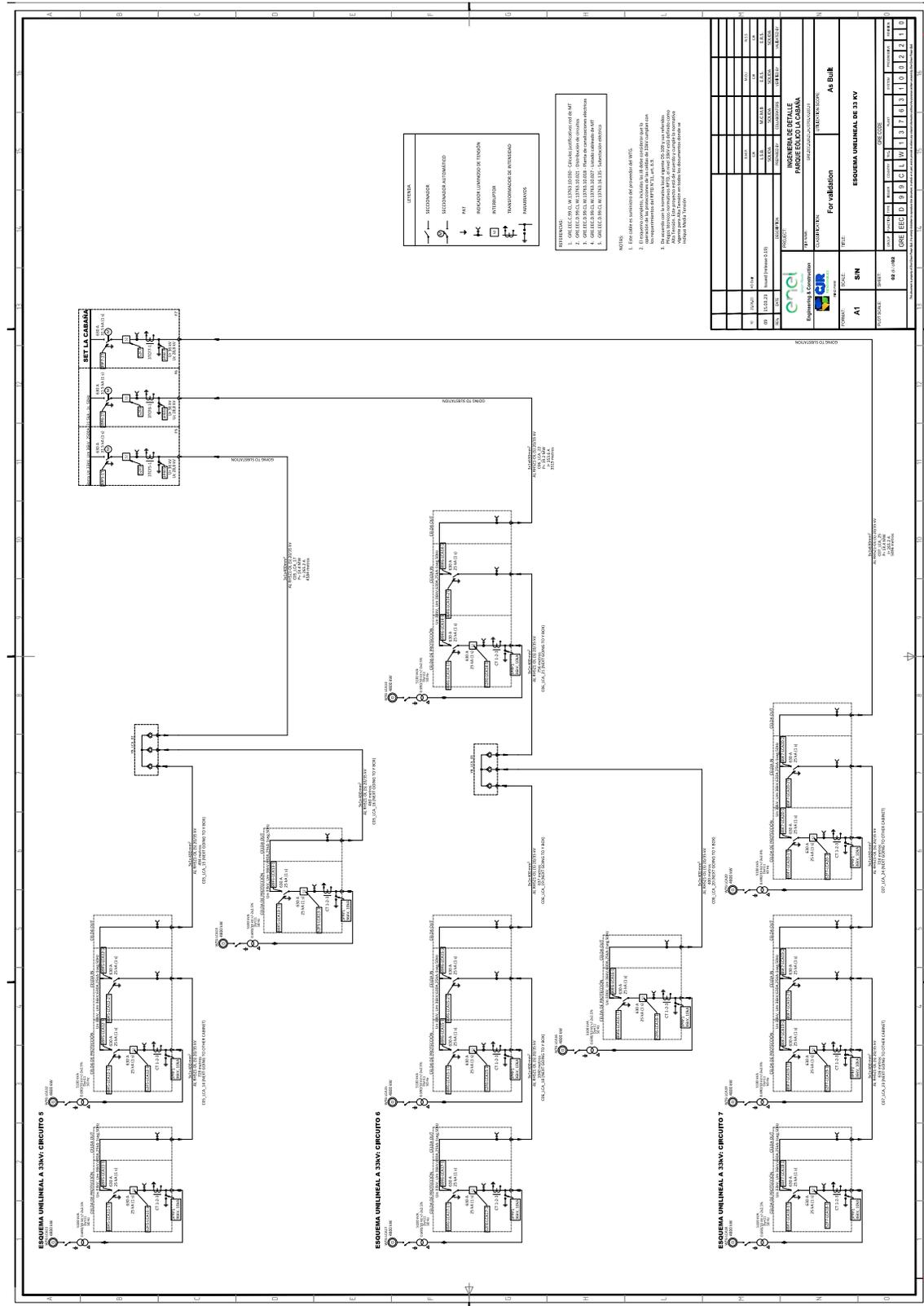


Figura 3-4: Diagrama unilineal - Red colectora de MT – P.E. La Cabaña [3]



En la Figura 3-5 se presenta el diagrama unilineal funcional de la Subestación La Cabaña en 33 kV. En dicha figura se indica, en color naranja, la acometida de los circuitos colectores N°1, N°2 y de los servicios auxiliares del BESS, a la Subestación La Cabaña.

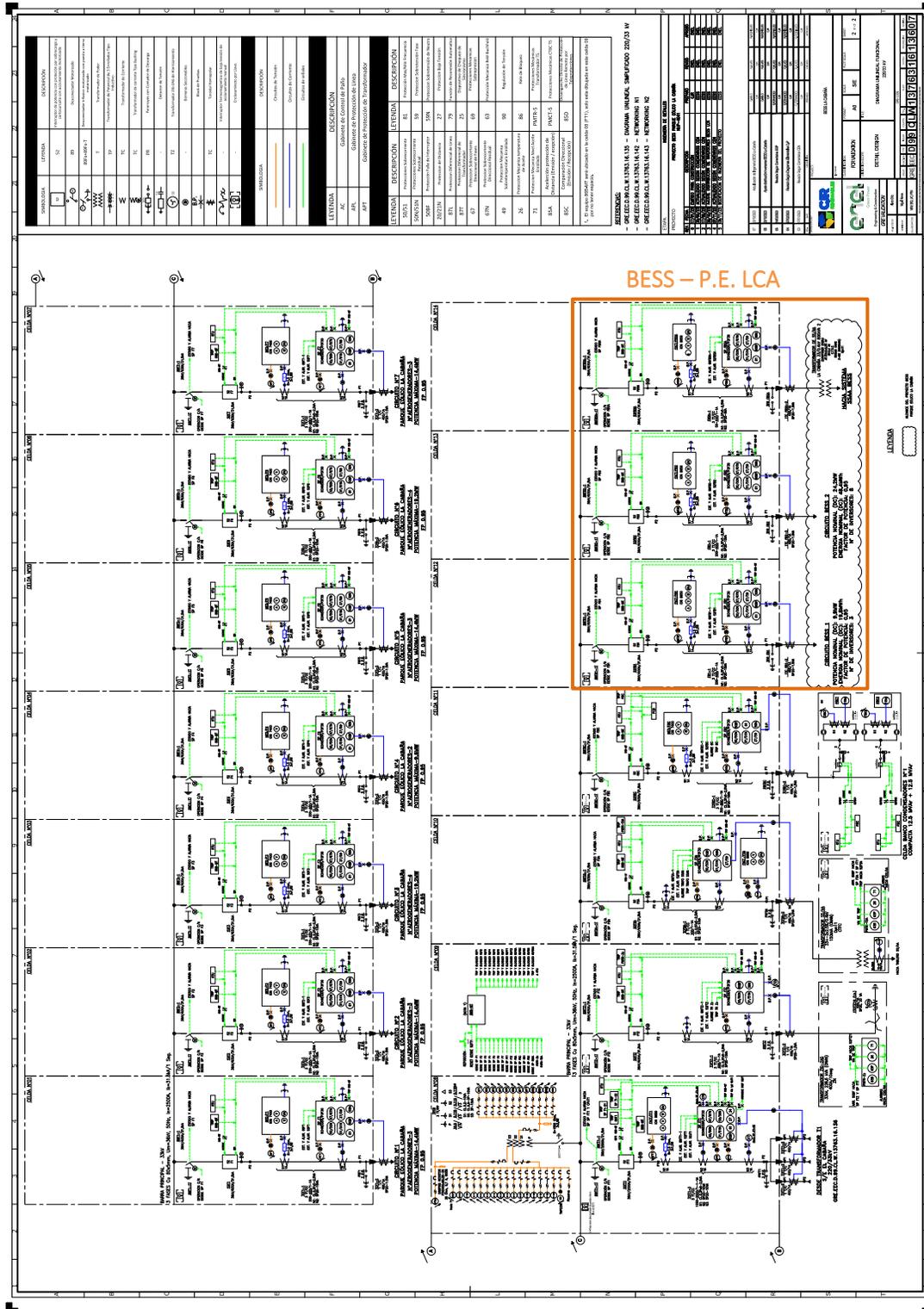
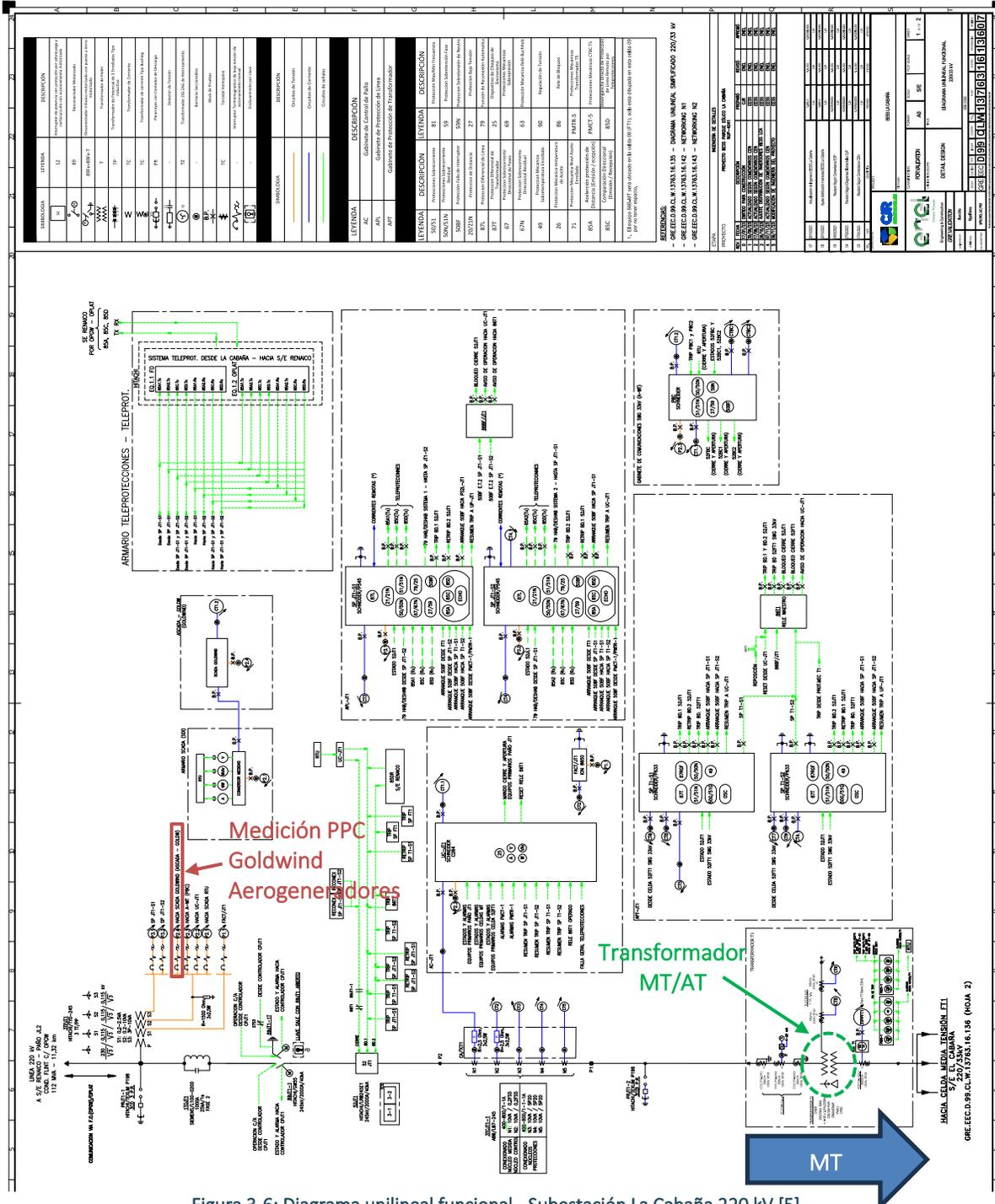


Figura 3-5: Diagrama unilineal funcional - Subestación La Cabaña 33 kV [4]



En la Figura 3-6 se presenta el diagrama unilineal funcional de la Subestación La Cabaña 220 kV [5], donde acometen los nueve (9) circuitos colectores de la red de media tensión (2 correspondientes al BESS y 7 a los aerogeneradores), hacia el transformador elevador de 220/33 kV (indicado en verde). Posteriormente se observa la línea de salida de 220 kV hacia S/E Renaico – Paño JL2, sobre esta línea se encuentra la medición del SCADA y PPC que realiza el control de los aerogeneradores.





El diagrama unilínea funcional de la Subestación La Cabaña en 33 kV y en 220 kV, fue presentado en la Figura 3-5 y en la Figura 3-6. Dichas figuras fueron extraídas de los documentos [4] y [5]. Estos documentos podrán encontrarse dentro del archivo “22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS \_BESS\_PE\_LCA”. Dicho archivo se enviará junto con el presente informe.

A continuación, en la Figura 3-7, se presenta un esquema simplificado del BESS Parque Eólico La Cabaña y del Parque Eólico La Cabaña. Además, se presenta el punto de conexión de los mismos al SEN.

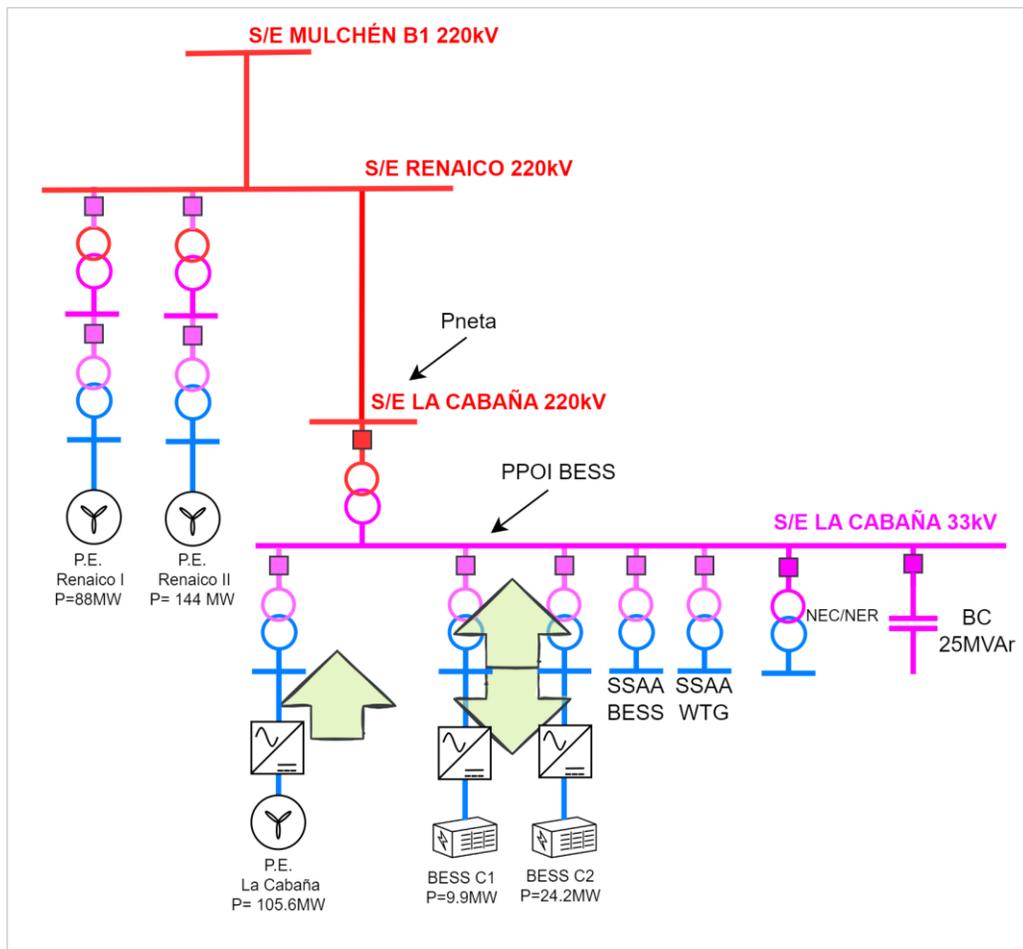


Figura 3-7: Esquema simplificado del BESS Parque Eólico La Cabaña junto con el Parque Eólico La Cabaña y el punto de conexión al SEN

A continuación, se presentan los principales componentes del BESS Parque Eólico La Cabaña, junto con un resumen de sus principales características.



### 3.2 Baterías

El BESS Parque Eólico La Cabaña cuenta con treinta y uno (31) contenedores de baterías marca SAFT, modelo Intensium Max 20 High Energy 1500V LFP. Los mismos poseen con una potencia nominal de 1,1 MW y se encuentran en configuración C/2. Cada contenedor está formado por 5 ESSUs (Energy Storage System Units) y cada ESSU está compuesta por 24 módulos Li-ion en serie, esto puede verse en la siguiente figura.

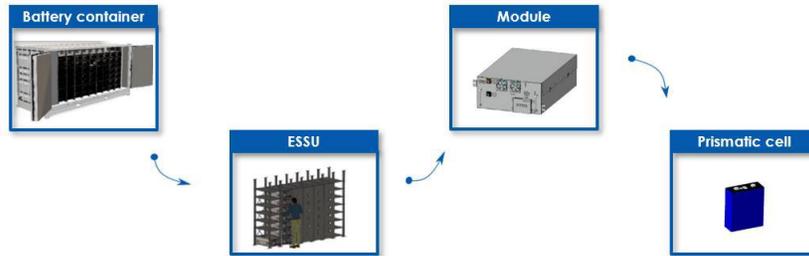


Figura 3-8: Composición de los contenedores de baterías SAFT [6]

Estos 31 contenedores de baterías se encuentran distribuidos en 2 circuitos colectores. El circuito N°1 cuenta con nueve (9) contenedores, mientras que el circuito N°2 cuenta con veintidós (22) contenedores. Esto puede observarse en la Figura 3-2.

