



ESTUDIOS
SISTEMICOS
POR UN MUNDO MAS RENOVABLE

CLIENTE: ENEL GREEN POWER S.A.

INFORME DE MÍNIMO TÉCNICO (MT)

Proyecto: Parque Eólico La Cabaña

CÓDIGO: 22095-INF-EGP-050

REVISIÓN D

Fecha de emisión: 11.01.2024



www.estudiossistemicos.cl



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

Profesional	Correo	Departamento
Franco Leonel Musso	franco.musso@estudiossistemicos.cl	Departamento de Ensayos
Emiliano Chiapponi	emiliano.chiapponi@estudiossistemicos.cl	Departamento de Ensayos
Diego Millán Cartes	diego.millan@estudiossistemicos.cl	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	01.12.2023	ENC	FLM	DMC	Para presentar
B	05.12.2023	ENC	FLM	DMC	Correcciones solicitadas por el cliente
C	06.12.2023	ENC	FLM	DMC	Para presentar al CEN
D	11.01.2024	ENC	FLM	DMC	Contempla observaciones del CEN. Documento "COR-GO-DCO-MT- PE_La_Cabana_E1E2"

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

URL: www.estudiossistemicos.cl

Email: contacto@estudiossistemicos.cl

Fono: +562 3307 6960

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

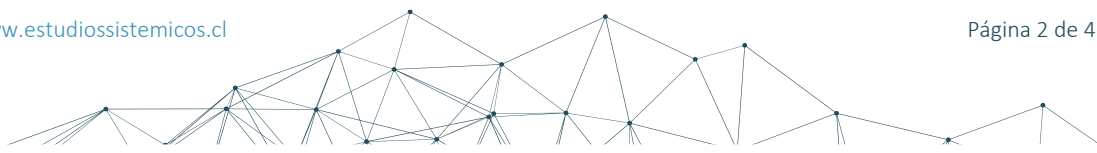
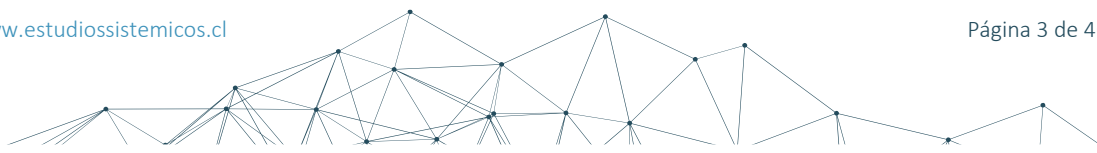




TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Abreviaturas y Definiciones	6
1.2 Nomenclatura.....	7
1.3 Listado de señales.....	8
1.4 Personal participante.....	8
1.5 Equipo utilizado	8
2. ASPECTOS NORMATIVOS	9
3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL	10
3.1 Diagrama unilineal simplificado (DUS).....	11
3.2 Aerogeneradores.....	12
3.3 Transformadores de bloque	13
3.4 Transformador principal.....	14
3.5 Transformador de servicios auxiliares (SSAA).....	14
3.6 Consumo de servicios auxiliares	15
3.7 Transformador ZigZag (NEC/NER).....	16
3.8 Banco de condensadores (BC).....	16
4. DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO	17
4.1 Introducción	17
4.2 MT con un único aerogenerador en servicio	18
4.2.1 Potencia bruta	19
4.2.2 Potencia SS.AA.....	19
4.2.3 Potencia neta.....	20
4.2.4 Pérdidas en la central	20
4.3 MT con todos los aerogeneradores en servicio	22
4.3.1 Potencia bruta	23
4.3.2 Potencia SS.AA.....	23
4.3.3 Potencia neta.....	24
4.3.4 Pérdidas en la central	24
4.3.5 Cálculo de los valores con todos los aerogeneradores.....	25
4.4 Desconexión automática de aerogeneradores.....	27
4.4.1 Potencia bruta	30
4.4.2 Potencia SS.AA.....	30
4.4.3 Potencia neta.....	31
4.4.4 Perdidas en la central	31
5. CONCLUSIONES	33
6. ANEXOS	34
7. REFERENCIAS	45





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Sistema equivalente del parque eólico.....	7
Figura 2-1: Configuración para MT con un único aerogenerador en servicio.....	9
Figura 2-2: Configuración para MT con todo el parque en servicio.....	9
Figura 3-1: Ubicación geográfica – P.E. La Cabaña.....	10
Figura 3-2: Esquema simplificado del Parque Eólico La Cabaña y su punto de conexión al SEN.....	11
Figura 3-3: Esquema simplificado de aerogenerador tipo IV – Full Converter [2].....	12
Figura 3-4: Curva de capacidad – Aerogenerador Goldwind GW155-4.8.....	13
Figura 4-1: Detalle de pérdidas en el Parque Eólico La Cabaña.....	18
Figura 4-2: Ensayo de MT con un único aerogenerador - WTG05.....	19
Figura 4-3: Estado del aerogenerador WTG03 durante el ensayo de mínimo técnico.....	22
Figura 4-4: Ensayo de MT con la totalidad del Parque Eólico La Cabaña en servicio – Potencia Neta.....	22
Figura 4-5: Ensayo de MT con la totalidad del Parque Eólico La Cabaña en servicio – Potencia Bruta.....	23
Figura 4-6: Desconexión automática de aerogeneradores – Potencia del parque y set point del PPC.....	28
Figura 4-7: Desconexión automática de aerogeneradores – Potencia de los aerogeneradores.....	28
Figura 4-8: Ensayo de MT consignando 0 MW en el PPC – Potencia Neta.....	29
Figura 4-9: Ensayo de MT consignando 0 MW en el PPC – Potencia Bruta.....	30
Figura 6-1 Hoja de datos GW155-4.8 Goldwind [2].....	34
Figura 6-2 Curva Potencia vs Viento – Goldwind GW155-4.8.....	34
Figura 6-3: Hoja de datos de los transformadores de bloque de los aerogeneradores GW155-4.8 [6].....	35
Figura 6-4 Fotografía de placa del transformador de poder MT/AT.....	36
Figura 6-5: Hoja 5 de 54 correspondiente a las pruebas FAT del transformador de poder MT/AT [7].....	37
Figura 6-6: Fotografía de placa del transformador de SSAA.....	38
Figura 6-7: Hoja 4 de 8 correspondiente la hoja de datos del transformador de SSAA [8].....	39
Figura 6-8: Hoja 4 de 10 del documento [4]. Resumen de cargas de servicios auxiliares esenciales y no esenciales.....	40
Figura 6-9: Hoja 5 de 10 del documento [4]. Resumen de cargas de servicios auxiliares esenciales y no esenciales.....	41
Figura 6-10: Hoja 6 de 10 del documento [4]. Resumen de cargas en corriente continua.....	42
Figura 6-11: Hoja 4 de 12 del documento [5]. Hoja de datos del banco de condensadores.....	43
Figura 6-12: Características principales del transformador ZigZag. Documento.....	44





INFORME DE MÍNIMO TÉCNICO (MT) PARQUE EÓLICO LA CABAÑA

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento detalla los resultados y el procedimiento de determinación del Mínimo Técnico (MT) del Parque Eólico La Cabaña, a partir de las pruebas llevadas a cabo en terreno y en función con lo establecido en el “Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” [1].