En la Figura 3-9 se presenta la máxima potencia de carga y descarga, de los contenedores de baterías, en función del SOC. El SOC (State Of Charge) representa el estado de carga de las baterías. Adicionalmente, en la Figura 3-10, se presenta el nivel de tensión función del SOC.

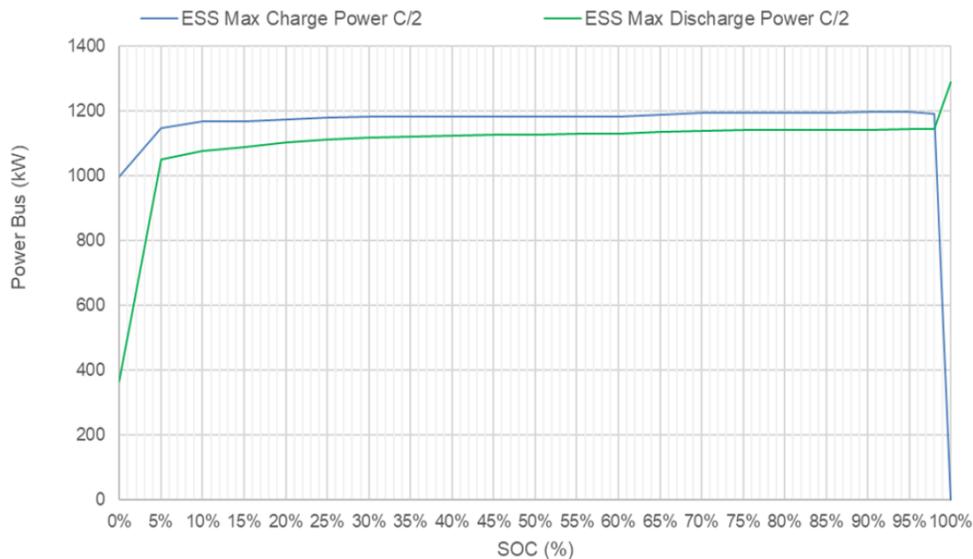


Figura 3-9: Máxima potencia de carga y descarga en función del SOC [6]



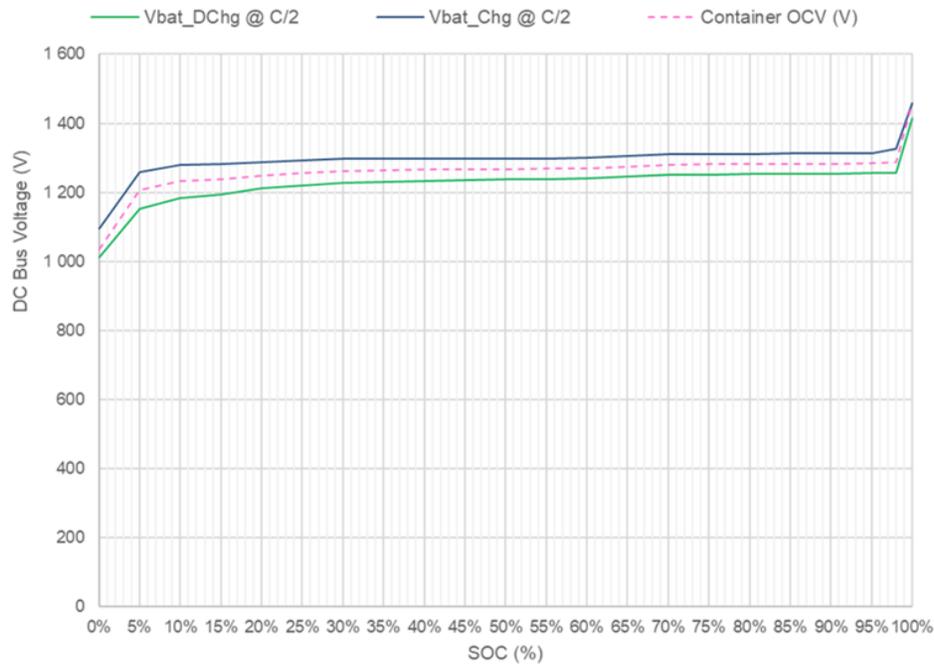


Figura 3-10: Tensión de salida, para carga y descarga, en función del SOC [6]

La hoja de datos de los contenedores de baterías se presenta en el ANEXO I. A partir de la información provista en la misma se resumen, en la Tabla 3-1, sus principales características.

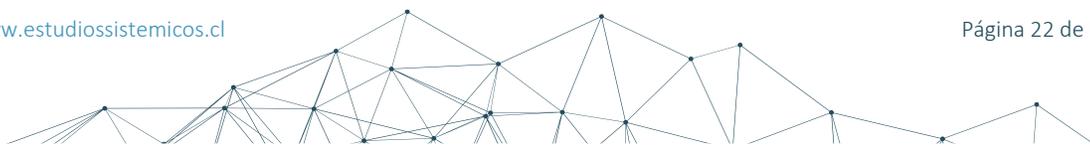
Tabla 3-1: Parámetros principales de las baterías SAFT [6]

Parámetro	Valor	Unidad
Tipo de batería	Fosfato de hierro y litio (LFP)	-
Tensión mínima VDC (0% SOC)	1040	V
Tensión nominal VDC (50% SOC)	1230	V
Tensión máxima VDC (100% SOC)	1400	V
Rango de tensiones admisibles	960 - 1460	V
Potencia nominal en carga y descarga DC	1,1	MW
Máxima potencia en carga y descarga DC	2,2	MW
Temperatura de operación	-25 a 55	°C
Consumo "Standby state"	4,7	kW
Consumo "On service state"	23,6 (*)	kW

(\*) Se considera el consumo de los contenedores de baterías en servicio más elevado, siendo esta la peor condición.

Cabe destacarse que la potencia, durante la carga y la descarga, no es un valor constante. Esto puede observarse en la Figura 3-9. Debido a esto, se considera como potencia nominal el valor medio, el cual es de 1,1 MW. Este valor coincide con el informado en la hoja de datos presentada en la Figura 6-1.

La información correspondiente a los contenedores de baterías fue extraída del documento [6], el mismo podrá encontrarse dentro en el archivo "22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS\_BESS\_PE\_LCA". Dicho archivo se enviará junto con el presente informe.





### 3.3 Inversores

El BESS Parque Eólico La Cabaña cuenta con once (11) Inversores Power Electronics. De los cuales, nueve (9) son modelo FP4390K y dos (2) son modelo FP3290K, los mismos cuentan con una potencia nominal de 4,39 MW y 3,29 MW respectivamente. La tensión nominal, de salida, de ambos modelos de inversores es de 690 V. Los mismos se encuentran distribuidos en dos (2) circuitos colectores. El circuito N°1 cuenta con tres (3) inversores FP4390K, mientras que el circuito N°2 cuenta con seis (6) inversores FP4390K y dos (2) inversores FP3290K.

Los parámetros principales de los inversores se resumen en la Tabla 3-2, mientras que en el ANEXO II se presenta la hoja de datos de los mismos. El parámetro “Round Trip Efficiency” fue obtenido del documento [7]. Adicionalmente, en la Tabla 3-3, se presenta el consumo de los servicios auxiliares de los inversores, para los diferentes estados de operación de los mismos.

Tabla 3-2: Parámetros principales – Inversores Power Electronics FP4390K y FP3290K [8] [7]

Parámetro	FP3290K	FP4390K	Unidad
Potencia nominal @40°C	3290	4390	kW
Potencia nominal @50°C	3055	4075	kW
Frecuencia	50		Hz
Máxima tensión en DC	1500		V
Tensión fase-fase	0,69 ± 0,1		kV
Factor de potencia	-0,95 (ind) +0,95 (cap)		-
Máxima corriente en AC @40°C	2756	3674	A
Eficiencia	98,87	98,98	%
Round Trip Efficiency	86		%

Tabla 3-3: Consumo de servicios auxiliares - Inversores Power Electronics FP4390K y FP3290K [9]

Estado del inversor	Potencia disponible	Consumo	Unidad
Electrónica (sin ventilación)	0%	0,4	kW
Ventilación	0%	3,1	kW
1 modulo operativo	25%	4,7	kW
2 módulos operativos	50 %	6,7	kW
3 módulos operativos	75%	8,1	kW
4 módulos operativos	100%	9,6	kW

Estos inversores son los encargados de evacuar o absorber toda la potencia activa que entregan o consumen los contenedores de baterías descritos en la sección 3.2. Además, son los encargados de realizar el intercambio de corriente reactiva con la red.

A continuación, en la Figura 3-11, se presenta la curva de capacidad de los inversores FP4390K y FP3290K. La misma fue extraída del documento [10].



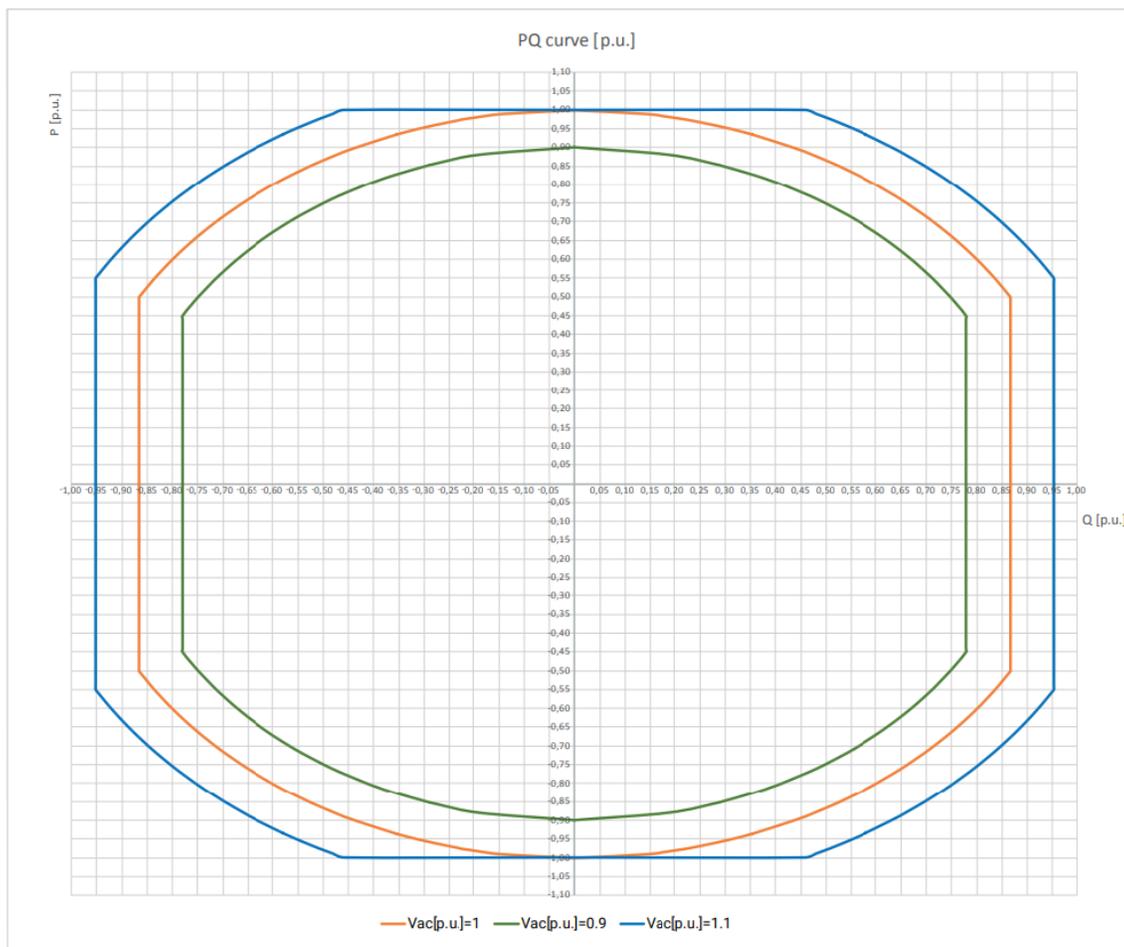


Figura 3-11: Curva de capacidad - Inversores Power Electronics FP4390K y FP3290K [10]

Los documentos [8], [9] y [10], se podrán encontrar dentro del archivo “22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS\_BESS\_PE\_LCA”. Dicho archivo se enviará junto con el presente informe.

### 3.4 Transformadores de bloque

El BESS Parque Eólico La Cabaña cuenta con seis (6) transformadores de bloque distribuidos en dos circuitos. La distribución, por circuitos, de cada uno de ellos se resume a continuación:

- Circuito BESS N°1:
  - N° total de transformadores de bloque: 2
    - (1) ELTAS 33/0,69 kV de 4,39 MVA (ONAN)
    - (1) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 8,78 MVA (ONAN)
- Circuito BESS N°2:
  - N° total de transformadores de bloque: 4
    - (1) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 6,58 MVA (ONAN)
    - (3) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 8,78 MVA (ONAN)

Cada uno de los transformadores de bloque evacua la potencia generada por los inversores a los que se encuentre conectado. Los transformadores de dos (2) devanados (4,39 MVA) se encuentran conectados a un (1) único inversor. Mientras que los transformadores de tres (3) devanados (6,58 MVA y 8,78 MVA) se encuentran conectados a dos inversores. Además, los transformadores de





bloque se encargan de elevar la tensión de salida de los inversores de 0,69 a 33 kV (BT/MT). Los mismos cuentan con un cambiador de tap que no puede ser operado bajo carga.

En la Tabla 3-4 se presentan los parámetros principales de los tres (3) tipos de transformadores de bloque. Adicionalmente, en el ANEXO III, se presenta la hoja de datos de los mismos.

Tabla 3-4: Parámetros principales de los transformadores de bloque

Parámetro	ELTAS 4,39 MVA [11]	ELTAS 6,58 MVA [12]	ELTAS 8,78 MVA [13]	Unidad
Potencia nominal	4390	6580	8780	kVA
Frecuencia	50			Hz
Cantidad de devanados	2	3		-
Tensión lado de BT	0,69	0,69/0,69		kV
Tensión lado de MT	33			kV
Posiciones de TAP	±2 x 2,5			%
Tipo de cambiador de tap	Vacío			-
Impedancia de sec. positiva	7	8,5	8,3	%
Impedancia de sec. cero	6,3	7,65	7,47	%
Grupo de conexión	Dy11	Dy11y11		-
Pérdidas en vacío	3,85	5,2	7,25	kW
Pérdidas en carga	34,5	46,5	54,0	kW

Los documentos [11], [12] y [13], se podrán encontrar dentro del archivo “22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS\_BESS\_PE\_LCA”. Dicho archivo se enviará junto con el presente informe.

### 3.5 Transformador de poder

El BESS Parque Eólico La Cabaña (34,1 MW), en conjunto con el Parque Eólico La Cabaña (105,6 MW), inyectan la potencia generada, al sistema de transmisión, por medio de un transformador de 220/33 kV de 120/150 MVA (ONAN/ONAF) de capacidad. Este transformador, cuyos arrollamientos tienen una configuración YNd11, dispone de un sistema de cambiador de taps bajo carga en el lado de AT (220 kV).

En Tabla 3-5 se presentan los parámetros principales del transformador de poder. Adicionalmente, en el ANEXO IV se presenta su foto de placa, junto con una captura de las pruebas FAT [14], donde se pueden observar sus pérdidas.

Tabla 3-5: Parámetros principales del transformador de poder [14]

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal (ONAN/ONAF)	120/150	MVA
Frecuencia	50	Hz
Cantidad de devanados	2	-
Tensión lado de MT	33	kV
Tensión lado de AT	220	kV
Posiciones de TAP (lado 220kV)	±10 x 1,5	%





Parámetro	Valor	Unidad
Tipo de cambiador de tap	Carga	-
Impedancia de sec. positiva (base 150MVA)	13,22	%
Impedancia de sec. cero (base 150MVA)	12,27	%
Grupo de conexión	YNd11	-
Pérdidas en vacío	50,04	kW
Pérdidas en carga	388,34	kW

El documento [14] se podrá encontrar dentro del archivo “22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS\_BESS\_PE\_LCA”, el cual se enviará junto con el presente informe.

### 3.6 Transformador de servicios auxiliares (SSAA) del BESS

El BESS Parque Eólico La Cabaña cuenta con un (1) transformador de servicios auxiliares (SSAA) de 33/0,4 kV y 800 kVA de potencia nominal. El mismo es utilizado únicamente para la alimentación de los servicios auxiliares del BESS y es independiente del transformador de SSAA de 150 kVA utilizado por el Parque Eólico La Cabaña. En la Figura 3-7 puede observarse la conexión del mismo a la subestación La Cabaña.

En la Tabla 3-6 se resumen los parámetros principales del transformador de servicios auxiliares del BESS Parque Eólico La Cabaña. Adicionalmente, en el ANEXO V se puede observar una foto de su placa y su hoja de datos, en la cual se indican sus pérdidas.

Tabla 3-6: Parámetros principales del transformador de servicios auxiliares (SSAA) – BESS [15]

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal (ONAN)	800	kVA
Frecuencia	50	Hz
Tensión lado de BT	0,4	kV
Tensión lado de MT	33	kV
Posiciones de TAP (lado 33kV)	$\pm 2 \times 2,5$	%
Tipo de cambiador de tap	Vacío	-
Impedancia de sec. positiva (base 800kVA)	5,09	%
Impedancia de sec. cero (base 800kVA) (1)	4,33	%
Grupo de conexión	Dyn11	-
Pérdidas en vacío	1,374	kW
Pérdidas en carga	7,87	kW

(1) Se considera 85% de la impedancia de secuencia directa

El documento [15] se podrá encontrar dentro del archivo “22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS\_BESS\_PE\_LCA”. Dicho archivo se enviará junto con el presente informe.





### 3.7 Consumo de los servicios auxiliares

En el ANEXO VI se presenta el consumo de los servicios auxiliares del BESS Parque Eólico La Cabaña. La información presentada en dicho anexo fue extraída del documento [16].

A continuación, en la Tabla 3-7, se presenta el consumo total de los servicios auxiliares para tres condiciones diferentes.

Tabla 3-7: Consumo de servicios auxiliares [16]

Parámetro	Valor	Unidad
Cargas en consumo completo (*)	631100	W
Cargas en consumo (*)	568200	W
Cargas en stand-by	13900	W

(\*) Las cargas en consumo completo incluyen las luces y la potencia utilizada al mantenimiento

Los consumos presentados en la Tabla 3-7 están compuestos por los consumos de los módulos de baterías, inversores y el PMS. Esto puede observarse en el detalle presentado en el ANEXO VI.

### 3.8 Transformador ZigZag (NEC/NER)

El BESS Parque Eólico La Cabaña cuenta con un (1) transformador ZigZag (NEC/NER), cuya función es brindar una referencia a tierra y limitar la corriente de neutro a 400 A. El mismo puede observarse en la Figura 3-7.

En la Tabla 3-8 se resumen los parámetros principales del transformador ZigZag. Adicionalmente, ANEXO VIII, se presenta la hoja de datos del mismo.

Tabla 3-8: Parámetros principales del transformador ZigZag (NEC/NER) [17]

Parámetro	Valor	Unidad
Frecuencia	50	Hz
Tensión nominal	33	kV
Corriente de operación	400	A
Reactancia de secuencia cero	143	$\Omega$ /fase

### 3.9 Banco de condensadores (BC)

El BESS Parque Eólico La Cabaña cuenta con dos (2) bancos de condensadores (BC), que contribuyen a la inyección de potencia reactiva en la red colectora de media tensión (33 kV). La capacidad nominal de estos equipos es de 12,5 MVar. Los mismos pueden observarse en la Figura 3-7.

En la Tabla 3-9 se resumen los parámetros principales del banco de condensadores. Adicionalmente, en el ANEXO VII, se presenta la hoja de datos del mismo.

Tabla 3-9: Parámetros principales del banco de condensadores [18]

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal	12,5	MVar
Frecuencia	50	Hz
Tensión nominal	33	kV





## 4. DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO

### 4.1 Introducción

En este capítulo se presentan los ensayos de potencia máxima, realizados en terreno, sobre el BESS Parque Eólico La Cabaña. Además, se detallan los valores a calcular a partir de dichos ensayos, junto con la metodología utilizada para el cálculo de los mismos. Como se mencionó en el capítulo 0, en el caso de los BESS, el valor del mínimo técnico se determina para dos condiciones de operación diferentes.

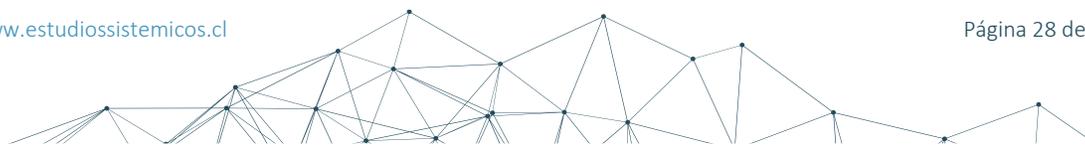
La determinación del MT para la primera condición de operación, con todos los inversores en servicio, será presentada en la sección 4.4. Los ensayos utilizados para realizar los cálculos de mínimo técnico en esta condición fueron realizados con la totalidad de los inversores y contenedores de baterías en servicio. Dichos ensayos también serán presentados en la sección 4.4.

La determinación del MT para la segunda condición de operación, con un único inversor en servicio, será presentada en la sección 4.5. Los ensayos utilizados para realizar los cálculos de mínimo técnico en esta condición fueron realizados con un único inversor en servicio y el resto en condición de stand-by. Los ensayos utilizados para realizar los cálculos correspondientes a la sección 4.5 serán presentados al inicio de la misma.

### 4.2 Objetivos

Durante el proceso de determinación del mínimo técnico se buscará obtener los siguientes valores:

- 1) **Potencia bruta ( $P_{bruta}$ ):** Corresponde a la sumatoria de la potencia activa generada, en BT (0,69 kV), por cada uno de los inversores del BESS Parque Eólico La Cabaña. Este valor se obtendrá a partir de los ensayos realizados y del consumo de los servicios auxiliares de los inversores. Al determinar el MT con todos los inversores en servicio, este valor corresponderá a la potencia generada por los once (11) inversores que componen el BESS Parque Eólico La Cabaña.
- 2) **Consumo de los SS.AA. ( $P_{SSAA}$ ):** Corresponde a la suma del consumo propio de los inversores, y módulos de baterías que se encontraban en servicio durante las pruebas, al consumo de los servicios auxiliares de la central y a las pérdidas del transformador de SSAA. Los consumos propios de los inversores y de los módulos de baterías fueron detallados en la sección 3.3 y sección 3.2, respectivamente. El consumo de los servicios auxiliares de la central fue presentado en la sección 3.7. Mientras que las pérdidas del transformador de SSAA se presentaron en la sección 3.6.
- 3) **Pérdidas de la central ( $P_{central}$ ):** Corresponde a la suma de las pérdidas del transformador de poder, las pérdidas de la red colectora de MT y las pérdidas de los transformadores de bloque de los inversores. Las pérdidas se presentan en las secciones 3.4 y 3.5, para los transformadores de bloque y el transformador de poder, respectivamente. Este término es equivalente a la suma del término  $P_{colector}$  (definido en la sección 1.2) y a las pérdidas del transformador principal ( $P_{tr.poder}$ ). Este último no será tenido en cuenta al utilizar las variables registradas en el POI del BESS, es decir, en 33 kV.
- 4) **Potencia neta ( $P_{neta}$ ):** Corresponde a la potencia activa inyectada por el BESS Parque Eólico La Cabaña en el punto de conexión al SEN. Es decir, en el lado de AT (220 kV) del transformador de poder. Este valor se obtendrá a partir de los ensayos realizados y de la estimación de las pérdidas del transformador de poder.





En la Figura 4-1 se asocian los valores, descritos previamente, con los elementos correspondiente del BESS Parque Eólico La Cabaña.

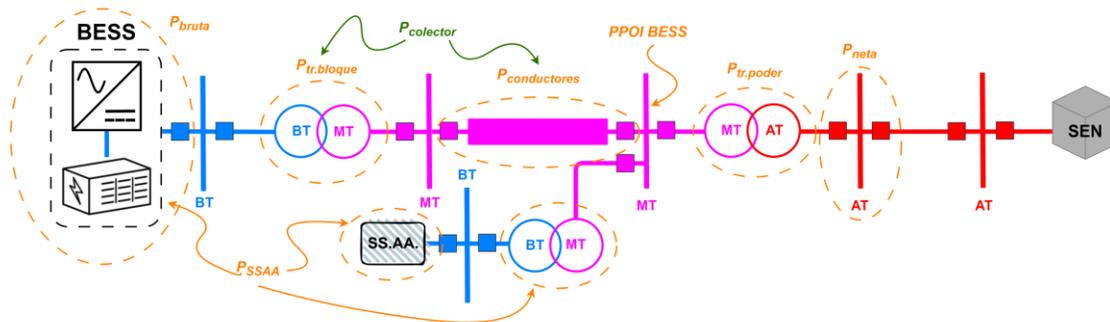


Figura 4-1: Relación entre los valores a obtener y los elementos del BESS Parque Eólico La Cabaña

### 4.3 Señales registradas

Durante los ensayos, que se presentarán a continuación, se realizó la medición de las variables utilizando el sistema de adquisición de datos propio del PPC del BESS Parque Eólico La Cabaña. El mismo cuenta con una tasa de muestreo de 20 ms. Las señales registradas corresponden al circuito N°1 y N°2 del BESS Parque Eólico La Cabaña, medidas en el punto de control del PPC (33 kV), las mismas fueron presentadas en la Tabla 1-2. De dichas señales, resultan de interés y serán presentadas en este capítulo las siguientes:

- **PPOI BESS:** Potencia activa fase-fase RMS del BESS – Medida en MT (33 kV) [MW]
- **SOC:** Estado de carga promedio de las baterías del BESS [%]

Adicionalmente, utilizando el sistema de adquisición de datos del PPC, se registraron de forma simultánea las señales correspondientes a los inversores. Las señales registradas fueron presentadas también en la Tabla 1-2. De dichas señales, resultan de interés y serán presentadas en este capítulo las siguientes:

- **PINV N°:** Potencia activa fase-fase RMS del Inversor N°X – Medida en BT (0,69 kV)

### 4.4 Mínimo técnico con todos los inversores en servicio

En esta sección se presenta el resultado de los ensayos de mínimo técnico, con todos los inversores en servicio, del BESS Parque Eólico La Cabaña. Durante este ensayo todos los inversores, contenedores de baterías y transformadores de bloque se encontraban energizados. Los inversores se encontraban todos en servicio y bajo el control del PPC.

Los ensayos presentados en esta sección fueron realizados el día 2 de mayo del 2024. Para la realización de los mismos se consignó potencia activa cero en el PPC del BESS Parque Eólico La Cabaña.

En la Figura 4-2 se presenta, en color **azul**, la potencia activa registrada en 33 kV (PPOI BESS) durante el ensayo. Adicionalmente, en la misma figura, se grafica la sumatoria de la potencia activa (PBRUTA), medida en BT (0,69 kV), de cada uno de los inversores. Sobre ambas de las señales presentadas se gráfica, utilizando una línea **negra** a trazos, el valor medio de las mismas.

De manera complementaria, en la Figura 4-3 se presenta la potencia registrada de cada uno de los inversores (PINV). Dicha potencia fue registrada en BT (0,69 kV), en bornes de los mismos.

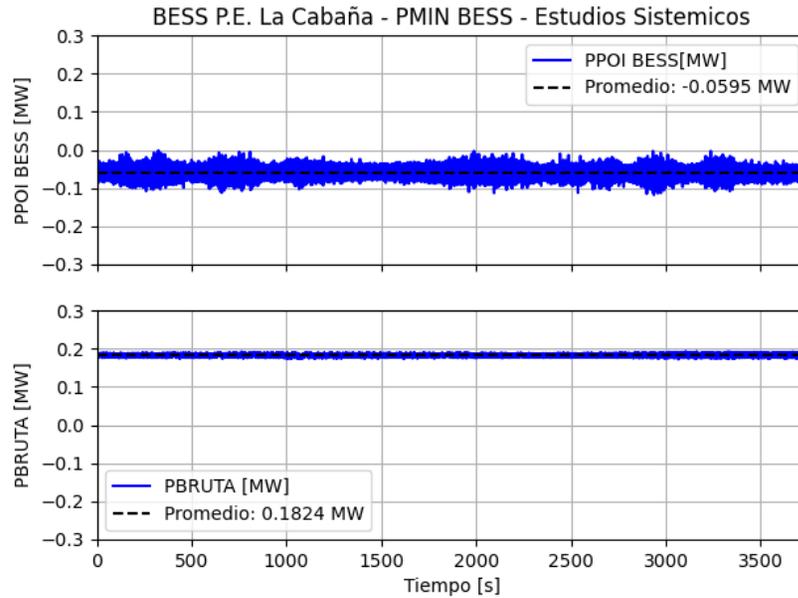


Figura 4-2: PPOI BESS y PBRUTA - Ensayo de mínimo técnico – Todos los inversores en servicio

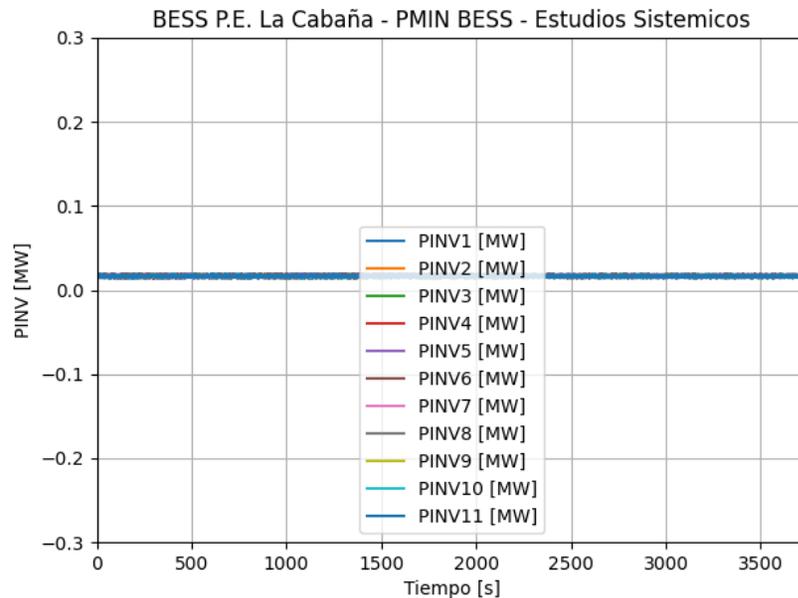
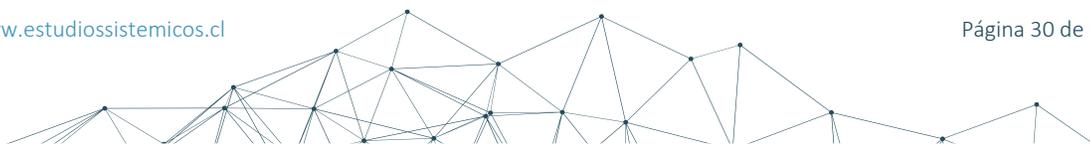


Figura 4-3: Potencia activa en bornes de los inversores (0,69 kV) – Ensayo de mínimo técnico – Todos los inversores en servicio

En las siguientes secciones se detalla el cálculo de los valores presentados en la sección 4.1, a partir de los resultados obtenidos en el ensayo presentado en la Figura 4-2 y Figura 4-3.





#### 4.4.1 Potencia bruta

La potencia bruta corresponde a la sumatoria de la potencia generada por los inversores en BT (0,69 kV). Durante el ensayo presentado, los once (11) inversores se encontraban despachados. Debido a esto, la potencia bruta corresponde a la sumatoria de la potencia generada por los once (11) inversores del BESS Parque Eólico La Cabaña. En la Figura 4-2 se puede observar la sumatoria de la potencia generada durante el ensayo, en BT, por los once (11) inversores. El valor medio de la misma fue de 0,1307 MW y será representado con el término  $P_{med}$ . Este valor no contempla los consumos propios de los inversores, debido a esto, para obtener la verdadera potencia bruta se deben sumar los consumos propios de los inversores al valor presentado en la Figura 4-2.

$$P_{med} = 0,1307 \text{ MW}$$

Los consumos propios de los inversores fueron presentados en la sección 3.3. Para este ensayo en particular los once (11) inversores se encuentran despachados a una potencia cercana a cero. Debido a esto, se considera un consumo propio de 4,7 kW para cada uno de los inversores. Es decir que la potencia bruta en las condiciones del ensayo viene dada por la siguiente expresión:

$$P_{bruta} = P_{med} + (\text{Consumo}_{FP4390K}^{carga} \times \text{Cantidad}_{FP4390K}) + (\text{Consumo}_{FP3290K}^{carga} \times \text{Cantidad}_{FP3290K})$$
$$P_{bruta} = 0,1307 \text{ MW} + (4,7 \text{ kW} \times 9) + (4,7 \text{ kW} \times 2) = \mathbf{0,1824 \text{ MW}}$$

#### 4.4.2 Consumo de los SS.AA.

Para el cálculo del consumo de los SSAA, del BESS Parque Eólico La Cabaña, se considerará el consumo de: los inversores, los módulos de baterías y el PMS. Adicionalmente, deben considerarse las pérdidas del transformador de SSAA.