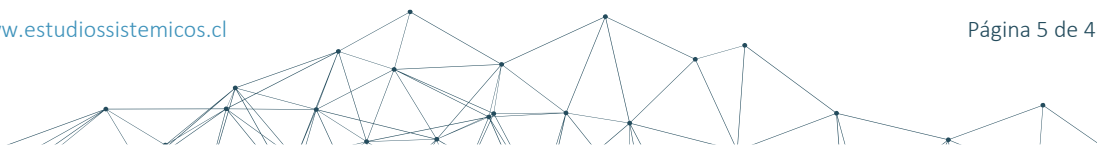
El proyecto Parque Eólico La Cabaña se encuentra localizado en la región de La Araucanía, al interior de la comuna de Angol, Chile. El mismo fue desarrollado en dos (2) etapas, la primera de ellas cuenta con diez (10) aerogeneradores, mientras que la segunda cuenta con doce (12) aerogeneradores. En conjunto el parque eólico tiene una totalidad de veintidós (22) aerogeneradores Goldwind GW155-4.8, totalizando una potencia instalada de **105.6 MW**.

Los resultados del presente informe se basan en ensayos realizados, sobre los aerogeneradores y el PPC del Parque Eólico La Cabaña, durante el día 10 de noviembre del 2023.

La red colectora de media tensión de parque cuenta con siete (7) circuitos colectores, los cuales operan en 33 kV. Dichos circuitos colectores confluyen en la subestación La Cabaña, donde su tensión se eleva mediante un transformador de 220/33 kV de 120/150 MVA (ONAN/ONAF). La potencia generada por el parque es transmitida por medio de la nueva línea 220kV La Cabaña – Renaico, para luego ser distribuida a la red de transmisión del sistema interconectado.

Además, el parque, cuenta con un transformador de 33/0.4 kV de 150 kVA (ONAN) para la alimentación de los servicios auxiliares. Sumado a esto, posee un transformador ZigZag para brindar referencia a tierra y un banco de capacitores de un total de 25 MVar (12.5 MVar + 12.5 MVar).

El parque cuenta con un control conjunto de planta (PPC), implementado por Goldwind, modelo VSG/VMP II. El mismo realiza la medición de las variables eléctricas necesarias para el control de potencia activa y reactiva en el punto de 220 kV (‘Point of interconnection’ – POI).





1.1 Abreviaturas y Definiciones

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

Tabla 1-1: Abreviaturas y descripciones generales

Abreviatura	Descripción
CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
MT	Mínimo Técnico
SI	Sistema Interconectado
AT	Alta Tensión – 220kV
MT	Media Tensión – 33kV
BT	Baja Tensión – 0.69kV
POI	Punto de Interconexión ('Point Of Interconnection')
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
PPC	Control Conjunto de Planta ('Power Plant Controller')
WTG	Wind Turbine Generator
SS.AA.	Servicios Auxiliares
P_{neta}	Potencia activa neta generada por el parque eólico en AT
P_{bruta}	Potencia activa bruta generada por la suma de todos los aerogeneradores en BT
$P_{tr.poder}$	Pérdidas del transformador de poder del parque
$P_{tr.bloque}$	Perdidas en los transformadores de bloque del parque
P_{SSAA}	Potencia activa consumida por los servicios auxiliares del parque
$P_{colector}$	Pérdidas en el sistema colector del parque
$P_{conductores}$	Perdidas en los conductores de la red colectora del parque

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 parque eólico. A partir del mismo, se pueden identificar y definir los elementos que se enumeran en la figura.

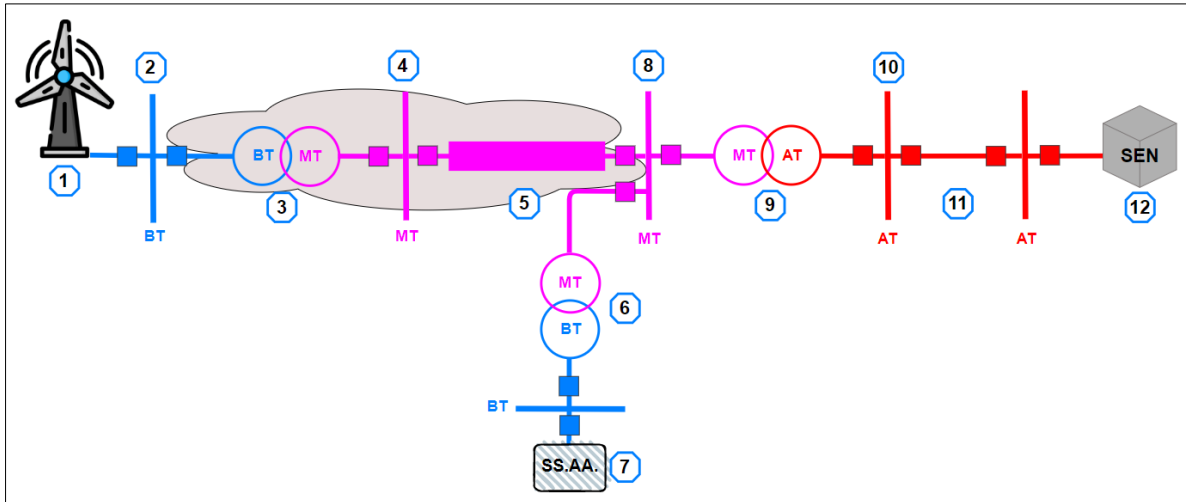


Figura 1-1: Sistema equivalente del parque eólico.

- 1- **Generador equivalente:** Representa la suma de los aportes de potencia activa de cada uno de los aerogeneradores que componen el parque. Para representar este valor utilizaremos el término P_{bruta} .
- 2- **Barra de baja tensión (BT):** Corresponde a la tensión nominal, en bornes, del aerogenerador equivalente del parque eólico. Representa los tramos de línea que conectan el aerogenerador equivalente con el transformador de bloque equivalente.
- 3- **Transformador de bloque equivalente:** Representa a la suma de todos los transformadores de bloques de los aerogeneradores que componen el parque.
- 4- **Barra de media tensión (MT):** Representa al nivel de baja tensión del transformador de poder del parque. 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 parque eólico. Esta es la encargada de transportar la potencia generada por el aerogenerador equivalente hasta el transformador de poder del parque.

Nota: Las pérdidas correspondientes a los elementos 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 parque, 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 parque eólico.
- 7- **Servicios auxiliares (SS.AA.):** Corresponde a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica y de los aerogeneradores. La suma total del consumo de estos servicios 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 del parque eólico a la red colectora del mismo.



- 9- **Transformador de poder:** Este transformador se encuentra en la subestación de salida del parque y es el encargado de elevar la tensión para poder conectar el parque al POI. 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 parque inyecta potencia al sistema. Para hacer referencia a la potencia inyectada por el parque en este punto se utilizará el termino P_{neta} .
- 11- **Línea dedicada de la central:** Línea de alta tensión que vincula el parque eólico con el sistema eléctrico.
- 12- **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**

1.3 Listado de señales

Tabla 1-2: Listado de señales

Variable	Descripción
PWTG	Potencia activa del aerogenerador – Medida en BT
PNETA	Potencia activa total generada por el parque en AT – Medida en el POI
PBRUTA	Sumatoria de la potencia activa generada por todos los aerogeneradores del parque – Medida en BT

1.4 Personal participante

Tabla 1-3: Personal participante en los ensayos

Personal	Fecha
Ing. Emiliano Chiapponi	10 de noviembre de 2023
Ing. Diego Millan Cartés	
Ing. Carlos Núñez Cortés	

1.5 Equipo utilizado

Tabla 1-4: Equipo utilizado en los ensayos

Marca	Modelo	Tasa de muestreo
ELSPEC	G4500 (BLACKBOX)	1 ms





2. ASPECTOS NORMATIVOS

El documento de “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, en parque eólicos, se realiza para las siguientes dos (2) condiciones:

- **Mínimo Técnico con un único aerogenerador en servicio:** Se determinará el valor de potencia activa bruta para el cual la potencia activa en el POI sea cero (0). Esta prueba es realizada con un único aerogenerador en servicio, pero con la totalidad del parque energizado. En la Figura 2-1 se muestra el escenario planteado.