El consumo de los SSAA se presentó en la sección 3.7 y se encuentra detallado en el ANEXO VI. Los consumos informados corresponden a la suma de los consumos de: los inversores, los contenedores de baterías y el PMS, esto se puede observar en el detalle del ANEXO VI. Si bien se informa un valor de consumo de SSAA total, se desconoce las condiciones en las cuales el valor fue obtenido. Debido a esto, se consideran los consumos de los contenedores de baterías e inversores informados en la sección 3.2 y 3.3. Mientras que el consumo del PMS es extraído de la información presentada en el ANEXO VI. Es decir, el consumo de los SSAA del BESS Parque Eólico La Cabaña puede expresarse de la siguiente manera:

$$P_{SSAA} = \text{Consumo}_{inversores} + \text{Consumo}_{baterías} + \text{Consumo}_{PMS} + P_{tr.SSAA}$$

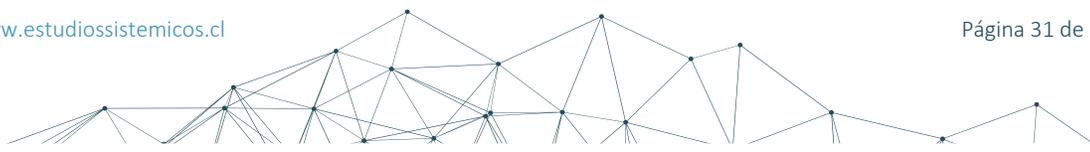
El consumo de los inversores puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo}_{inversores} = (\text{Consumo}_{FP4390K}^{carga} \times \text{Cantidad}_{FP4390K}) + (\text{Consumo}_{FP3290K}^{carga} \times \text{Cantidad}_{FP3290K})$$

Reemplazando, con los valores presentados en la sección 4.4.1, se obtiene:

$$\text{Consumo}_{inversores} = (4,7 \text{ kW} \times 9) + (4,7 \text{ kW} \times 2) = 51,7 \text{ kW}$$

El consumo de las baterías se presentó en la sección 3.2. Durante el ensayo realizado los 31 módulos de baterías se encontraban en servicio, entregando una potencia cercana a cero. Teniendo en cuenta la información del consumo de los módulos de baterías presentada en el ANEXO I, se considera que el consumo de los mismos es de 4,7 kW. Este valor corresponde al consumo de los módulos en stand-





by con la ventilación operativa. Teniendo en cuenta que el BESS cuenta con 31 módulos de baterías, se puede obtener el consumo de los mismos utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo}_{\text{baterías}} = 4,7 \text{ kW} \times \text{Cantidad}_{\text{baterías}} = 4,7 \text{ kW} \times 31 = 145,7 \text{ kW}$$

El consumo del PMS, extraído del ANEXO VI, es de 4 kW. Por lo tanto:

$$\text{Consumo}_{\text{PMS}} = 4,0 \text{ kW}$$

Las pérdidas del transformador de SSAA pueden calcularse como:

$$P_{\text{tr.SSAA}} = P_{\text{tr.SSAA-vacío}} + P_{\text{tr.SSAA-carga}}$$

Las pérdidas del transformador de servicios auxiliares son de 1,374 kW y 7,87 kW, para vacío y carga respectivamente. Las mismas fueron presentadas en la sección 3.6. Debido a que el BESS se encontraba operando a mínima potencia, los consumos del transformador de SSAA deben ajustarse a la condición del ensayo. Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{\text{tr.SSAA-carga}} = P_{\text{tr.SSAA-carga}}^{\text{nom}} \times \left( \frac{P_{\text{med}}}{S_{\text{tr.SSAA}}^{\text{nom}}} \right)^2$$

Donde:

- $P_{\text{tr.SSAA-carga}}^{\text{nom}}$ : Pérdidas en carga del transformador de SSAA a potencia nominal [kW]
- $S_{\text{tr.bloque}}^{\text{nom}}$ : Potencia nominal del transformador de SSAA [MVA]
- $P_{\text{med}}$ : Potencia de operación del transformador de SSAA durante el ensayo [MVA]

La potencia nominal del transformador de SSAA fue presentada en la sección 3.6 y su valor es de 0,8 MVA. Mientras que la potencia de operación del transformador puede calcularse a partir de los valores obtenidos en esta sección, como se muestra a continuación:

$$P_{\text{med}} = \text{Consumo}_{\text{inversores}} + \text{Consumo}_{\text{baterías}} + \text{Consumo}_{\text{PMS}}$$

Reemplazando se obtiene:

$$P_{\text{med}} = 51,7 \text{ kW} + 145,7 \text{ kW} + 4 \text{ kW} = 201,4 \text{ kW}$$

A partir de este valor se calculan las pérdidas, en carga del transformador de SSAA de la siguiente forma:

$$P_{\text{tr.SSAA-carga}} = 7,87 \text{ kW} \times \left( \frac{201,4 \text{ kVA}}{800 \text{ kVA}} \right)^2 = 0,5 \text{ kW}$$

Entonces las pérdidas totales del transformador de SSAA pueden calcularse como:

$$P_{\text{tr.SSAA}} = P_{\text{tr.SSAA-vacío}} + P_{\text{tr.SSAA-carga}} = 1,374 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW} = 1,9 \text{ kW}$$

Finalmente, reemplazando los valores obtenidos en la ecuación inicial se obtiene:

$$P_{\text{SSAA}} = 51,7 \text{ kW} + 145,7 \text{ kW} + 4 \text{ kW} + 1,9 \text{ kW} = \mathbf{203,3 \text{ kW}}$$





#### 4.4.3 Potencia neta

La potencia neta es la mínima potencia activa que el BESS Parque Eólico La Cabaña es capaz de entregar en el punto de interconexión al SEN (220 kV), durante un tiempo determinado.

La medición de potencia neta, durante el ensayo, fue realizada en el POI del BESS en 33 kV y no en el POI del Parque Eólico La Cabaña en 220 kV. El punto de medición fue elegido para evitar la influencia de los elementos que no pertenecen al BESS Parque Eólico La Cabaña, como lo son los aerogeneradores, el transformador de SSAA del parque eólico y el banco de capacitores. Debido a esto, el valor de potencia neta será obtenido en la sección 4.4.5.

Como se observa en la Figura 4-2, la potencia promedio inyectada por el BESS Parque Eólico La Cabaña, en su POI (33 kV), durante el ensayo, fue de -0,0595 MW, por lo tanto:

$$P_{POI\ BESS} = -0,0595\ MW$$

#### 4.4.4 Pérdidas de la central

Las pérdidas en la central ( $P_{central}$ ) están compuestas por las pérdidas en el colector ( $P_{colector}$ ) y las pérdidas del transformador de poder ( $P_{tr.poder}$ ), como se indicó en la sección 4.2. Representan a todas las pérdidas del sistema colector, incluyendo conductores, pérdidas de los transformadores de bloque y pérdidas del transformador de poder de la central.

Teniendo en cuenta el diagrama presentado en la Figura 4-1, es posible decir que la diferencia entre  $P_{bruta}$  y  $P_{neta}$  corresponde a la suma del consumo de los servicios auxiliares ( $P_{SSAA}$ ) y de las pérdidas de la central ( $P_{central}$ ). Por lo tanto, es posible plantear la siguiente ecuación:

$$P_{bruta} - P_{neta} = P_{SSAA} + P_{central}$$

Esta ecuación permite expresar el valor de  $P_{central}$  en función de los valores obtenidos en los apartados previos, es decir:

$$P_{central} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA}$$

Como se mencionó previamente, las pérdidas de la central están compuestas por las pérdidas en la red colectora y las pérdidas en el transformador de poder. Sin embargo, la medición de potencia neta, durante el ensayo, fue realizada en el POI del BESS en 33 kV y no en el POI del Parque Eólico La Cabaña en 220 kV. El punto de medición fue elegido para evitar la influencia de los elementos que no pertenecen al BESS Parque Eólico La Cabaña, como lo son los aerogeneradores, el transformador de SSAA del parque eólico y el banco de capacitores.

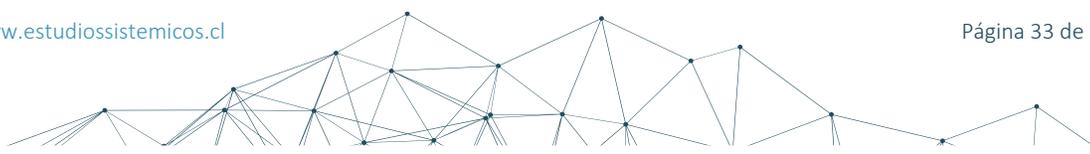
Al no contar con la medición de  $P_{neta}$  sin la interacción del parque eólico, no se pueden considerar las pérdidas del transformador de poder y por tanto no se puede obtener el valor de  $P_{central}$ . Sin embargo, tomando como referencia la Figura 4-1 y contando con la medición de  $P_{POI\ BESS}$ , es posible plantear la siguiente ecuación:

$$P_{colector} = P_{bruta} - P_{POI\ BESS} - P_{SSAA}$$

Reemplazando se obtiene:

$$P_{colector} = 0,1824\ MW - (-0,0595\ MW) - 203,3\ kW = 38,6\ kW$$

Las pérdidas del colector ( $P_{colector}$ ) corresponden a las pérdidas de los transformadores de bloque, en vacío y carga, a las pérdidas de los conductores de la red colectora de media tensión y a las pérdidas en los conductores de baja tensión. Esto fue descrito en la sección 4.2. Teniendo esto en cuenta se pueden expresar las pérdidas del colector de la siguiente manera:





$$P_{colector} = P_{tr.bloque} + P_{conductores}$$

Para el cálculo de las pérdidas de los transformadores de bloque ( $P_{tr.bloque}$ ) se deben tener en cuenta las pérdidas en carga y en vacío de los mismos. Es decir:

$$P_{tr.bloque} = P_{tr.bloque-vacío} + P_{tr.bloque-carga}$$

Adicionalmente, se debe considerar que el BESS Parque Eólico La Cabaña cuenta con tres tipos diferentes de transformadores de bloque, los cuales pueden observarse en la Figura 3-2 [2]. De acuerdo con dicha figura, el BESS cuenta con: un (1) transformador de 4,39 MVA, un (1) transformador de 6,58 MVA y cuatro (4) transformadores de 8,78 MVA. Teniendo esto en cuenta se pueden expresar las pérdidas de los transformadores de bloque, en vacío y en carga, de la siguiente manera:

$$P_{tr.bloque-vacío} = 1 \times (P_{tr.bloque-vacío}^{4.39}) + 1 \times (P_{tr.bloque-vacío}^{6.58}) + 4 \times (P_{tr.bloque-vacío}^{8.78})$$

$$P_{tr.bloque-carga} = 1 \times (P_{tr.bloque-carga}^{4.39}) + 1 \times (P_{tr.bloque-carga}^{6.58}) + 4 \times (P_{tr.bloque-carga}^{8.78})$$

Las pérdidas, en vacío, de los transformadores de bloque se indicaron en la Tabla 3-4. Las mismas son de 3,85 kW para el transformador de 4,39 MVA, de 5,20 kW para el de 6,58 MVA y de 7,25 kW para los transformadores de 8,78 MVA. Reemplazando estos valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$P_{tr.bloque-vacío} = 1 \times (3,85 \text{ kW}) + 1 \times (5,2 \text{ kW}) + 4 \times (7,25 \text{ kW}) = 38,1 \text{ kW}$$

Las pérdidas en carga dependen de la potencia a la cual se encontraban operando los transformadores. Durante el ensayo los inversores se encontraban despachados a una potencia activa muy cercana a cero, mientras que la consigna de reactivo era de 0 MVAR. Teniendo esto en cuenta, se puede considerar que las pérdidas en carga de los transformadores eran nulas, por encontrarse operando a un valor de potencia despreciable respecto de su capacidad nominal.

$$P_{tr.bloque-carga} = 1 \times (0 \text{ kW}) + 1 \times (0 \text{ kW}) + 4 \times (0 \text{ kW}) = 0 \text{ kW}$$

A partir de los valores de las pérdidas en carga ( $P_{tr.bloque-carga}$ ) y de las pérdidas en vacío ( $P_{tr.bloque-vacío}$ ) de los transformadores de bloque, se pueden obtener las pérdidas totales de los mismos reemplazando como se indica a continuación:

$$P_{tr.bloque} = P_{tr.bloque-vacío} + P_{tr.bloque-carga} = 38,1 \text{ kW} + 0 \text{ kW} = 38,1 \text{ kW}$$

A partir del valor de las pérdidas en el colector y de las pérdidas en los transformadores de bloque, es posible calcular las pérdidas propias de los conductores, como se indica a continuación:

$$P_{conductores} = P_{colector} - P_{tr.bloque}$$

Reemplazando se obtiene:

$$P_{conductores} = 38,6 \text{ kW} - 38,1 \text{ kW} = 0,5 \text{ kW}$$





#### 4.4.5 Agregado del transformador de poder

Como se mencionó previamente, la medición durante los ensayos fue realizada en el POI del BESS, es decir, en 33 kV. Este punto de medición fue elegido para evitar la influencia de los elementos del Parque Eólico La Cabaña durante los ensayos del BESS Parque Eólico La Cabaña. Debido a esto, el valor de  $P_{neta}$  debe obtenerse a partir de la medición de PPOI BESS y de la estimación de las pérdidas del transformador de poder. Adicionalmente, el valor de  $P_{central}$  debe calcularse a partir del valor ya obtenido de  $P_{colector}$  y de la estimación de pérdidas del transformador de poder.

Las pérdidas del transformador de poder se componen de las pérdidas en vacío y en carga. Es decir:

$$P_{tr.poder} = P_{tr.poder-carga} + P_{tr.poder-vacio}$$

Las pérdidas del transformador de poder, en vacío, fueron presentadas en la sección 3.5. Las mismas tienen un valor de 50,04 kW. Entonces:

$$P_{tr.poder-vacio} = 50 \text{ kW}$$

Las pérdidas en carga del transformador de poder serán estimadas utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{tr.poder-carga} = P_{tr.poder-carga}^{nom} \times \left( \frac{P_{med}}{S_{tr.poder}^{nom}} \right)^2$$

Donde:

- $P_{tr.poder-carga}^{nom}$ : Pérdidas en carga del transformador de poder a potencia nominal [kW]
- $S_{tr.poder}^{nom}$ : Potencia nominal del transformador de poder [MVA]
- $P_{med}$ : Potencia de operación del transformador de poder durante el ensayo [MVA]

Tanto las pérdidas en carga a potencia nominal como la potencia nominal, del transformador de poder, fueron presentadas en la Tabla 3-5. Los valores de las mismas son 388,34 kW y 150 MVA, respectivamente. El valor de la potencia de operación a utilizar será el valor medio de la potencia neta registrado durante el ensayo. Reemplazando estos valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$P_{tr.poder-carga} = 388,34 \text{ kW} \times \left( \frac{0,0595 \text{ MVA}}{150 \text{ MVA}} \right)^2 = 0,000061 \text{ kW} \approx 0 \text{ kW}$$

Debido a que la potencia de despacho es despreciable respecto de la capacidad nominal del transformador, las pérdidas en carga del mismo resultan nulas.

Entonces las pérdidas totales del transformador de poder resultan de:

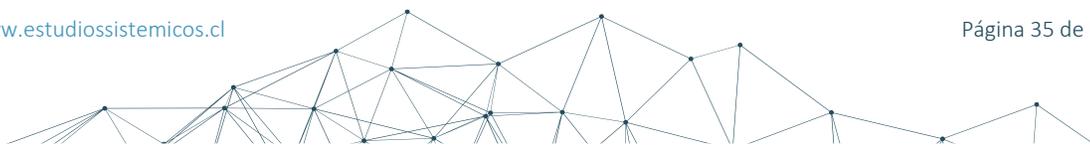
$$P_{tr.poder} = P_{tr.poder-carga} + P_{tr.poder-vacio} = 0 \text{ kW} + 50 \text{ kW} = \mathbf{50 \text{ kW}}$$

Utilizando el valor obtenido de  $P_{tr.poder}$  es posible obtener la potencia neta y las pérdidas en la central. En el caso de la potencia neta se deben restar las pérdidas del transformador de poder al valor registrado de PPOI BESS. Entonces:

$$P_{neta} = PPOI \text{ BESS} - P_{tr.poder} = (-0,0595) \text{ MW} - 50 \text{ kW} = \mathbf{-109,5 \text{ kW}}$$

$$P_{neta} \approx \mathbf{-0,1095 \text{ MW}}$$

En el caso de las pérdidas en la central ( $P_{central}$ ), las mismas contemplan a las pérdidas de la red colectora y a las pérdidas del transformador de poder, como se indicó en la sección 4.2. Previamente





se obtuvo el valor de las pérdidas de la red colectora y ahora se le debe sumar a las mismas el valor de las pérdidas del transformador de poder, es decir:

$$P_{central} = P_{colector} + P_{tr.poder} = 38,6 \text{ kW} + 50 \text{ kW} = \mathbf{88,6 \text{ kW}}$$

#### 4.5 Mínimo técnico con un único inversor

En esta sección se presenta el resultado de los ensayos de mínimo técnico con un único inversor en servicio (inversor N°2), el cual se encuentra en modo descarga a fin de compensar las pérdidas del BESS. El resto de los inversores se encontraba en stand-by.

Los ensayos presentados en esta sección fueron realizados el día 3 de mayo del 2024. Para la realización de los mismos se configuraron todos los inversores, menos uno de ellos, en stand-by. A continuación, se despachó este único inversor (Inversor N°2) a fin de compensar las pérdidas de la red colectora y de los transformadores de bloque.

En la Figura 4-4 se presenta, en color azul, la potencia registrada en 33 kV (PPOI BESS) durante el ensayo. Adicionalmente, en la misma figura, se grafica la potencia del inversor N°2 (PINV2), el cual es el único despachado durante la prueba. Sobre ambas señales presentadas se gráfica, utilizando una línea negra a trazos, el valor medio de las mismas.

Por otro lado, en la Figura 4-5, se presentan las potencias registradas en bornes de cada uno de los inversores. Particularmente, la potencia del inversor N°2 (PINV2) se grafica en naranja, por ser este el único inversor despachado.

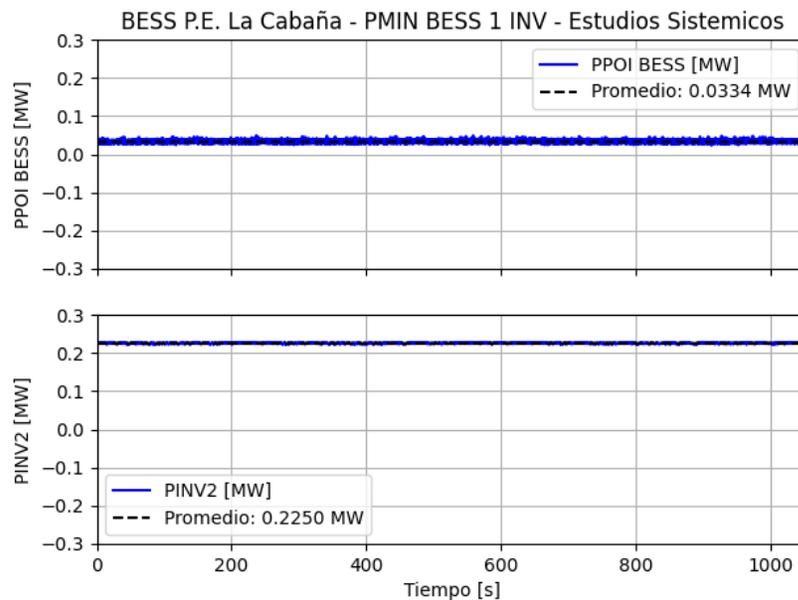
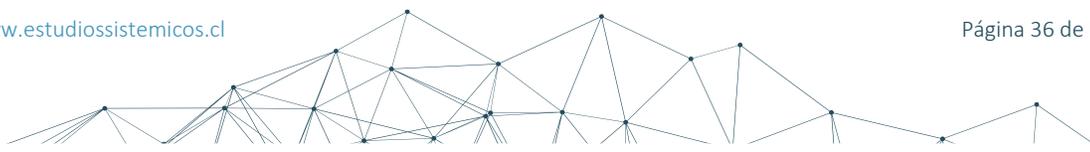


Figura 4-4: PPOI BESS y PBRUTA - Ensayo de mínimo técnico – 1 inversor en servicio



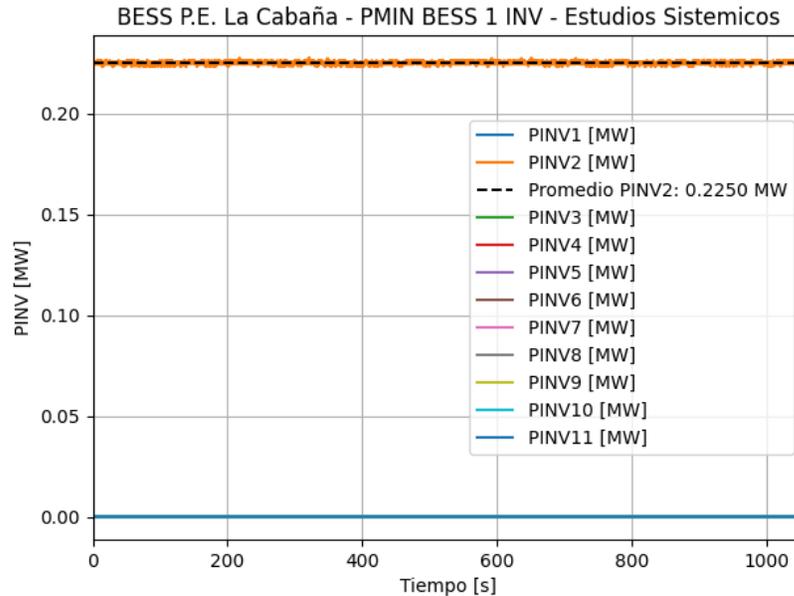


Figura 4-5: Potencia activa en bornes de los inversores (0,69 kV) – Ensayo de mínimo técnico – 1 inversor en servicio

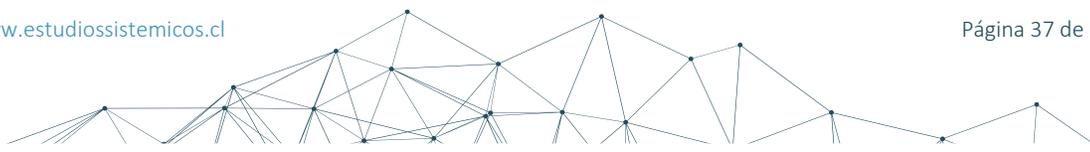
En las siguientes secciones se detalla el cálculo de los valores presentados en la sección 4.1, a partir de los resultados obtenidos en el ensayo presentado en la Figura 4-4 y Figura 4-5.

#### 4.5.1 Potencia bruta

La potencia bruta corresponde a la sumatoria de la potencia generada por los inversores en BT (0,69 kV). Durante el ensayo presentado, diez (10) inversores se encontraban en stand-by y uno (1) de ellos, el inversor N°2, se encontraba despachado. Debido a esto, la potencia bruta corresponde a la potencia generada por un (1) inversor del BESS Parque Eólico La Cabaña. En la Figura 4-5 se puede observar la potencia generada por cada uno de los inversores, encontrándose en **naranja** la potencia generada por el N°2 (PINV2) en BT. El valor medio de la misma fue de 0,2250 MW. Este valor no contempla los consumos propios del inversor, debido a esto, para obtener la verdadera potencia bruta se deben sumar los consumos propios del inversor al valor presentado en la Figura 4-5.

Los consumos propios de los inversores fueron presentados en la sección 3.3. Los mismos indican que para un inversor con un único módulo en servicio, el consumo es de 4,7 kW. Para los inversores en stand-by se considera la peor condición, la cual contempla a la electrónica con la ventilación encendida, esto equivale a un consumo de 3,1 kW. Entonces:

$$\begin{aligned}
 P_{bruta} &= P_{INV2} + (\text{Consumo}_{FP4390K}^{carga,1\ módulo} \times \text{Cantidad}_{FP4390K}) \\
 &\quad + (\text{Consumo}_{FP4390K}^{stand-by,ventilación} \times \text{Cantidad}_{FP4390K}) \\
 &\quad + (\text{Consumo}_{FP3290K}^{stand-by,ventilación} \times \text{Cantidad}_{FP3290K}) \\
 P_{bruta} &= 0,2250\ MW + (4,7\ kW \times 1) + (3,1\ kW \times 8) + (3,1\ kW \times 2) = \mathbf{0,2607\ MW}
 \end{aligned}$$





#### 4.5.2 Consumo de los SSAA.

Para el cálculo del consumo de los SSAA, del BESS Parque Eólico La Cabaña, se considerará el consumo de: los inversores, los módulos de baterías y el PMS. Adicionalmente, deben considerarse las pérdidas del transformador de SSAA.

El consumo de los SSAA se presentó en la sección 3.7 y se encuentra detallado en el ANEXO VI. Los consumos informados corresponden a la suma de los consumos de: los inversores, los contenedores de baterías y el PMS, esto se puede observar en el detalle del ANEXO VI. Si bien se informa un valor de consumo de SSAA total, se desconoce las condiciones en las cuales el valor fue obtenido. Debido a esto, se consideran los consumos de los contenedores de baterías e inversores informados en la sección 3.2 y 3.3. Mientras que el consumo del PMS es extraído de la información presentada en el ANEXO VI. Es decir, el consumo de los SSAA del BESS Parque Eólico La Cabaña puede expresarse de la siguiente manera:

$$P_{SSAA} = \text{Consumo}_{\text{inversores}} + \text{Consumo}_{\text{baterías}} + \text{Consumo}_{\text{PMS}} + P_{\text{tr.SSAA}}$$

El consumo de los inversores puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{\text{inversores}} &= (\text{Consumo}_{\text{FP4390K}}^{\text{carga,1 modulo}} \times \text{Cantidad}_{\text{FP4390K}}) \\ &+ (\text{Consumo}_{\text{FP4390K}}^{\text{stand-by,ventilación}} \times \text{Cantidad}_{\text{FP4390K}}) \\ &+ (\text{Consumo}_{\text{FP3290K}}^{\text{stand-by,ventilación}} \times \text{Cantidad}_{\text{FP3290K}}) \end{aligned}$$

Reemplazando, con los valores presentados en la sección 4.5.1, se obtiene:

$$\text{Consumo}_{\text{inversores}} = (4,7 \text{ kW} \times 1) + (3,1 \text{ kW} \times 8) + (3,1 \text{ kW} \times 2) = \mathbf{35,7 \text{ kW}}$$

El consumo de las baterías se presentó en la sección 3.2 y es de 4,7 kW en una condición de stand-by con ventilación encendida. Si bien se presenta un único inversor despachado (N°2), la potencia bruta entregada por el mismo es de un valor tan reducido que a fin de cálculos, se consideran las baterías del mismo también en estado de stand-by. Por lo tanto, siendo la cantidad de contenedores de baterías de 31, se calcula el consumo de la mismas de la siguiente manera:

$$\text{Consumo}_{\text{baterías}} = 4,7 \text{ kW} \times \text{Cantidad}_{\text{baterías}} = 4,7 \text{ kW} \times 31 = 145,7 \text{ kW}$$

El consumo del PMS, extraído del ANEXO VI, es de 4 kW. Por lo tanto:

$$\text{Consumo}_{\text{PMS}} = 4,0 \text{ kW}$$

Las pérdidas del transformador de SSAA pueden calcularse como:

$$P_{\text{tr.SSAA}} = P_{\text{tr.SSAA-vacío}} + P_{\text{tr.SSAA-carga}}$$

Las pérdidas del transformador de servicios auxiliares son de 1,374 kW y 7,87 kW, para vacío y carga respectivamente. Las mismas fueron presentadas en la sección 3.6. Debido a que el BESS se encontraba operando a mínima potencia, los consumos del transformador de SSAA deben ajustarse a la condición del ensayo. Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{\text{tr.SSAA-carga}} = P_{\text{tr.SSAA-carga}}^{\text{nom}} \times \left( \frac{P_{\text{med}}}{S_{\text{tr.SSAA}}^{\text{nom}}} \right)^2$$

Donde:

- $P_{\text{tr.SSAA-carga}}^{\text{nom}}$ : Pérdidas en carga del transformador de SSAA a potencia nominal [kW]





- $S_{tr.bloque}^{nom}$ : Potencia nominal del transformador de SSAA [MVA]
- $P_{med}$ : Potencia de operación del transformador de SSAA durante el ensayo [MVA]

La potencia nominal del transformador de SSAA fue presentada en la sección 3.6 y su valor es de 0,8 MVA. Mientras que la potencia de operación del transformador puede calcularse a partir de los valores obtenidos en esta sección, como se muestra a continuación:

$$P_{med} = Consumo_{inversores} + Consumo_{baterias} + Consumo_{PMS}$$

Reemplazando se obtiene:

$$P_{med} = 35,7 \text{ kW} + 145,7 \text{ kW} + 4 \text{ kW} = 185,4 \text{ kW}$$

A partir de este valor se calculan las pérdidas, en carga del transformador de SSAA de la siguiente forma:

$$P_{tr.SSAA-carga} = 7,87 \text{ kW} \times \left( \frac{185,4 \text{ kVA}}{800 \text{ kVA}} \right)^2 = 0,4 \text{ kW}$$

Entonces las pérdidas totales del transformador de SSAA pueden calcularse como:

$$P_{tr.SSAA} = P_{tr.SSAA-vacio} + P_{tr.SSAA-carga} = 1,374 \text{ kW} + 0,4 \text{ kW} = 1,8 \text{ kW}$$

Finalmente, reemplazando los valores obtenidos en la ecuación inicial se obtiene:

$$P_{SSAA} = 35,7 \text{ kW} + 145,7 \text{ kW} + 4 \text{ kW} + 1,8 \text{ kW} = \mathbf{187,2 \text{ kW}}$$

#### 4.5.3 Potencia neta

La potencia neta es la mínima potencia activa que el BESS Parque Eólico La Cabaña es capaz de entregar en el punto de interconexión al SEN (220 kV), durante un tiempo determinado.

La medición de potencia neta, durante el ensayo, fue realizada en el POI del BESS en 33 kV y no en el POI del Parque Eólico La Cabaña en 220 kV. El punto de medición fue elegido para evitar la influencia de los elementos que no pertenecen al BESS Parque Eólico La Cabaña, como lo son los aerogeneradores, el transformador de SSAA del parque eólico y el banco de capacitores. Debido a esto, el valor de potencia neta será obtenido en la sección 4.5.5.

Como se observa en la Figura 4-4, la potencia promedio inyectada por el BESS Parque Eólico La Cabaña, en su POI (33 kV), durante el ensayo, fue de 0,0334 MW, por lo tanto:

$$\mathbf{P_{POI BESS} = 0,0334 \text{ MW}}$$

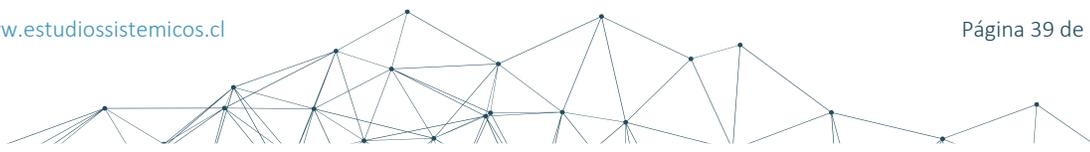
#### 4.5.4 Pérdidas de la central

Las pérdidas en la central ( $P_{central}$ ) están compuestas por las pérdidas en el colector ( $P_{colector}$ ) y las pérdidas del transformador de poder ( $P_{tr.poder}$ ), como se indicó en la sección 4.2. Representan a todas las pérdidas del sistema colector, incluyendo conductores, pérdidas de los transformadores de bloque y pérdidas del transformador de poder de la central.

Teniendo en cuenta el diagrama presentado en la Figura 4-1, es posible decir que la diferencia entre  $P_{bruta}$  y  $P_{neta}$  corresponde a la suma del consumo de los servicios auxiliares ( $P_{SSAA}$ ) y de las pérdidas de la central ( $P_{central}$ ). Por lo tanto, es posible plantear la siguiente ecuación:

$$P_{bruta} - P_{neta} = P_{SSAA} + P_{central}$$

Esta ecuación permite expresar el valor de  $P_{central}$  en función de los valores obtenidos en los apartados previos, es decir:





$$P_{central} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA}$$

Como se mencionó previamente, las pérdidas de la central están compuestas por las pérdidas en la red colectora y las pérdidas en el transformador de poder. Sin embargo, la medición de potencia neta, durante el ensayo, fue realizada en el POI del BESS en 33 kV y no en el POI del Parque Eólico La Cabaña en 220 kV. El punto de medición fue elegido para evitar la influencia de los elementos que no pertenecen al BESS Parque Eólico La Cabaña, como lo son los aerogeneradores, el transformador de SSAA del parque eólico y el banco de capacitores.