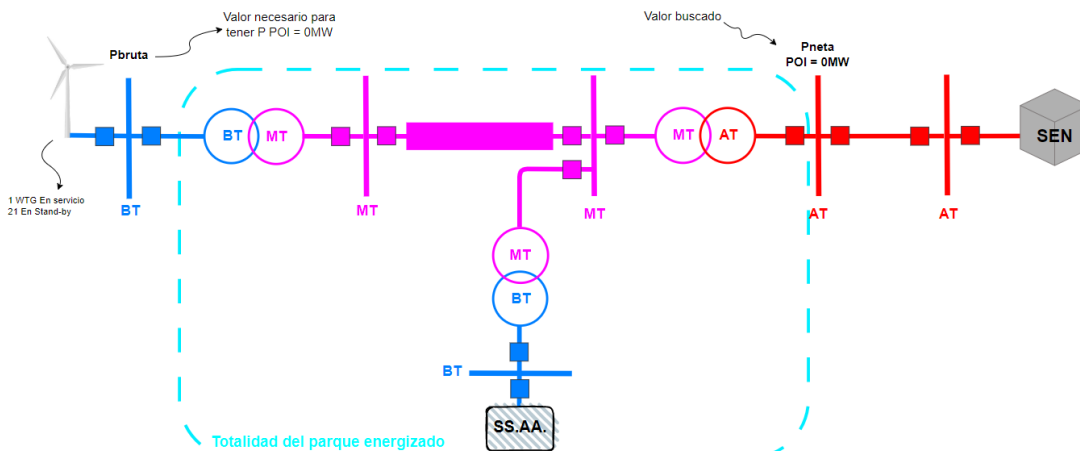


Figura 2-1: Configuración para MT con un único aerogenerador en servicio.

- **Mínimo Técnico con todo el parque en servicio:** Se determinará cual es el valor de potencia activa bruta mínima, del parque, para el cual todos los aerogeneradores pueden operar de forma estable. Una vez alcanzada esta condición se medirá la potencia activa neta en el POI. En la Figura 2-2 se muestra el escenario planteado.

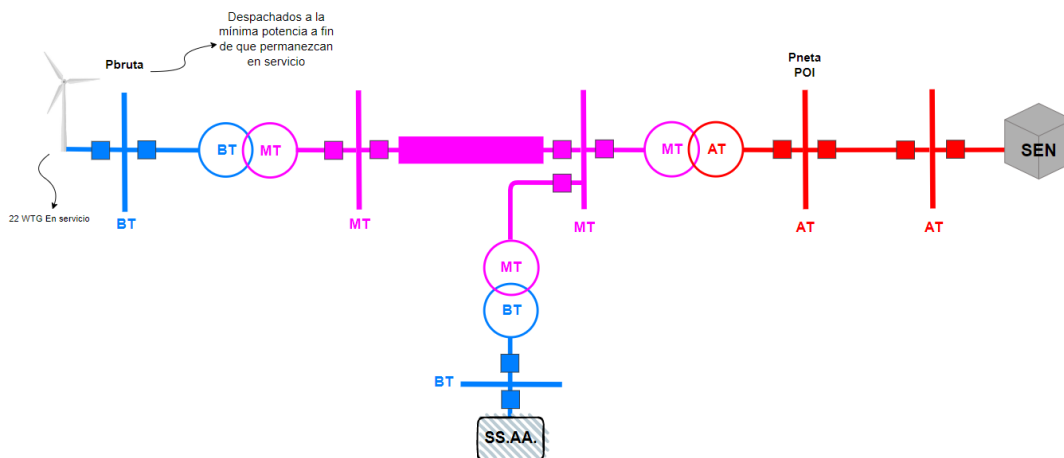


Figura 2-2: Configuración para MT con todo el parque en servicio.



3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

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

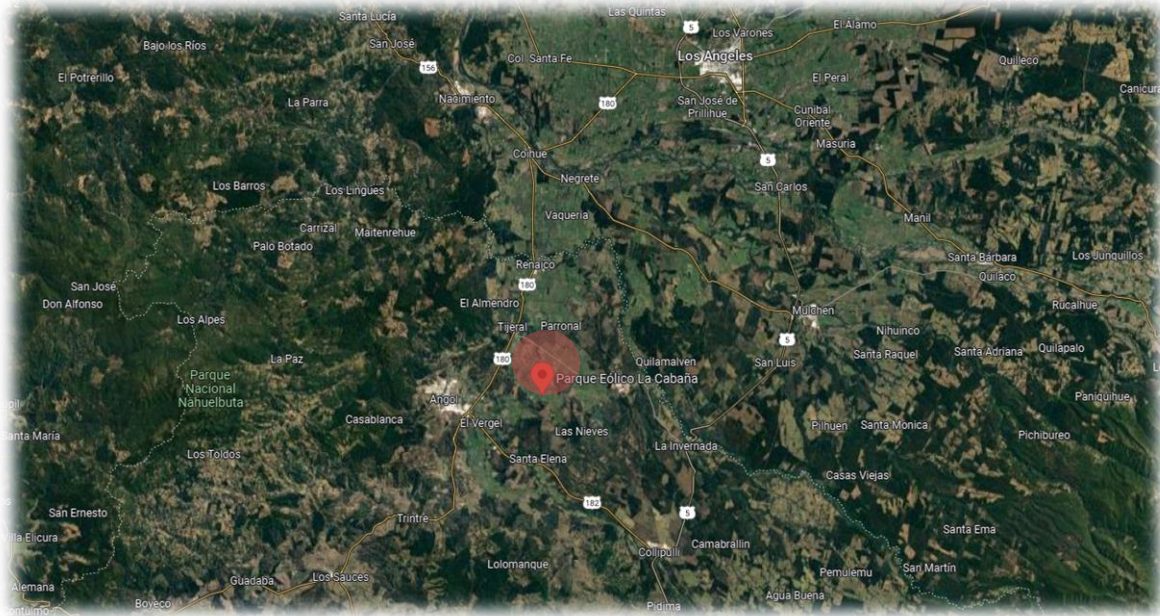


Figura 3-1: Ubicación geográfica – P.E. La Cabaña.

El mismo está constituido por veintidós (22) aerogeneradores Goldwind GW155-4.8 de 4.8 MW, totalizando una potencia instalada de **105.6 MW**. Estos aerogeneradores tienen una tensión nominal de salida de 0.69 kV (BT). Dicha tensión es elevada a través de los transformadores de bloque de 0.69/33 kV (BT/MT), de cada uno de los aerogeneradores, para transportar la potencia generada por los mismos hacia la subestación del parque.

La vinculación entre cada uno de los aerogeneradores y la subestación del parque se realiza a través de la red colectora, la cual cuenta con siete (7) circuitos colectores que operan en 33 kV (MT). La disposición de los aerogeneradores dentro de los mismos es la siguiente:

- **Circuito N°1:** WTG01, WTG02 y WTG03
- **Circuito N°2:** WTG04, WTG05 y WTG06B
- **Circuito N°3:** WTG06, WTG07, WTG08 y WTG21
- **Circuito N°4:** WTG09 y WTG10
- **Circuito N°5:** WTG11, WTG12 y WTG13
- **Circuito N°6:** WTG14, WTG15, WTG16 y WTG17
- **Circuito N°7:** WTG18, WTG19 y WTG20

El diagrama unifilar de la red colectora, con las especificaciones de las longitudes de cada uno de los circuitos, se presenta en el anexo “22095-INF-EGP-062-RA-ANEXO_DOCUMENTOS_PE_La_Cabaña”.



3.1 Diagrama unilineal simplificado (DUS)

En el ANEXO “22095-INF-EGP-062-RA-ANEXO_DOCUMENTOS_PE_La_Cabaña” se encuentran los diagramas unifilares correspondientes a 33 kV y 220 kV. En los mismos se puede observar la acometida de los siete circuitos colectores a la subestación La Cabaña.

Las pruebas de Mínimo Técnico, con un único aerogenerador en servicio, se realizaron utilizando el WTG05.

En la Figura 3-2 se muestra un esquema simplificado del Parque Eólico La Cabaña y el punto de conexión del mismo al SEN.

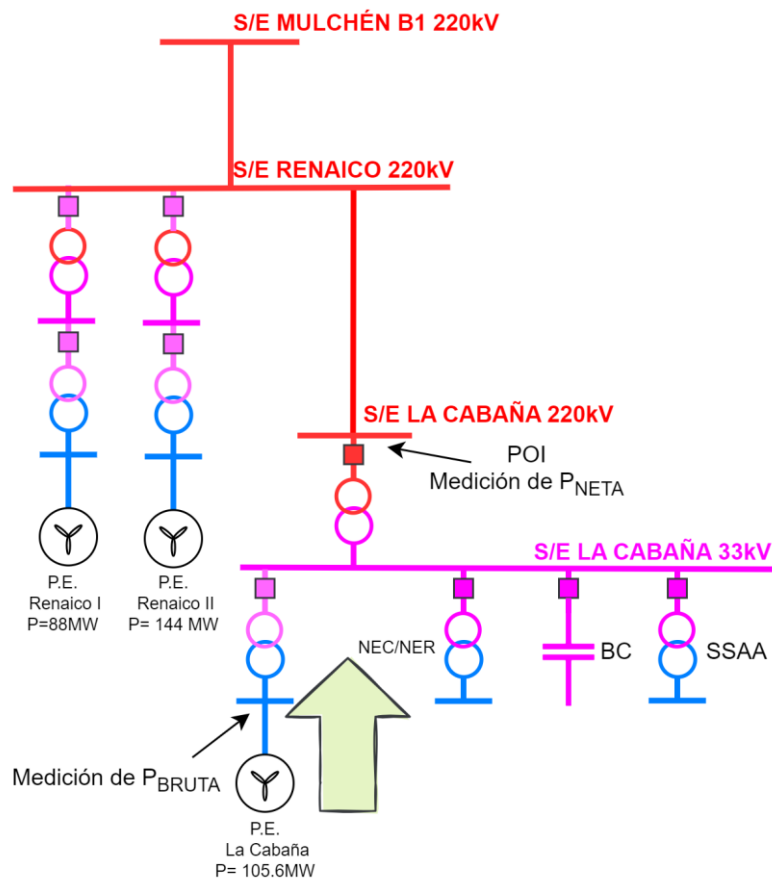


Figura 3-2: Esquema simplificado del Parque Eólico La Cabaña y su punto de conexión al SEN.



3.2 Aerogeneradores

El Parque Eólico La Cabaña está constituido por veintidós (22) aerogeneradores Goldwind, modelo GW155-4.8 de 4.8 MW de potencia nominal y 690 V de tensión nominal. Los mismos se encuentran distribuidos en siete circuitos colectores, los cuales fueron descritos previamente en este capítulo.

Los parámetros principales de los aerogeneradores se presentan en la Tabla 3-1, mientras que en el ANEXO I se adjunta la hoja de datos de los mismos.

Tabla 3-1: Parámetros principales de los aerogeneradores.

Parámetro	Valor	Unidad	
Potencia nominal	4800	kW	
Frecuencia	50	Hz	
Tensión fase-fase	0.69	kV	
Factor de potencia @ 1pu voltage, Pn	Default	-0.95 (ind) +0.95 (cap)	-
	Opcional	-0.9 (ind) +0.9 (cap)	-
Corriente de cortocircuito (Máxima)	4698	A	

Los aerogeneradores Goldwind son del tipo IV (Full converter), de imanes permanentes (PMSG - 'Permanent Magnet Synchronous Generator') y cuentan con dos convertidores back-to-back (AC/DC/AC) en paralelo, con una potencia de 2.47 MVA cada uno. Estos convertidores evacúan, hacia la red, toda la potencia que el aerogenerador produce y son los encargados de realizar el intercambio de corriente reactiva con la misma. En la Figura 3-3 se muestra un esquema simplificado de los aerogeneradores de tipo IV.

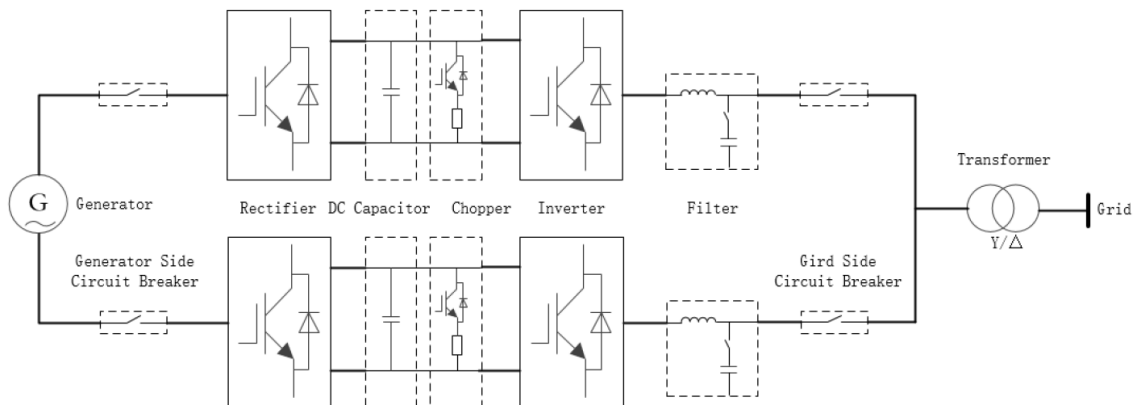


Figura 3-3: Esquema simplificado de aerogenerador tipo IV – Full Converter [2].

La curva de capacidad de estos aerogeneradores se presenta en la Figura 3-4.



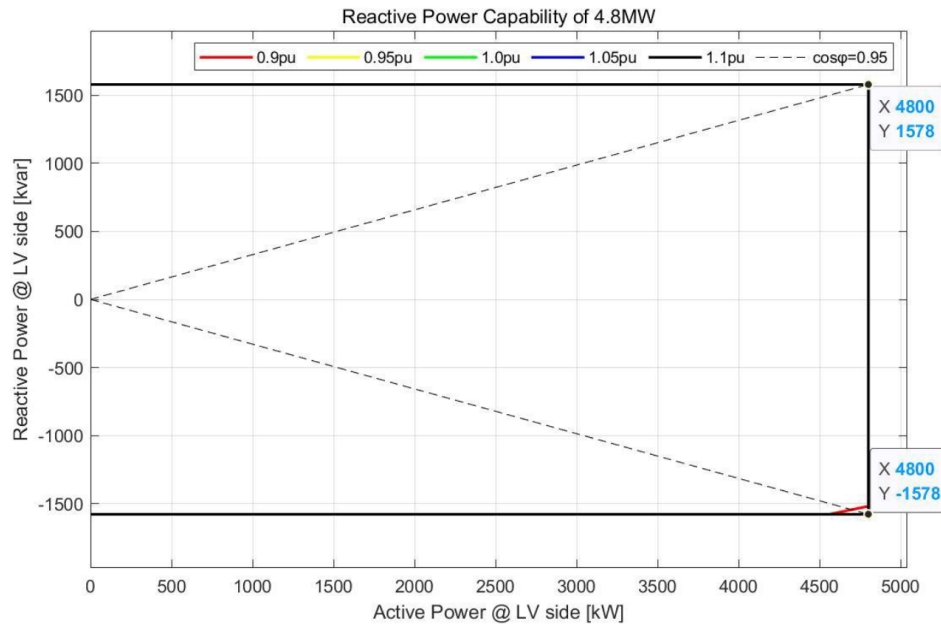


Figura 3-4: Curva de capacidad – Aerogenerador Goldwind GW155-4.8.