Al no contar con la medición de  $P_{neta}$  sin la interacción del parque eólico, no se pueden considerar las pérdidas del transformador de poder y por tanto no se puede obtener el valor de  $P_{central}$ . Sin embargo, tomando como referencia la Figura 4-1 y contando con la medición de  $P_{POI\ BESS}$ , es posible plantear la siguiente ecuación:

$$P_{colector} = P_{bruta} - P_{POI\ BESS} - P_{SSAA}$$

Reemplazando se obtiene:

$$P_{colector} = 0,2607\ MW - (0,0334\ MW) - 187,2\ kW = \mathbf{40,1\ kW}$$

Las pérdidas del colector ( $P_{colector}$ ) corresponden a las pérdidas de los transformadores de bloque, en vacío y carga, a las pérdidas de los conductores de la red colectora de media tensión y a las pérdidas en los conductores de baja tensión. Esto fue descrito en la sección 4.2. Teniendo esto en cuenta se pueden expresar las pérdidas del colector de la siguiente manera:

$$P_{colector} = P_{tr.bloque} + P_{conductores}$$

Para el cálculo de las pérdidas de los transformadores de bloque ( $P_{tr.bloque}$ ) se deben tener en cuenta las pérdidas en carga y en vacío de los mismos. Es decir:

$$P_{tr.bloque} = P_{tr.bloque-vacío} + P_{tr.bloque-carga}$$

Adicionalmente, se debe considerar que el BESS Parque Eólico La Cabaña cuenta con tres tipos diferentes de transformadores de bloque, los cuales pueden observarse en la Figura 3-2 [2]. De acuerdo con dicha figura, el BESS cuenta con: un (1) transformador de 4,39 MVA, un (1) transformador de 6,58 MVA y cuatro (4) transformadores de 8,78 MVA. El único inversor despachado es el inversor N°2, el mismo se encuentra conectado a un transformador de 8,78 MVA. Teniendo esto en cuenta, se pueden expresar las pérdidas de los transformadores de bloque, en vacío y carga, de la siguiente manera:

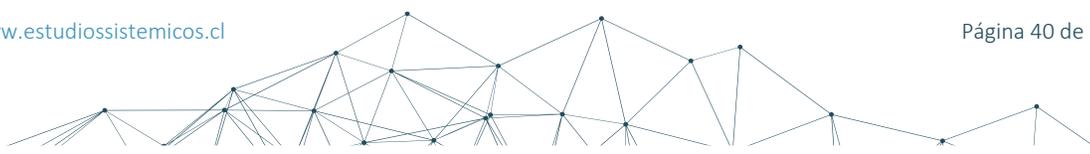
$$P_{tr.bloque-vacío} = 1 \times (P_{tr.bloque-vacío}^{4.39}) + 1 \times (P_{tr.bloque-vacío}^{6.58}) + 4 \times (P_{tr.bloque-vacío}^{8.78})$$

$$P_{tr.bloque-carga} = 1 \times (P_{tr.bloque-carga}^{8.78})$$

Las pérdidas, en vacío, de los transformadores de bloque se indicaron en la Tabla 3-4. Las mismas son de 3,85 kW para el transformador de 4,39 MVA, de 5,20 kW para el de 6,58 MVA y de 7,25 kW para los transformadores de 8,78 MVA. Reemplazando estos valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$P_{tr.bloque-vacío} = 1 \times (3,85\ kW) + 1 \times (5,2\ kW) + 4 \times (7,25\ kW) = \mathbf{38,1\ kW}$$

Las pérdidas en carga dependen de la potencia a la cual se encontraban operando los transformadores. Durante el ensayo únicamente el inversor N°2 se encontraba despachado. El mismo se encontraba operando con una potencia activa de 0,2250 MW y con una consigna de potencia





reactiva de 0 MVAR. Teniendo en cuenta que la potencia nominal del transformador de bloque es de 8,78 MVA, el mismo se encontraba operando a una potencia inferior al 3% de su nominal. Debido a esto se considera que las pérdidas en carga del transformador de bloque eran nulas, por encontrarse operando a un valor de potencia despreciable respecto de su capacidad nominal.

$$P_{tr.bloque-carga} = 0 \text{ kW}$$

A partir de los valores de las pérdidas en carga ( $P_{tr.bloque-carga}$ ) y de las pérdidas en vacío ( $P_{tr.bloque-vacío}$ ) de los transformadores de bloque, se pueden obtener las pérdidas totales de los mismos reemplazando como se indica a continuación:

$$P_{tr.bloque} = P_{tr.bloque-vacío} + P_{tr.bloque-carga} = 38,1 \text{ kW} + 0 \text{ kW} = \mathbf{38,1 \text{ kW}}$$

A partir del valor de las pérdidas en el colector y de las pérdidas en los transformadores de bloque, es posible calcular las pérdidas propias de los conductores, como se indica a continuación:

$$P_{conductores} = P_{colector} - P_{tr.bloque}$$

Reemplazando se obtiene:

$$P_{conductores} = 40,1 \text{ kW} - 38,1 \text{ kW} = \mathbf{2,0 \text{ kW}}$$

#### 4.5.5 Agregado del transformador de poder

Como se mencionó previamente, la medición durante los ensayos fue realizada en el POI del BESS, es decir, en 33 kV. Este punto de medición fue elegido para evitar la influencia de los elementos del Parque Eólico La Cabaña durante los ensayos del BESS Parque Eólico La Cabaña. Debido a esto, el valor de  $P_{neta}$  debe obtenerse a partir de la medición de PPOI BESS y de la estimación de las pérdidas del transformador de poder. Adicionalmente, el valor de  $P_{central}$  debe calcularse a partir del valor ya obtenido de  $P_{colector}$  y de la estimación de pérdidas del transformador de poder.

Las pérdidas del transformador de poder se componen de las pérdidas en vacío y en carga. Es decir:

$$P_{tr.poder} = P_{tr.poder-carga} + P_{tr.poder-vacío}$$

Las pérdidas del transformador de poder, en vacío, fueron presentadas en la sección 3.5. Las mismas tienen un valor de 50,04 kW. Entonces:

$$P_{tr.poder-vacío} = 50 \text{ kW}$$

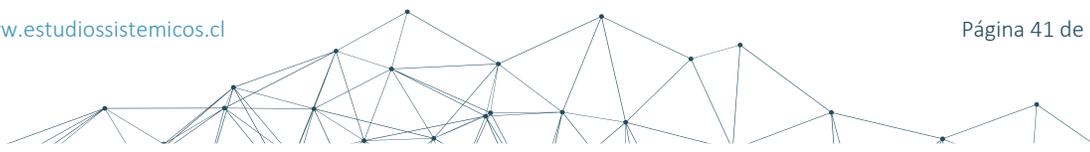
Las pérdidas en carga del transformador de poder serán estimadas utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{tr.poder-carga} = P_{tr.poder-carga}^{nom} \times \left( \frac{P_{med}}{S_{tr.poder}^{nom}} \right)^2$$

Donde:

- $P_{tr.poder-carga}^{nom}$ : Pérdidas en carga del transformador de poder a potencia nominal [kW]
- $S_{tr.poder}^{nom}$ : Potencia nominal del transformador de poder [MVA]
- $P_{med}$ : Potencia de operación del transformador de poder durante el ensayo [MVA]

Tanto las pérdidas en carga a potencia nominal como la potencia nominal, del transformador de poder, fueron presentadas en la Tabla 3-5. Los valores de las mismas son 388,34 kW y 150 MVA,





respectivamente. El valor de la potencia de operación a utilizar será el valor medio de la potencia neta registrado durante el ensayo. Reemplazando estos valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$P_{tr.poder-carga} = 388,34 \text{ kW} \times \left( \frac{0,0334 \text{ MVA}}{150 \text{ MVA}} \right)^2 = 0,000019 \text{ kW} \approx 0 \text{ kW}$$

Debido a que la potencia de despacho es despreciable respecto de la capacidad nominal del transformador, las pérdidas en carga del mismo resultan nulas.

Entonces las pérdidas totales del transformador de poder resultan de:

$$P_{tr.poder} = P_{tr.poder-carga} + P_{tr.poder-vacio} = 0 \text{ kW} + 50 \text{ kW} = \mathbf{50 \text{ kW}}$$

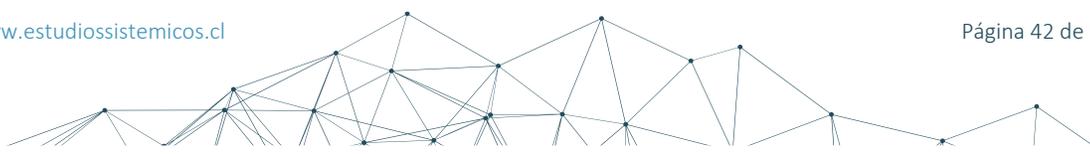
Utilizando el valor obtenido de  $P_{tr.poder}$  es posible obtener la potencia neta y las pérdidas en la central. En el caso de la potencia neta se deben restar las pérdidas del transformador de poder al valor registrado de PPOI BESS. Entonces:

$$P_{neta} = PPOI \text{ BESS} - P_{tr.poder} = (0,0334) \text{ MW} - 50 \text{ kW} = \mathbf{-16,6 \text{ kW}}$$

$$P_{neta} \approx \mathbf{-0,0166 \text{ MW}}$$

En el caso de las pérdidas en la central ( $P_{central}$ ), las mismas contemplan a las pérdidas de la red colectora y a las pérdidas del transformador de poder, como se indicó en la 0. Previamente se obtuvo el valor de las pérdidas de la red colectora y ahora se le debe sumar a las mismas el valor de las pérdidas del transformador de poder, es decir:

$$P_{central} = P_{colector} + P_{tr.poder} = 40,1 \text{ kW} + 50 \text{ kW} = \mathbf{90,1 \text{ kW}}$$





## 5. CONCLUSIONES

A partir de los ensayos realizados y la información presentada en este documento se puede concluir que:

- Se determinaron, mediante los ensayos realizados, los valores de mínimo técnico del BESS Parque Eólico La Cabaña, de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” [1].
- Los valores de mínimo técnico fueron obtenidos para dos condiciones de operación del BESS. La primera de ellas considera todos los inversores en servicio, mientras que la segunda considera a un único inversor en servicio y a los restantes en condición de stand-by.
- Se determinó que el valor de **mínimo técnico** que asegura una condición estable de operación del BESS con la totalidad de los inversores en servicio, es de **-0,1095 MW**.
- Se determinó que el valor de **mínimo técnico** que asegura una condición estable de operación del BESS con un único inversor en servicio y el resto en stand-by, es de **-0,0166 MW**.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 5-1. Adicionalmente, se presentan en la misma, los resultados correspondientes al mínimo técnico del Parque Eólico La Cabaña operando con el BESS fuera de servicio. Estos resultados fueron obtenidos en el informe [19] para tres condiciones diferentes. En la Tabla 5-1 se presentan los resultados de mínimo técnico del Parque Eólico La Cabaña operando con desconexión automática de aerogeneradores. Se utilizó este valor ya que es el mínimo valor que el parque puede alcanzar operando de forma automática.

Tabla 5-1: Resumen de resultados - MT – Parque Eólico La Cabaña + BESS Parque Eólico La Cabaña

Central/Unidad	Modo de Operación	Mínimo Técnico [MW]	SS/AA [MW]	Pérdidas en la central <sup>(1)</sup> [MW]	Potencia Mínima Neta <sup>(2)</sup> [MW]
	PE	1,0348	0,3831	0,1923	0,4594
Parque Eólico La Cabaña + BESS Parque Eólico La Cabaña	BESS (Modo Descarga) - Todos los inversores	0,1824	0,2033	0,0886	-0,1095
	BESS (Modo Descarga) – Un solo inversor	0,2607	0,1872	0,0901	-0,0166

(1) Este valor incluye las pérdidas del sistema colector de media tensión (MW) y del transformador de poder (MW).

(2) Inyectada en la barra de alta tensión (220 kV) del transformador de potencia de la S/E La Cabaña.





## 6. ANEXOS

### ANEXO I HOJA DE DATOS DE LAS BATERIAS

En la Figura 6-1 se presenta la hoja de datos de los módulos de baterías SAFT, modelo Intensium Max 20 High Energy 1500V LFP. Adicionalmente, en la Figura 6-2, se presentan los consumos de los servicios auxiliares de dichos módulos de baterías.

Main Characteristics	Intensium® Max 20 High Energy 1500V LFP
Number of strings (ESSUs) per IHE container	5
Number of modules per ESSU	24
Cell type	Lithium Iron Phosphate (LFP)
Minimum Voltage (0% SOC, OCV)	1040 Vdc
Nominal Voltage (50% SOC, OCV)	1230 Vdc
Maximum Voltage (100% SOC, OCV)	1400 Vdc
Maximum Voltage range	960 – 1460 Vdc
Rated BoL Energy (DC) based on cell energy at C/5	2.3 MWh
Rated BoL Energy (DC) based on cell energy at C/2	2.2 MWh
Nominal DC Power in charge or discharge	1.1 MW
Max DC Power in charge or discharge	2.2 MW
DC-DC Roundtrip Efficiency at BoL	> 95%
Operating Temperature Range	-25°C to +55°C
Storage Temperature Range	-25°C to +55°C
Dimensions (L x W x H) <sup>Note 1</sup>	(6.1 x 2.4 x 2.9) m (19.9 x 8.0 x 9.5) ft
Ingress Protection (IP) Rating	IP54
20-foot Container Weight (kg)	< 30,400
Communication protocol	Modbus TCP (MESA standard compliant)

Note 1: Dimensions do not include the HVAC. With the HVAC, the length is increased by 0.7 m.

Figura 6-1: Hoja de datos - Módulo de baterías SAFT [6]

Component	Power (kW)	State
Power electronics & FSS	0.4	All states
HVAC	2.1	Standby state
	16.0	Max cooling power in service state
	7.11	Max heating power in service state
	21.0	Max dehumidification power in service state
Cooling fans	0	Standby state (contactor open)
	2.2	Max in service state (all fans on)
Self-Discharge	< 0.3 if BMS active 0.1kW if BMS off	All states (including modules' SMU power consumption)
TOTAL excl. self-discharge (at AC 400V)	4.7	Standby state (cooling fans active)
	18.6	Max in service state (if cooling)
	9.7	Max in service state (if heating)
	23.6	Max in service state (if dehumidification)

Figura 6-2: Consumo de servicios auxiliares - Módulos de baterías SAFT [6]





## ANEXO II HOJA DE LOS INVERSORES

En este anexo se presenta la hoja de datos de los inversores Power Electronics que componen el BESS Parque Eólico La Cabaña. Los modelos utilizados son el FP3290K y FP4390K. En la Figura 6-3 se indican, en rojo, los parámetros correspondientes a dichos modelos. Adicionalmente, en la Figura 6-4, se presentan los consumos de los servicios auxiliares de estos inversores.

POWER ELECTRONICS

FREEMAQ PCS

### TECHNICAL CHARACTERISTICS

### FREEMAQ PCSK 690V

		FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4
REFERENCES		FP2195K	FP3290K	FP4390K
AC	AC Output Power (kVA/kW) @40°C <sup>[1]</sup>	2195	3290	4390
	AC Output Power (kVA/kW) @50°C <sup>[1]</sup>	2035	3055	4075
	Max. AC Output Current (A) @40°C	1837	2756	3674
	Operating Grid Voltage (VAC)	690V ±10%		
	Operating Grid Frequency (Hz)	50/60Hz		
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519		
	Power Factor (cosine phi) <sup>[2]</sup>	0.5 leading ... 0.5 lagging		
	Reactive Power Compensation	Four quadrant operation		
DC	DC Voltage Range <sup>[3]</sup>	976V - 1500V		
	Maximum DC Voltage	1500V		
	DC Voltage Ripple	< 3%		
	Max. DC Continuous Current (A)	2295	3443	4590
Battery Technology	All type of batteries (BMS required)			
EFFICIENCY	Efficiency (Max) (η) (preliminary)	98.84%	98.87%	98.93%
	Euroeta (η) (preliminary)	98.45%	98.48%	98.65%
CABINET	Dimensions [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.5 x 7.2		
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Weight (lbs)	11465	11795	12125
	Weight (kg)	5200	5350	5500
	Type of Ventilation	Forced air cooling		
ENVIRONMENT	Degree of Protection	NEMA 3R / IP55		
	Permissible Ambient Temperature <sup>[4]</sup>	-25°C to +60°C, >50°C / Active power derating		
	Relative Humidity	4% to 100% non-condensing		
	Max. Altitude (above sea level)	2000m / >2000m power derating (Max. 4000m)		
CONTROL INTERFACE	Communication Protocol	Modbus TCP		
	Power Plant Controller	Optional. Third party SCADA systems supported.		
	Keyed ON/OFF Switch	Standard		
PROTECTIONS	Ground Fault Protection	Insulation monitoring device		
	Humidity Control	Active heating		
	General AC Protection & Disconn.	Circuit breaker		
	General DC Protection & Disconn.	DC switch-disconnectors <sup>[5]</sup>		
	Oversvoltage Protection	Type 2 protection for AC and DC (optionally, Type 1+2)		
CERTIFICATIONS & STANDARDS	Safety	UL 1741 / CSA 22.2 No.107.1-16 / IEC 62109-1 / IEC 62109-2		
	Utility Interconnect <sup>[6]</sup>	IEEE 1547:2018 / UL 1741 SB/ IEC 62116:2014		

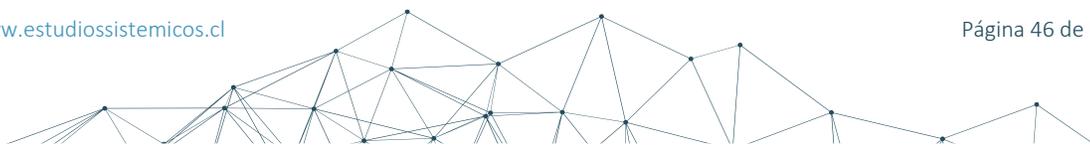
Figura 6-3: Hoja de datos - Inversores Power Electronics FP3290K y FP4390K [8]



	HEMK – PCSK		
	Pref	P (kW)	Q (kVAr)
Electronics only (ventilation OFF)	0%	0.4	0.0
Ventilation ON	0%	3.1	-0.3
1 mod	5%	4.7	-0.2
1 mod	15%	4.7	-0.2
1 mod	25%	4.7	-0.2
2 mod	50%	6.4	-0.2
3 mod	75%	8.1	-0.2
4 mod	100%	9.6	-0.3

Figura 6-4: Consumo de servicios auxiliares – Inversores Power Electronics FP3290K y FP4390K [9]

La tabla presentada en la Figura 6-4 fue extraída del documento [9], el cual se encuentra dentro del archivo "22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS\_BESS\_PE\_LCA". Dicho archivo será enviado junto con el presente informe.