En la Tabla 3-2 se detallan los consumos propios de los aerogeneradores. La información provista en la misma fue extraída del documento [3], provisto por Goldwind.

Tabla 3-2: Consumo propio de los aerogeneradores - Goldwind GW155-4.8

Velocidad del viento [m/s]	Valor	Unidad
0 -> 2.5 (cut-in)	10.5	kW
11.1 (Nominal) -> 24 (cut-out)	41	kW

3.3 Transformadores de bloque

El Parque Eólico La Cabaña cuenta con veintidós (22) transformadores de bloque, cada uno de ellos evacua la potencia generada por su respectivo aerogenerador. La potencia aparente nominal de los mismos es de 5.1 MVA. Los mismos se encargan de elevar la tensión de salida de los aerogeneradores de 0.69 a 33 kV (BT/MT). Cuentan con un cambiador de tap que no puede ser operado bajo carga.

En la Tabla 3-3 se presentan los parámetros principales de los transformadores de bloque, mientras que en el ANEXO II se presenta la hoja de datos de los mismos.

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

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal	5100	kVA
Frecuencia	50	Hz
Tensión lado de BT	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	8	%
Impedancia de Sec Cero (1)	6.8	%





Parámetro	Valor	Unidad
Grupo de conexión	Dyn11	-
Pérdidas en vacío	7.14	kW
Pérdidas en carga	35.8	kW

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

3.4 Transformador principal

El Parque Eólico La Cabaña inyecta la potencia al sistema de transmisión por medio de un transformador 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 3-4 se presentan los parámetros principales del transformador principal, mientras que en el ANEXO III se presenta una foto de placa del mismo y las pérdidas registradas durante sus pruebas FAT.

Tabla 3-4: Características principales del transformador principal

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal (ONAN/ONAF)	120/150	MVA
Frecuencia	50	Hz
Tensión lado de MT	33	kV
Tensión lado de AT	220	kV
Posiciones de TAP (lado 220kV)	±10 x 1.5	%
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

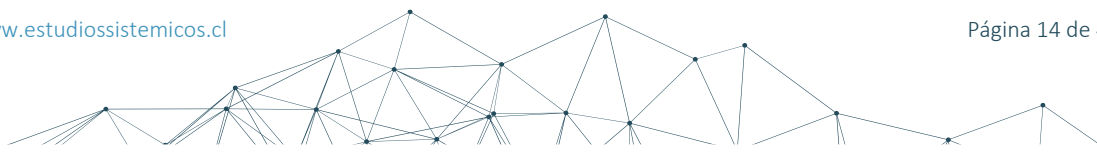
3.5 Transformador de servicios auxiliares (SSAA)

El Parque Eólico La Cabaña cuenta con un (1) transformador de servicios auxiliares (SSAA) de 33/0.4 kV de capacidad 150 kVA. El mismo puede observarse en la Figura 3-2.

En Tabla 3-5 se resumen los parámetros principales del transformador de servicios auxiliares, mientras que en el ANEXO IV se puede observar la foto de placa del mismo junto con su hoja de datos, donde se detallan sus pérdidas.

Tabla 3-5: Parámetros principales del transformador de servicios auxiliares (SSAA).

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal (ONAN)	150	kVA
Frecuencia	50	Hz
Tensión lado de BT	0.4	kV
Tensión lado de MT	33	kV





Parámetro	Valor	Unidad
Posiciones de TAP (lado 33kV)	$\pm 2 \times 2.5$	%
Tipo de cambiador de tap	Vacío	-
Impedancia de sec. Positiva (base 150MVA)	4.24	%
Impedancia de Sec Cero (base 150MVA) (2)	3.60	%
Grupo de conexión	Dyn11	-
Pérdidas en vacío	0.6	kW
Pérdidas en carga	2.9	kW

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

3.6 Consumo de servicios auxiliares

En el documento “GRE.EEC.C.99.CL.W.13763.16.096.01” [4] se presenta la estimación de cargas de servicios auxiliares CA y CC de la subestación La Cabaña 220/33 kV. La información contenida en el mismo se presenta en el ANEXO V. A partir de dicha información se elabora la Tabla 3-6 y Tabla 3-7. En estas se resumen los consumos de servicios auxiliares en CA y CC.

Tabla 3-6: Consumo de servicios auxiliares CA [4].

Parámetro	Valor	Unidad
Cargas no esenciales	30218	W
Cargas esenciales	50834	W
Cargas críticas	1200	W

Tabla 3-7: Consumo de servicios auxiliares CC [4].

Parámetro	Valor	Unidad
Cargas permanentes	5020	W
Cargas momentáneas	4200	W

Para el cálculo del consumo de los servicios auxiliares se tienen en cuenta: los consumos de servicios auxiliares CA y CC, las pérdidas del transformador de servicios auxiliares. Es decir:

$$P_{SSAA} = P_{SSAA.CA} + P_{SSAA.CC} + P_{tr.SSAA}$$

En el caso de los consumos de servicios auxiliares CA, presentados en la Tabla 3-6, se consideran únicamente las cargas esenciales y críticas. Esto implica que:

$$P_{SSAA.CA} = 50.834 \text{ kW} + 1.2 \text{ kW} = 52.034 \text{ kW}$$

En el caso de los consumos de servicios auxiliares CC, presentados en la Tabla 3-7, se consideran únicamente las cargas permanentes.

$$P_{SSAA.CC} = 5.02 \text{ kW}$$

Las pérdidas del transformador de servicios auxiliares fueron detalladas en la Tabla 3-5. Se consideran para el cálculo tanto las pérdidas en vacío como en carga.

$$P_{tr.SSAA} = 0.6 \text{ kW} + 2.9 \text{ kW} = 3.5 \text{ kW}$$

Finalmente, reemplazando, se obtiene que el consumo de los servicios auxiliares es de:

$$P_{SSAA} = P_{SSAA.CA} + P_{SSAA.CC} + P_{tr.SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 52.034 \text{ kW} + 5.02 \text{ kW} + 3.5 \text{ kW} = \mathbf{60.554 \text{ kW}}$$





3.7 Transformador ZigZag (NEC/NER)

El 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 400A. El mismo puede observarse en la Figura 3-2.

En la Tabla 3-8 se resumen los parámetros principales del transformador ZigZag, mientras que en el ANEXO VII se presenta un extracto del documento que contiene sus características técnicas garantizadas.

Tabla 3-8: Características principales del transformador ZigZag (NEC/NER)

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

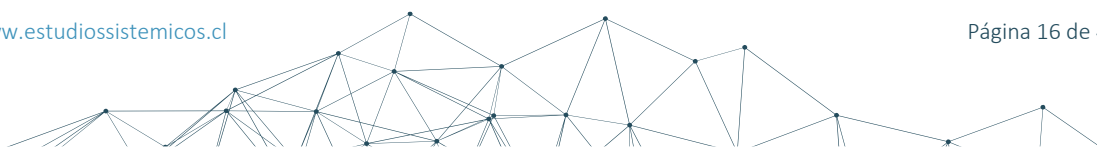
3.8 Banco de condensadores (BC)

El Parque Eólico La Cabaña cuenta con dos (2) bancos de condensadores (BC), que contribuyen a la inyección de potencia reactiva en el circuito de media tensión 33 kV. La capacidad nominal de estos equipos es de 12.5 MVar. Los mismos pueden observarse en la Figura 3-2.