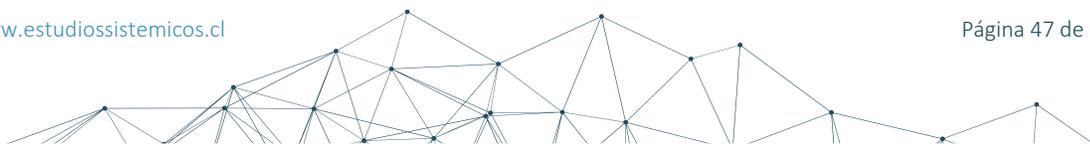


### ANEXO III HOJA DE DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DE BLOQUE BT/MT

En la Figura 6-5, Figura 6-6 y Figura 6-7 se presenta la hoja de datos de cada uno de los tipos de transformadores de bloque del BESS Parque Eólico La Cabaña. El mismo cuenta con una totalidad de seis (6) transformadores de bloque, distribuidos de la siguiente manera:

- Circuito BESS N°1:
  - N° de Transformadores de bloque: 2
    - (1) ELTAS 33/0,69 kV de 4,39 MVA (ONAN) (Figura 6-5)
    - (1) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 8,78 MVA (ONAN) (Figura 6-7)
- Circuito BESS N°2:
  - N° de Transformadores de bloque: 4
    - (1) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 6,58 MVA (ONAN) (Figura 6-6)
    - (3) ELTAS 33/0,69/0,69 kV de 8,78 MVA (ONAN) (Figura 6-7)

En la hoja de datos de cada uno de ellos se indican, en **rojo**, los parámetros más relevantes.





<b>ELTAS</b>		<b>11.08.2022</b>	
Transformatör Sanayi ve Ticaret A.Ş.			
<b>General Specifications</b>			
Customer Name	POWER ELECTRONICS		
Project Name	LA CABANA + RIHUE		
Transformer type	Oil immersed, Hermetically sealed		
Installation	Outdoor		
Applicable standards	IEC 60076-1		
Rated power (ONAN)	kVA	4390	
High voltage	V	33000	
High voltage tappings (no load)	%	± 2 x 2,5	
Low voltage (no load)	V	690	
High voltage insulation level (U <sub>m</sub> / U <sub>AC</sub> / U <sub>LI</sub> )	kV	36 / 70 / 170	
Low voltage insulation level (U <sub>m</sub> / U <sub>AC</sub> / U <sub>LI</sub> )	kV	3,6 / 10 / 20	
Frequency	Hz	50	
Vector group	Dy11		
Number of phases	3		
Max. ambient temperature	°C	40	
Max. temperature rise (winding / oil)	K	65 / 60	
Max. altitude above sea level	m	1000	
Permissible short circuit duration	s	2	
X/R ratio	9,3		
Positive sequence impedance	%	7	
Zero sequence impedance	%	6,3	
Insulation withstand heat class	A		
<b>Guaranteed Values</b>			
Impedance voltage(75°C)	±10 % tolerance	%	7,8
Impedance voltage(75°C)		%	≥ 7
No load losses	+15 % tolerans	W	3850
Load losses(75°C)	+15 % tolerans	W	34500
Efficiency (@100% load, pf:1)		%	99,1
<b>Structural Specifications</b>			
High voltage winding conductor material	Al		
Low voltage winding conductor material	Al		
Oil type	Un-inhibited Mineral Transformer Oil		
Painting	C5M RAL 7035		
<b>Dimensions and Weight</b>			
Length / Width / Height	mm	2291 / 1900 / 1984	
Total weight	kg	8830	
Weight of active part	kg	4490	
Weight of oil	kg	1970	
Volume of oil	L	2264	
<b>Connection Terminals</b>			
High voltage	(Type C, outdoor)	Plug-in Bushings 36kV 630A x 3	
Low voltage		Busbar bushing 4000 A x 3	
<b>Accessories</b>			
Hermetic Protection Relay (DMCR+PT100)	Terminal Box		
Pressure Relief Device	Earthed Screen Between LV & HV (Accessible)		
Off - circuit tap changer			
Lifting lugs			
Oil filling & drain valves			

This document is the property of ELTAS and may not be used or copied without permission.

\* All weights and dimensions are given approximately.

\*\* Tolerances for the losses and impedance are according to IEC 60076-1

**ELTAS TRANSFORMATÖR SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ**

Atatürk Organize Sanayi Bölgesi 10046 Sokak No.4 35620 B. Çiğli - İZMİR - TURKEY

Tel: +90(232)3981500(Pbx) Fax :+90(232)3767764 e-mail : info@eltas.com.tr http: www.eltas.com.tr

Figura 6-5: Hoja de datos - Transformador de bloque 33/0,69 kV de 4,39 MVA [11]



<b>ELTAS</b>		<b>11.08.2022</b>	
Transformatör Sanayi ve Ticaret A.Ş.			
<b>General Specifications</b>			
Customer Name	POWER ELECTRONICS		
Project Name	LA CABANA + RIHUE		
Transformer type	Oil immersed, Hermetically sealed		
Installation	Outdoor		
Applicable standards	IEC 60076-1		
Rated power	(ONAN) kVA	3290+3290=6580	
High voltage	V	33000	
High voltage tapplings (no load)	%	± 2 x 2,5	
Low voltage (no load)-1	V	690	
Low voltage (no load)-2	V	690	
High voltage insulation level	(U <sub>m</sub> / U <sub>AC</sub> / U <sub>LI</sub> ) kV	36 / 70 / 170	
Low voltage insulation level-1	(U <sub>m</sub> / U <sub>AC</sub> / U <sub>LI</sub> ) kV	3,6 / 10 / 20	
Low voltage insulation level-2	(U <sub>m</sub> / U <sub>AC</sub> / U <sub>LI</sub> ) kV	3,6 / 10 / 20	
Frequency	Hz	50	
Vector group	Dy11y11		
Number of phases	3		
Max. ambient temperature	°C	40	
Max. temperature rise (winding / oil)	K	65 / 60	
Max. altitude above sea level	m	1000	
Permissible short circuit duration	s	2	
Positive sequence impedance	@ 6580 kVA %	8,5	
Zero sequence impedance	@ 6580 kVA %	7,65	
X/R ratio	6,4		
Insulation withstand heat class	A		
<b>Guaranteed Values</b>			
Impedance voltage(75°C)	MV/LV1 or MV/LV2 ±10 % tolerance %	7,77	
Impedance voltage(75°C)	MV/ (LV1+LV2) ±10 % tolerance %	8,5	
No load losses	+15 % tolerance W	5200	
Load losses(75°C)	+15 % tolerance W	46500	
<b>Structural Specifications</b>			
High voltage winding conductor material	Al		
Low voltage winding conductor material	Al		
Oil type	Un-inhibited Mineral Transformer Oil		
Painting	C5M RAL 7035		
<b>Dimensions and Weight</b>			
Length / Width / Height	mm	3360 / 2026 / 2304	
Total weight	kg	14670	
Weight of active part	kg	6520	
Weight of oil	kg	4740	
Volume of oil	L	5448	
<b>Connection Terminals</b>			
High voltage	(Type C, outdoor)	Plug-in Bushings 36kV 630A x 3	
Low voltage	Busbar Bushings 4000 A x 6		
<b>Accessories</b>			
Hermetic Protection Relay (DMCR+PT100)	Terminal Box		
Pressure Relief Device	Earthed Screen Between LV & HV		
Off - circuit tap changer			
Lifting lugs			
Oil filling & drain valves			

This document is the property of ELTAS A.Ş. And may not be used and copied without permission.

\* All weights and dimensions are given approximately.

\*\* Tolerance for the impedance are according to IEC 60076-1

**ELTAŞ TRANSFORMATÖR SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ**

Atatürk Organize Sanayi Bölgesi 10046 Sokak No.4 35620 B. Çiğli - İZMİR - TURKEY

Tel: +90(232)3981500(Pbx) Fax : +90(232)3767764 e-mail : info@eltas.com.tr http: www.eltas.com.tr

Figura 6-6: Hoja de datos - Transformadores de bloque 33/0,69/0,69 kV de 6,58 MVA [12]





<b>ELTAS</b>		<b>11.08.2022</b>	
Transformatör Sanayi ve Ticaret A.Ş.			
<b>General Specifications</b>			
Customer Name		POWER ELECTRONICS	
Project Name		LA CABANA + RIHUE	
Transformer type		Oil immersed, Hermetically sealed	
Installation		Outdoor	
Applicable standards		IEC 60076-1	
Rated power	(ONAN) kVA	4390+4390=8780	
High voltage	V	33000	
High voltage tappings (no load)	%	± 2 x 2,5	
Low voltage (no load)-1	V	690	
Low voltage (no load)-2	V	690	
High voltage insulation level	(U <sub>m</sub> / U <sub>AC</sub> / U <sub>LI</sub> ) kV	36 / 70 / 170	
Low voltage insulation level-1	(U <sub>m</sub> / U <sub>AC</sub> / U <sub>LI</sub> ) kV	3,6 / 10 / 20	
Low voltage insulation level-2	(U <sub>m</sub> / U <sub>AC</sub> / U <sub>LI</sub> ) kV	3,6 / 10 / 20	
Frequency	Hz	50	
Vector group		Dy11y11	
Number of phases		3	
Max. ambient temperature	°C	40	
Max. temperature rise (winding / oil)	K	65 / 60	
Max. altitude above sea level	m	1000	
Permissible short circuit duration	s	2	
Positive sequence impedance	@8780 kVA %	8,3	
Zero sequence impedance	@8780 kVA %	7,47	
X/R ratio		6,9	
Insulation withstand heat class		A	
<b>Guaranteed Values</b>			
Impedance voltage(75°C) MV/LV1 or MV/LV2	±10 % tolerance %	7,78	
Impedance voltage(75°C) MV/ (LV1+LV2)	±10 % tolerance %	8,3	
No load losses	+15 % tolerance W	7250	
Load losses(75°C)	+15 % tolerance W	54000	
<b>Structural Specifications</b>			
High voltage winding conductor material		Al	
Low voltage winding conductor material		Al	
Oil type		Un-inhibited Mineral Transformer Oil	
Painting		C5M RAL 7035	
<b>Dimensions and Weight</b>			
Length / Width / Height		mm	3631 / 1945 / 2304
Total weight		kg	17620
Weight of active part		kg	8960
Weight of oil		kg	4620
Volume of oil		L	5310
<b>Connection Terminals</b>			
High voltage (Type C, outdoor)		Plug-in Bushings 36kV 630A x 3	
Low voltage		Busbar Bushings 4000 A x 6	
<b>Accessories</b>			
Hermetic Protection Relay (DMCR+PT100)		Terminal Box	
Pressure Relief Device		Earthed Screen Between LV & HV (Accessible)	
Off - circuit tap changer			
Lifting lugs			
Oil filling & drain valves			

This document is the property of ELTAS A.Ş. And may not be used and copied without permission.

\* All weights and dimensions are given approximately.

\*\* Tolerance for the impedance are according to IEC 60076-1

**ELTAS TRANSFORMATÖR SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ**

Atatürk Organize Sanayi Bölgesi 10046 Sokak No.4 35620 B. Çiğli - İZMİR - TURKEY

Tel:+90(232)3981500(Pbx) Fax :+90(232)3767764 e-mail : info@eltas.com.tr http: www.eltas.com.tr

Figura 6-7: Hoja de datos - Transformadores de bloque 33/0,69/0,69 kV de 8,78 MVA [13]



ANEXO IV HOJA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR DE PODER MT/AT

En la Figura 6-8 se presenta una foto de la placa del transformador de poder MT/AT. A continuación de la misma, en la Figura 6-9, se presentan las pruebas FAT del mismo, donde se observan los valores de sus pérdidas en vacío y en carga. Dichos valores se indican en rojo en la Figura 6-9.

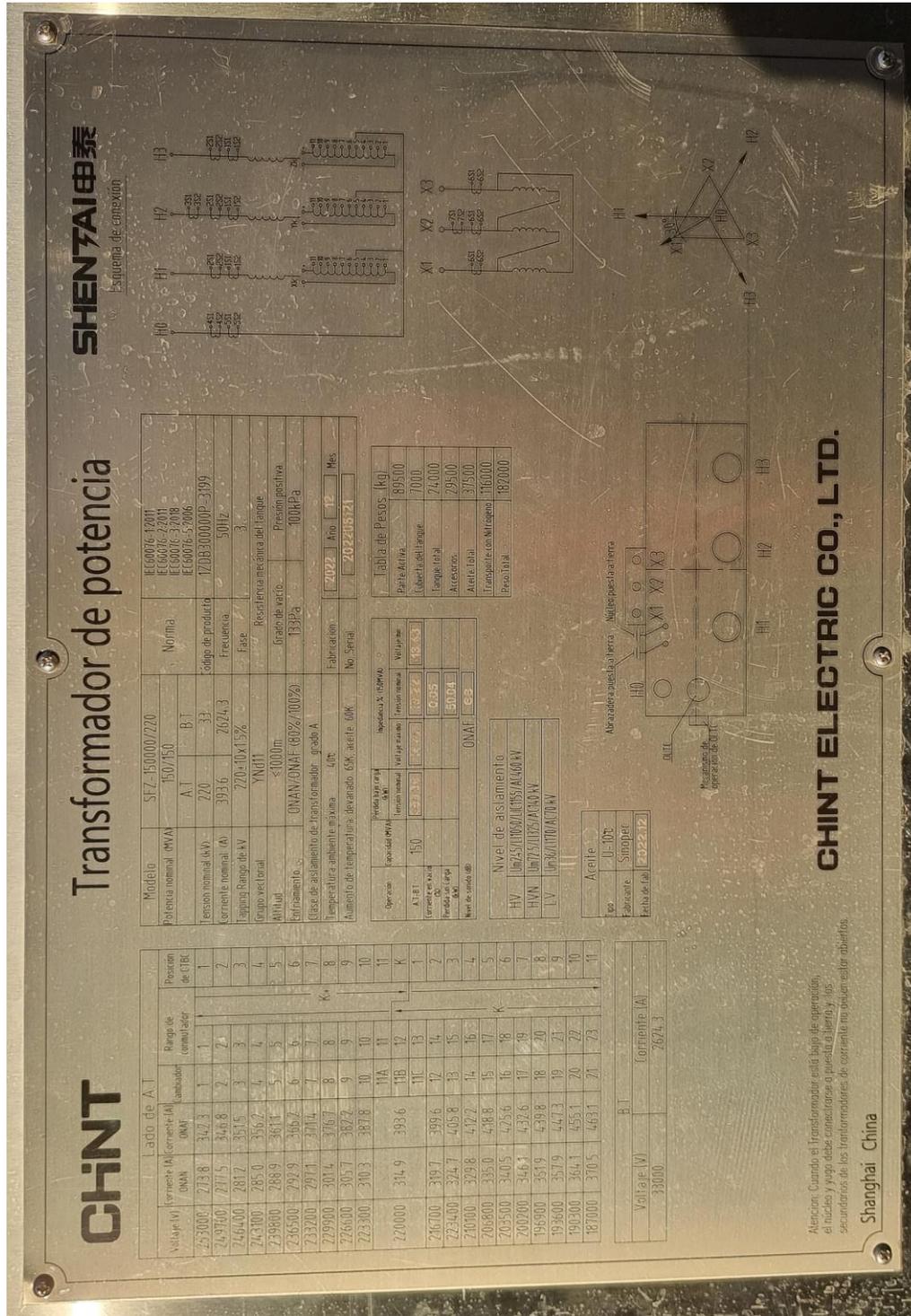
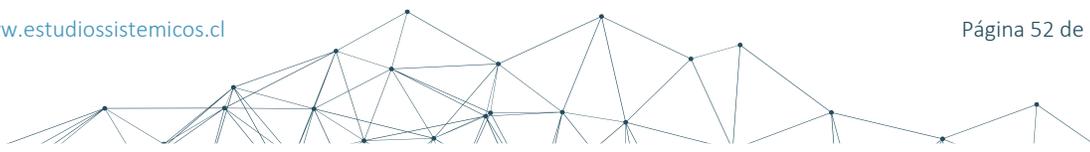


Figura 6-8: Fotografía de placa - Transformador de poder MT/AT



正泰电气股份有限公司变压器实验室 CHINT Electric Co., Ltd. Transformer Laboratory		产品型号 Product type	SFZ-150000/220	
		产品编号 Product No.	202206121	
		报告编号 Report No.	2022-BY-381	
检测项目及结果 Test items and results				
序号 No.	检测项目 Test item	标准值 (委托要求) Standard value (Commission required)	实测结果 Measured results	结论 Result
6	绕组对地和绕组间电容 测量(例行试验) Measurement of capacitance windings-to- earth and between windings (Routine test)	提供实测数据 Provide measured data	见第 17 页 See page 17	/
7*	套管电容量及介质损耗因数 ( $\tan \delta$ )测量(特殊试验) Measurement of capacitances and dissipation factor of bushings (Special test)	提供实测数据 Provide measured data	见第 17 页 See page 17	/
8	空载损耗和空载电流测量 (例行试验) Measurement of no-load loss and current(Routine test)	100%Ur	P <sub>0</sub> (kW): ≤51 50.04kW 见第 18 页 See page 18	符合要求 Meet the requirements
			I <sub>0</sub> (%): 0.12 0.05% 见第 18 页 See page 18	符合要求 Meet the requirements
		110%Ur	P <sub>0</sub> (kW) : 提供实测数据 Provide measured data 70.01kW 见第 18 页 See page 18	/
			I <sub>0</sub> (%): 提供实测数据 Provide measured data 0.11% 见第 18 页 See page 18	/
90%Ur	P <sub>0</sub> (kW) : 提供实测数据 Provide measured data 38.62kW 见第 18 页 See page 18	/		
	I <sub>0</sub> (%): 提供实测数据 Provide measured data 0.04% 见第 18 页 See page 18	/		
9	短路阻抗和负载损耗测量 (例行试验) Measurement of short-circuit impedance and load loss(Routine test)	负载损耗 Load loss P <sub>K65</sub> °(kW): ≤390 388.34kW	符合要求 Meet the requirements	
		短路阻抗 Impedance Z <sub>K65</sub> °(%): 13.0 (1±7.5%) 见第 19 页 See page 19		

Figura 6-9: Pruebas FAT - Transformador de poder MT/AT [14]





### ANEXO V HOJA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR DE SSAA DEL BESS

En este anexo se presenta la hoja de datos del transformador de servicios auxiliares del BESS Parque Eólico La Cabaña, la misma puede observarse en la Figura 6-10. Además, en Figura 6-11, puede observarse la foto de placa del mismo. Se indican en **rojo**, en ambas imágenes, los parámetros más relevantes del mismo.