En la Tabla 3-9 se resumen los parámetros principales de los bancos de condensadores, mientras que en el ANEXO VI se presenta la hoja de datos de los mismos.

Tabla 3-9: Parámetros principales de los bancos de condensadores [5]

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal	12.5	MVar
Frecuencia	50	Hz
Tensión nominal	33	kV





4. DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO

4.1 Introducción

En esta sección se realizará la determinación del Mínimo Técnico del Parque Eólico La Cabaña. Como se mencionó en el capítulo 2, en el caso de los parques eólicos, este valor se determina para dos condiciones de operación diferentes del parque.

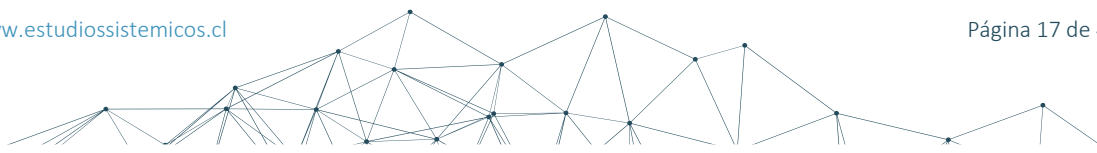
La determinación del MT para la primera condición de operación, con único aerogenerador en servicio, será presentada en la sección 4.2. Los ensayos utilizados para obtener el mínimo técnico en esta condición, fueron realizados únicamente con el aerogenerador WTG05 en servicio. Dichos ensayos también serán presentados en la sección 4.2.

La segunda condición de operación requiere que todos los aerogeneradores del parque se encuentren en servicio. La determinación del MT, junto con los ensayos correspondientes a esta condición de operación, serán presentados en la sección 4.3.

En ambos casos, durante el proceso de determinación del MT, se buscará hallar los siguientes valores:

- 1) **Potencia bruta (P_{bruta}):** Corresponde a la sumatoria de la potencia activa generada por los aerogeneradores en BT (0.69 kV). Al calcular el MT con un único aerogenerador en servicio, este valor corresponderá a la potencia generada por el aerogenerador WTG05. Mientras que, al determinar el MT con todos los aerogeneradores en servicio, este valor corresponderá a la potencia generada por los veintidós (22) aerogeneradores que componen el Parque Eólico La Cabaña.
- 2) **Potencia de SS.AA. (P_{SSAA}):** Corresponde a la suma del consumo propio de los aerogeneradores que se encontraban en servicio durante las pruebas y al consumo de los servicios auxiliares de la central. Los consumos propios de los aerogeneradores fueron detallados en la sección 3.2. Mientras que el consumo de los servicios auxiliares de la central fue calculado en la sección 3.5.
- 3) **Pérdidas en la central ($P_{central}$):** Corresponde a la suma de las pérdidas en carga del transformador principal, las pérdidas de la red colectora de MT y las pérdidas en carga de los transformadores de bloque de los aerogeneradores. Las pérdidas en carga pueden observarse en las secciones 3.3 y 3.4, para los transformadores de bloque y el transformador principal, respectivamente. Este término es equivalente a la suma de $P_{colector}$ (definida en la sección 1.2) y a las pérdidas en carga del transformador principal ($P_{tr.poder}$).
- 4) **Potencia neta (P_{neta}):** Corresponde a la potencia inyectada por el parque en el POI, es decir, en el lado de 220kV del transformador principal del Parque Eólico La Cabaña.

La Figura 4-1 detalla las pérdidas y las potencias en cada uno de los puntos del Parque Eólico La Cabaña.



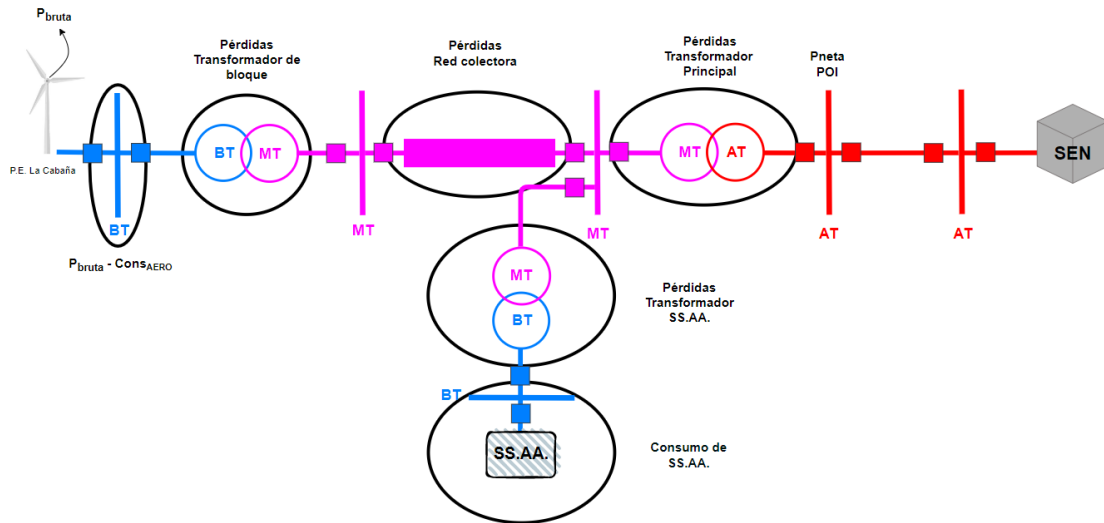


Figura 4-1: Detalle de pérdidas en el Parque Eólico La Cabaña

4.2 MT con un único aerogenerador en servicio

Para la determinación del MT, con un único aerogenerador en servicio, se da orden de detención a todos los aerogeneradores del parque, con la excepción del WTG05. Quedando así, 21 de los 22 aerogeneradores del parque en condición de “stand-by”. Durante la realización de la prueba todos los circuitos colectores del parque, junto con sus servicios auxiliares, se encontraban energizados. La prueba fue realizada el día 10 de noviembre del 2023.

Durante la prueba se despachó al aerogenerador WTG05 con una consigna de potencia activa de 494 kW, ya que para este valor se lograba una potencia activa neta en el POI de 0 kW. En la Figura 4-2 se presentan los resultados de dicha prueba. En la gráfica superior, en color azul, se puede observar la potencia neta en el POI. En la gráfica inferior, también en color azul, se puede observar la potencia bruta, en BT, del aerogenerador WTG05.

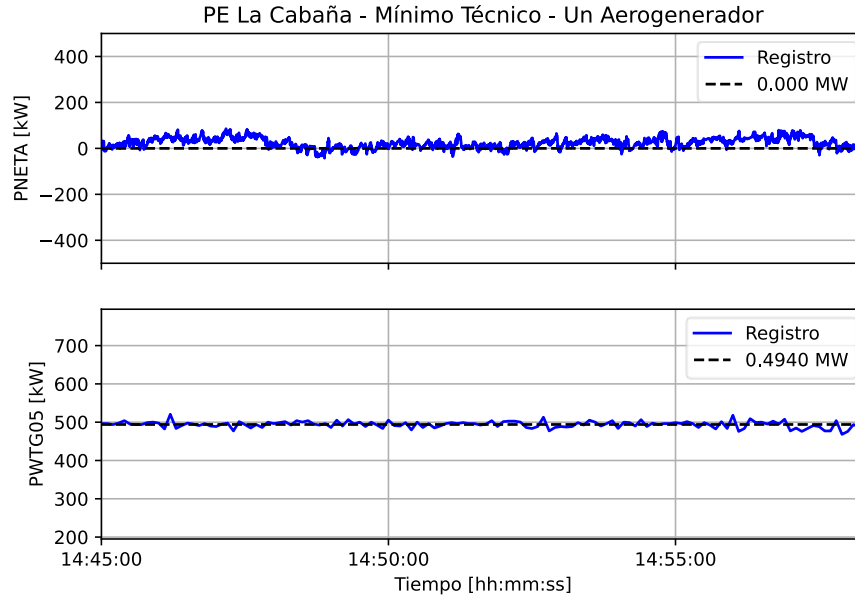


Figura 4-2: Ensayo de MT con un único aerogenerador - WTG05

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.

4.2.1 Potencia bruta

La potencia bruta corresponde a la sumatoria de la potencia generada por los aerogeneradores en BT (0.69 kV). Durante el ensayo presentado solo el aerogenerador WTG05 se encontraba despachado, debido a esto, la potencia bruta corresponde únicamente a la potencia generada por el mismo. En la Figura 4-2 se observa la medición de la potencia generada (P^{ens}), en BT, por el aerogenerador WTG05. El valor medio de la misma, durante el ensayo, es de 0.4940 MW. Esta medición contempla los consumos propios del aerogenerador, debido a esto, para obtener la verdadera potencia bruta se deben sumar los consumos propios del aerogenerador a la medición presentada en la Figura 4-2.

Los consumos propios de los aerogeneradores fueron presentados en la sección 3.2 y se estiman en 41 kW, por lo tanto, la potencia bruta se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$P_{bruta} = P^{ens} + (Consumo_{aero}^{carga} \times N^{\circ} \text{ Aeros})$$

$$P_{bruta} = 0.4940 \text{ MW} + (41 \text{ kW} \times 1)$$

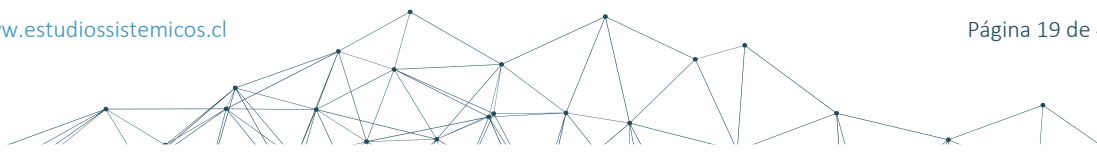
$$P_{bruta} = 0.5350 \text{ MW}$$

4.2.2 Potencia SS.AA.

La potencia de los servicios auxiliares fue calculada en la sección 3.6. El valor obtenido fue el siguiente:

$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW}$$

A este valor se le debe sumar el consumo propio de los aerogeneradores. Durante el ensayo realizado 21 aerogeneradores se encontraban en condición de “stand-by”, mientras que el WTG05 se encontraba despachado. Esto quiere decir que, 21 aerogeneradores se encontraban consumiendo





10.5 kW, mientras que WTG05 se encontraba consumiendo 41 kW. Dichos valores de consumo pueden observarse en la Tabla 3-2. A partir de esto se recalculan los consumos de servicios auxiliares de la siguiente manera:

$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW} + (\text{Consumo}_{aero}^{carga} \times N^{\circ} \text{Aeros}^{carga}) + (\text{Consumo}_{aero}^{standBy} \times N^{\circ} \text{Aeros}^{standBy})$$

$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW} + (41 \text{ kW} \times 1) + (10.5 \text{ kW} \times 21)$$

$$P_{SSAA} = 322.054 \text{ kW}$$

4.2.3 Potencia neta

La potencia neta, como se mencionó en la sección 4.1, corresponde a la potencia activa inyectada en el lado de 220 kV del transformador principal. Para el ensayo de MT, con un único aerogenerador, presentado en la Figura 4-2, la potencia activa en el POI es de 0.0000 MW. Con lo cual:

$$P_{neta} = 0.0000 \text{ MW}$$

4.2.4 Pérdidas en la central

Las pérdidas de la central corresponden a las pérdidas de la red colectora de media tensión sumadas a las pérdidas del transformador principal y a las pérdidas de los transformadores de bloque. En función del ensayo de mínimo técnico, para un único aerogenerador, es posible calcular las pérdidas de la central de la siguiente forma:

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

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

$$P_{central} = 0.5350 \text{ MW} - 0.0000 \text{ MW} - 322.054 \text{ kW} = 212.946 \text{ kW}$$

Como se mencionó previamente, las pérdidas de la central están compuestas por:

- 1) Pérdidas en la red colectora ($P_{colector}$)
- 2) Pérdidas en carga del transformador principal ($P_{tr.poder}$)

Las pérdidas del transformador principal fueron detalladas en la Tabla 3-4. Cabe destacarse que las pérdidas allí mencionadas están referidas a la potencia nominal del transformador, por lo que, para poder ser utilizadas en los cálculos de MT, deben ser calculadas para la condición particular del ensayo. Para realizar este cálculo se considera que las pérdidas del transformador principal están compuestas por:

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

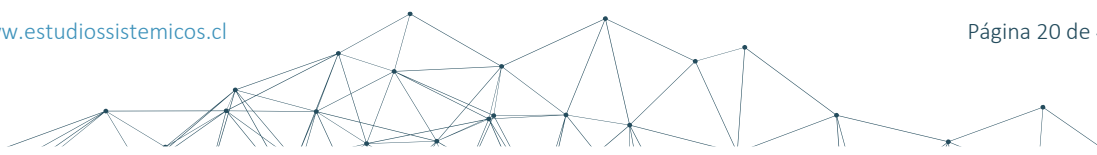
La potencia nominal del transformador de poder es de 150 MVA (ONAF), mientras que la potencia bruta durante la prueba es de 0.4940 MW. Con lo cual, el nivel de carga del transformador es inferior al 1% durante el ensayo. Teniendo esto en cuenta se pueden aproximar las pérdidas del transformador, en carga, ($P_{tr.poder}^{carga}$) a 0 kW. Esto se debe a que el nivel de carga del mismo es menor al 1%. Reemplazando dicho valor en la ecuación presentada previamente, se obtiene que:

$$P_{tr.poder} = 50.04 \text{ kW} + 0 \text{ kW} = 50.04 \text{ kW}$$

Entonces, las pérdidas de la red colectora pueden calcularse de la siguiente manera:

$$P_{colector} = P_{central} - P_{tr.poder}$$

$$P_{colector} = 212.946 \text{ kW} - 50.04 \text{ kW} = 162.906 \text{ kW}$$





Las pérdidas en el colector están compuestas por las pérdidas en los conductores de la red colectora y en los transformadores de bloque. Esto quiere decir que:

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

En las condiciones del ensayo 21 transformadores de bloque se encontraban en vacío, mientras que el transformador de bloque del aerogenerador WTG05 se encontraba en carga. Las pérdidas de los transformadores de bloque, en vacío, se pueden obtener de la Tabla 3-3. Mientras que las pérdidas en carga, para las condiciones del ensayo, pueden calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{tr.bloque-carga}^{ens} = P_{tr.bloque-carga}^{placa} \times \left(\frac{P^{ens}}{S_{tr.bloque}^{placa}} \right)^2$$

$$P_{tr.bloque-carga}^{ens} = 35.8 \text{ kW} \times \left(\frac{0.4940 \text{ MW}}{5.1 \text{ MVA}} \right)^2 = 0.34 \text{ kW}$$