B.6.2	Level	-	0.5g (ZPA)	Confirmed
<b>GENERAL CHARACTERISTICS</b>				
C.1	Nominal Power (ONAN)	kVA	800	800
C.2	Frequency	Hz	fifty	fifty
C.3	Phases	-	3	3
C.4	Guy	-	Immersed in oil, Hermetic	Immersed in oil, Hermetic
C.5	Coiled Connection	-	Dyn11	Dyn11
C.6	Wrapping material	-	Aluminium or Copper	Aluminium
C.7	Impedance	%	5	5
C.8	Features – Primary			
C.8.1	Nominal voltage	kV	33	33
C.8.2	Maximum Service Voltage	kV	36	36
C.8.3	Maximum Voltage, 50 Hz, 1 min., Dry	kV	70	70
C.8.4	Basic Impulse Voltage (BIL)	kV	170	170
C.8.5	Three-phase short circuit	kA	By Manufacturer	According to Catalog
C.9	Features – Secondary			
C.9.1	Nominal voltage	V	400	400
C.10	Losses			
C.10.1	No-load (at nominal voltage and frequency)	kW	By Manufacturer	1374
C.10.2	Under load (at nominal power, 75°C)	kW	By Manufacturer	7870
C.10.3	Total (at nominal power, 75°C)	kW	By Manufacturer	9044
C.11	Temperature Elevation			
C.11.1	from the oil	K	60	60
C.11.2	From the winding	K	65	65
C.12	Color	-	RAL 7035 or similar	RAL 7035
C14 It is necessary to incorporate characteristics of the type of oil				

Figura 6-10: Hoja de datos – Transformador de SSAA [15]

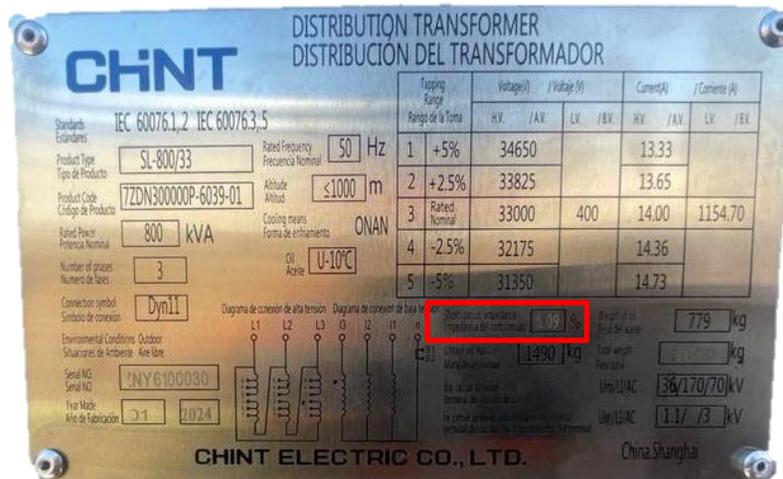


Figura 6-11: Fotografía de placa – Transformador de SSAA del BESS

La tabla presentada en la Figura 6-9 fue extraída del documento [15], el cual podrá encontrarse dentro del archivo “22095-INF-EGP-072-RA-ANEXO\_DOCUMENTOS\_BESS\_PE\_LCA”. Dicho archivo será enviado junto con el presente informe.



### ANEXO VI CONSUMOS DE SERVICIOS AUXILIARES

En la Figura 6-12 se presenta el consumo de los servicios auxiliares del BESS Parque Eólico La Cabaña. Dichos consumos se presentan para tres condiciones diferentes y están compuestos por los consumos de los módulos de baterías, inversores y el PMS.

#### Auxiliary Consumption

Max consumption? <input type="checkbox"/> No (yes = includes full power of maintenance receptacle and lights)					
Nominal Mode (normal charge and discharge)					
HVAC & Fans Duty <input type="checkbox"/> 100%					
Description	Equipment	Ea. Power (kW)	Number of Equipment	Total Avg. Power	Comment
IM20 HE	HVAC & Fans	14.398 kW	31	446.345 kW	AC, ~100% HVAC/Fans Duty
IM20 HE	FSS & BMS	0.571 kW	31	17.712 kW	Maint. outlet and lights not included
IM20 HE	Self Discharge & SMUs	0.320 kW	31	9.921 kW	DC bus
Power Electronics PCSK 4390k (MVPS) 50°C		8.200 kW	11	90.200 kW	PCS (and Converter)
PMS		4.000 kW	1	4.000 kW	
<b>TOTAL (Nominal Mode)</b>				<b>27.490 kW</b>	<b>568.2 kW</b>

Max consumption? <input type="checkbox"/> Yes (yes = includes full power of maintenance receptacle and lights)					
Nominal Mode (normal charge and discharge)					
HVAC & Fans Duty <input type="checkbox"/> 100%					
Description	Equipment	Ea. Power (kW)	Number of Equipment	Total Avg. Power	Comment
IM20 HE	HVAC & Fans	14.398 kW	31	446.345 kW	AC, ~100% HVAC/Fans Duty
IM20 HE	FSS & BMS	2.601 kW	31	80.642 kW	Maint. outlet and lights included
IM20 HE	Self Discharge & SMUs	0.320 kW	31	9.921 kW	DC bus
Power Electronics PCSK 4390k (MVPS) 50°C		8.200 kW	11	90.200 kW	PCS (and Converter)
PMS		4.000 kW	1	4.000 kW	
<b>TOTAL (Nominal Mode)</b>				<b>631.1 kW</b>	

Off State (Completely shut down)					
Description	Equipment	Ea. Power (kW)	Number of Equipment	Total Avg. Power	Comment
IM20 HE	HVAC, FSS, Etc	0.000 kW	31	0.000 kW	
IM20 HE	Sef Disch	0.320 kW	31	9.921 kW	
Power Electronics PCSK 4390k (MVPS) 50°C		0.000 kW	11	0.000 kW	
PMS		4.000 kW	1	4.000 kW	
<b>TOTAL</b>				<b>13.9 kW</b>	

BESS AUXILIARY LOAD/ESSENTIAL - 400 VAC Loads IHE LFP with HVAC 5kW Heater					
QTY	Equipment	Apparent power Per Unit S(kVA)	CB HVAC caliber	CB main caliber	Total Apparent power S (kVA)
31	Battery HVAC	16.33	32A	40A	506.23
31	Battery Electronics	4.42			137.02
11	PCS	10.60			116.60
1	PMS	0.049			0.049
<b>TOTAL (Site)- 31 container/11PCS/1PMS</b>					<b>759.90</b>
*Values calculated using highest site temperature (40C) condition and pf of 0.9					
*Total Apparent power battery HVAC for site = (31 Containers x 16.33 kVA)					
* Total Apparent power battery electronics for site = (31 Containers x 4.42 kVA)					
* Total Apparent power PCS (11 PCS x 10.60kVA)					

#### Summary:

The auxiliary power requirements of the Battery container, PCS, and PMS are all considered to be essential loads and must be maintained during grid outage and maintenance to keep the HVAC, FSS and PMS system operating. The total auxiliary power requirement for the complete BESS system considering highest site temperature of 40 degrees Celsius is ~760kVA. For normal operation at a temperature of about 35 degrees Celsius the required power is about 630kVA.

Figura 6-12: Consumo de los servicios auxiliares [16]





## ANEXO VII BANCO DE CONDENSADORES

En la Figura 6-13 se presenta la hoja de datos de los bancos de condensadores. El parque cuenta con 2 bancos de 12,5 MVAR, totalizando una potencia de 25 MVAR. Los parámetros principales de los mismo se recuadran en rojo en la siguiente figura.

 <b>Engineering &amp; Construction</b>				GRE CODE <b>GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.125.00</b>
				PAGE 4di/of9
<b>GUARANTEED DATA SHEETS CAPACITOR BANK</b>				
	DESCRIPTION	UNIT	SPECIFIED	OFFERED
C.4	Power frequency withstand voltage	kV rms	70	70
C.5	Lightning impulse voltage (BIL)	kV rms	170	170
C.6	Three-phase short circuit (at 36 kV)	kA/s	31.5 / 1	31.5 / 1
C.7	Total reactive power (at 33 kV)	MVAR	25	25
C.8	Number of stages	-	two	2
C.9	Reactive power per stage	MVAR	12.5	12.5
C.10	Setting	-	double star	double star
<b>D CAPACITORS</b>				
D.1	Unit Rated Power	-	By Manufacturer	563kvar
D.2	Unit Rated Voltage	-	By Manufacturer	9.9kV
D.3	Quantity (per stage)	-	By Manufacturer	24
D.4	Protection	-	internal fuse	internal fuse
D.5	Dielectric		polypropylene film	polypropylene film
D.6	liquid dielectric		Non-toxic and biodegradable (no PCB).	Non-toxic and biodegradable (no PCB).
D.7	Insulator		Porcelain	Porcelain
D.8	internal discharge device	Otherwise	Yes	Yes
D.9	discharge time	minutes	75V/10min	75V/10min
D.10	dielectric losses	W/kVAR	< 0.2	< 0.2
D.11	capacity tolerance	MVAR	-5 to 10%	-5 to 10%
D.12	Over Current Permanent	-	1.3 In	1.3 In
<b>D.12 Overvoltage in 24h</b>				
D.13.1	12h in 24h	-	1.1 A	1,1 Un
D.13.2	30m in 24h	-	1.15 A	1,15 Un
D.13.3	5m in 24h	-	1.20 A	1,20 Un
D.13.4	1m in 24h	-	1.30 A	1,30 Un
<b>AND COUPLING REACTANCE</b>				
E.1	Quantity (per stage)	-	3	3
E.2	Brand	-	By Manufacturer	• TBD
E.3	Model	-	By Manufacturer	CKDK-33kV-228A-0.15mH
E.4	short withstand current duration [kA/1s]	-	> 1.43	5.7
<b>F SWITCH FOR CAPACITIVE LOADS</b>				
F.1	Quantity (per stage)	each	1	1
F.2	Brand	-	By Manufacturer	TBD

Figura 6-13: Hoja de datos – Banco de condensadores [18]



### ANEXO VIII TRANSFORMADOR ZIGZAG

En la Figura 6-14 se presentan las características principales del transformador ZigZag del BESS Parque Eólico La Cabaña. Las mismas fueron extraídas del documento [17].

C	CARACTERÍSTICAS GENERALES			
C.1	Tensión Nominal de Servicio	kV	33	33
C.2	Tensión Máxima de Servicio	kV	36	36
C.3	Tensión Máxima, 50 Hz, 1 min., Seco	kV	70	70
C.4	Tensión de Impulso atmosférico (BIL)	kV	170	170
C.5	Fases	-	3	3
C.6	Frecuencia	Hz	50	50
C.7	Líquido aislante y refrigerante			
C.7.1	Tipo	-	Aceite mineral	Aceite Mineral
C.7.2	Método de Refinación	-	Misto (Nafténico y parafínico)	Naftenico
C.7.3	Densidad	-	Por Fabricante	0.84 g/cm3 (20°C)
C.7.4	Libre de DBDS	-	Sí	Si
C.7.5	Libre de azufres corrosivos	-	Sí	Si
C.7.6	No inhibido	-	Sí	Si
C.8	Conexión Enrollados	-	Zig Zag	ZN

		GRE CODE	GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.124.03	
		PAGE 4	di/of 7	
<b>HOJAS DE DATOS GARANTIZADOS TRANSFORMADOR ZIGZAG</b>				
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	OFRECIDO
C.9	Material de los enrollados	-	Aluminio o Cobre	Cobre
C.10	Corriente de cortocircuito a soportar 10s (3I <sub>0</sub> )	A	400	400
C.11	Potencia continua de neutro (Continua)	kVA	229	228.6
C.12	Potencia térmica de neutro (Temporaria)	kVA	7621	7621
C.13	Reactancia de secuencia cero (X <sub>0</sub> )	Ω/fase	140,8	143
C.14	Impedancia Máxima a 75°C	%	Por Fabricante	N.A.

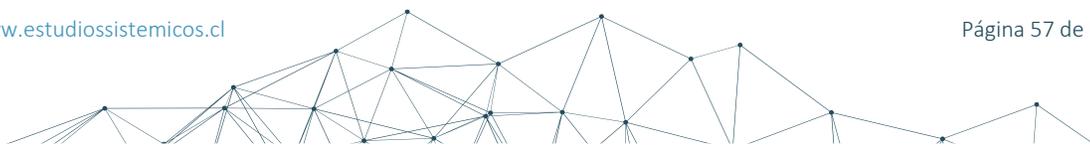
Figura 6-14: Características principales - Transformador ZigZag [17]





## 7. REFERENCIAS

- [1] Coordinador Eléctrico Nacional, Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.
- [2] CJR RENEWABLES, SISTEMA BESS DIAGRAMA UNILINEAL MT - GRE.EEC.D.99.CL.W.13763.60.014.03\_ao3-01, 2023.
- [3] CJR RENEWABLES, ESQUEMA UNILINEAL DE 33 kV - GRE.EEC.D.99.CL.W.13763.10.022.10 Esquema unilineal de Media Tension, 2023.
- [4] CJR RENEWABLES, DIAGRAMA UNILINEAL FUNCIONAL 220/33 kV - GRE.EEC.D.99.CL.W.13763.16.136.07-Funcional 33kV, 2023.
- [5] CJR RENEWABLES, DIAGRAMA UNILINEAL FUNCIONAL 220/33 kV - GRE.EEC.D.99.CL.W.13763.16.136.07-Funcional 220kV, 2023.
- [6] SAFT, Hoja de datos Baterías - Intensium\_Max\_20\_High\_Energy\_1500V\_LFP\_Technical\_Description.
- [7] ENEL GREEN POWER, Annex 3.1 - Technical Output Summary \_TOS\_LA\_Cabana\_13.04.2022, 2022.
- [8] POWER ELECTRONICS, TECHNICAL CHARACTERISTICS FREEMAQ PCSK 690V - GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.00.404.00-01 Electrical.
- [9] SAFT, PCS CABIN/BUILDING Aux System Data Sheet - GRE.EEC.D.99.CL.W.13763.00.402.01, 2023.
- [10] SAFT, INVERTER P-Q CURVE - GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.00.378.01, 2024.
- [11] ENEL GREEN POWER, MEDIUM VOLTAGE TRANSFORMER DATASHEET - GRE.EEC.D.99.CL.W.13763.00.XXX.00 MVT Datasheet 4390k MFM 20230720, 2023.
- [12] ENEL GREEN POWER, MEDIUM VOLTAGE TRANSFORMER DATASHEET - GRE.EEC.D.99.CL.W.13763.00.XXX.00 MVT Datasheet 6580k MFM 20230720, 2023.
- [13] ENEL GREEN POWER, MEDIUM VOLTAGE TRANSFORMER DATASHEET - GRE.EEC.D.99.CL.W.13763.00.XXX.00 MVT Datasheet 8780k MFM 20230720, 2023.
- [14] CHNT, Test report - ID3580 - Anexo 3 Ensayos FAT, 2022.
- [15] CHNT, Hoja de Datos del Transformador de servicios auxiliares - ID1571 - Anexo 2 Hoja de Datos.
- [16] ENEL GREEN POWER, Battery Cabin/Building Aux System data sheet - GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.00.400.03, 2023.
- [17] CJR RENEWABLES, CTG - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS TRANSFORMADOR ZIGZAG SUBESTACIÓN LA CABAÑA 220/33 kV - GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.124.03\_CTG\_ZigZag - CEA (Rev Final), 2022.





- [18] CJR RENEWABLES, CTG - GUARANTEED TECHNICAL CHARACTERISTICS CAPACITOR BANK LA CABAÑA SUBSTATION 220/33 KV - GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.125.00, 2022.
- [19] Estudios Sistemicos, INFORME DE MÍNIMO TÉCNICO (22095-INF-EGP-050-RD-MT\_PE\_La\_Cabaña), 2024.





## FIN DEL DOCUMENTO



ESTUDIOS  
SISTÉMICOS  
POR UN MUNDO MAS RENOVABLE

[www.estudiossistemicos.cl](http://www.estudiossistemicos.cl)

Email: [contacto@estudiossistemicos.cl](mailto:contacto@estudiossistemicos.cl)

Fono: +562 3307 6960

Móvil: +569 7898 7194

Oficina Central  
Padre Mariano Chaparro 3598, Macul,  
Santiago – Chile.