Entonces, se pueden obtener las pérdidas de los transformadores de bloque, en las condiciones del ensayo, reemplazando los valores obtenidos, en la siguiente ecuación:

$$P_{tr.bloque} = (P_{tr.bloque-vacio} \times 22) + (P_{tr.bloque-carga}^{ens} \times 1)$$

$$P_{tr.bloque} = (7.14 \text{ kW} \times 22) + (0.34 \text{ kW} \times 1) = 157.42 \text{ kW}$$

A partir de este valor se pueden calcular las pérdidas en los conductores, reemplazando los valores obtenidos en la siguiente ecuación:

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

$$P_{conductores} = 162.906 \text{ kW} - 157.42 \text{ kW} = 5.486 \text{ kW}$$





4.3 MT con todos los aerogeneradores en servicio

Para la determinación del MT, con todos los aerogeneradores en servicio, se despacha el parque con la mínima consigna de potencia activa que permita la operación estable de todos los aerogeneradores, sin que ninguno de ellos salga de servicio. El ensayo correspondiente fue realizado el día 10 de noviembre del 2023. Durante la realización del ensayo se mantuvo energizado el parque en su totalidad, es decir, los veintidós (22) aerogeneradores junto con los servicios auxiliares.

Es importante destacar que, durante la realización de la prueba, el aerogenerador WTG03 se encontraba detenido debido a tareas de mantenimiento. Esto quiere decir que tanto el aerogenerador WTG03 como su respectivo transformador de bloque se encontraban energizados, pero el aerogenerador no se encontraba despachado. El estado del aerogenerador WTG03 durante la prueba, puede observarse en la siguiente imagen.



Figura 4-3: Estado del aerogenerador WTG03 durante el ensayo de mínimo técnico

En la Figura 4-4 se presentan los resultados del ensayo de MT, con todos los aerogeneradores en servicio (excepto WTG03), del Parque Eólico La Cabaña. En color azul, se grafica la potencia neta inyectada en el lado de AT (220 kV) del transformador principal. El promedio de potencia activa neta inyectada, durante el periodo del ensayo, fue de **9.0950 MW**. Este valor se grafica utilizando una línea a trazos de color negro.

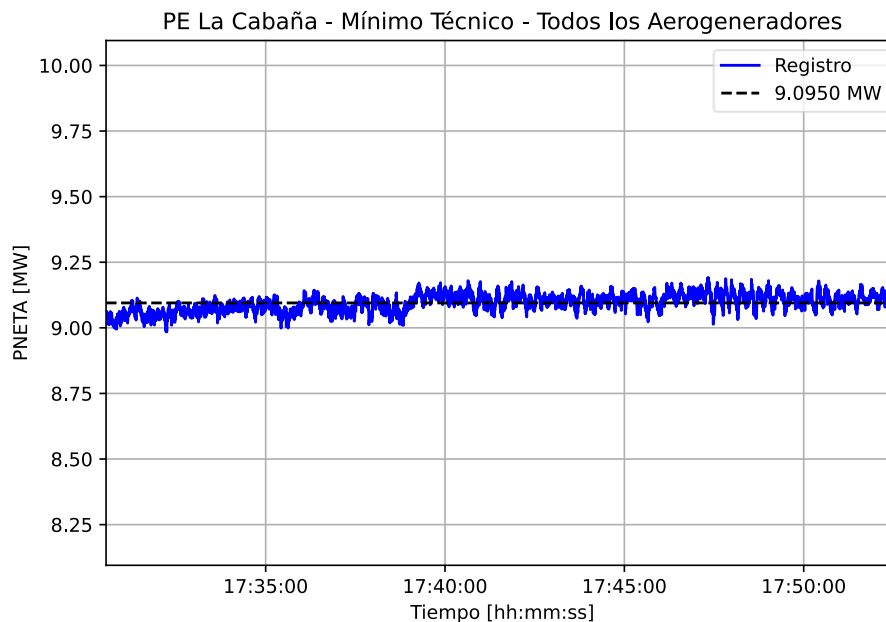
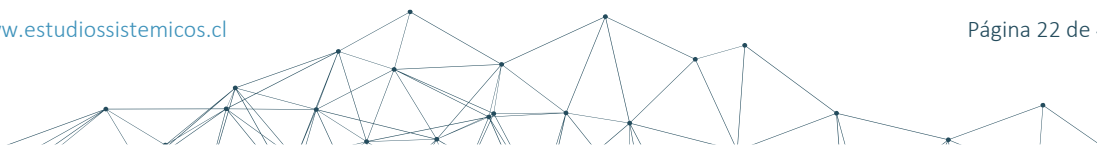


Figura 4-4: Ensayo de MT con la totalidad del Parque Eólico La Cabaña en servicio – Potencia Neta

A continuación, en las siguientes secciones, se desglosa el detalle del cálculo de los términos presentados en la sección 4.1, para los valores obtenidos durante el ensayo.





4.3.1 Potencia bruta

Para la obtención de la potencia bruta se utiliza la información registrada por los sistemas de planta, durante la realización del ensayo. En la siguiente figura se presenta la sumatoria de la potencia bruta de todos los aerogeneradores del Parque Eólico La Cabaña, durante el ensayo de mínimo técnico. El promedio de la sumatoria de potencia activa inyectada por los aerogeneradores, durante el periodo del ensayo, fue de **9.3953 MW**. Este valor se grafica utilizando una línea a trazos de color negro.

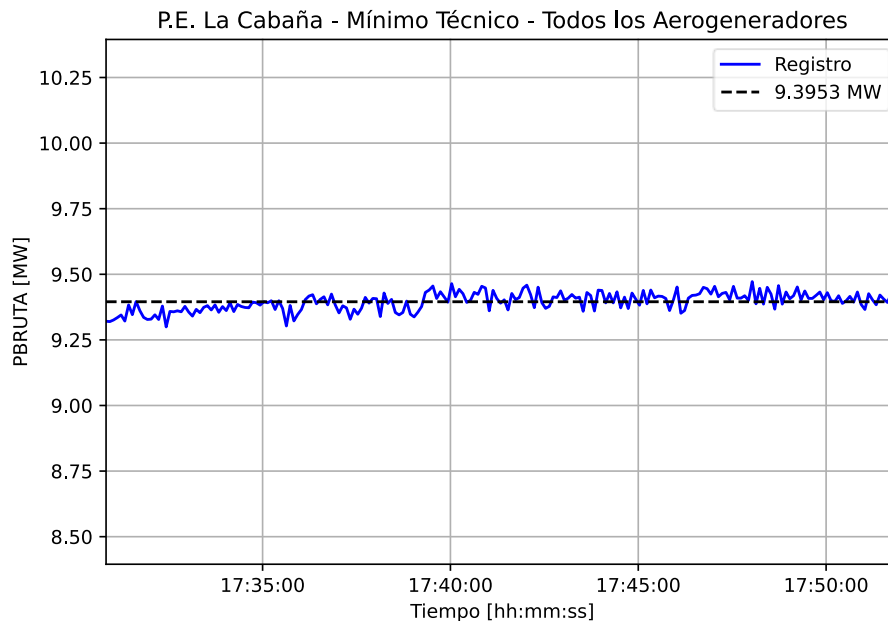


Figura 4-5: Ensayo de MT con la totalidad del Parque Eólico La Cabaña en servicio – Potencia Bruta

Para el cálculo de la potencia bruta se deberá sumar, a la potencia registrada, el consumo propio de los aerogeneradores en carga. Dicho consumo es de 41 kW, como se presentó en la Tabla 3-2. Teniendo en cuenta que, durante el ensayo realizado, 21 de los 22 aerogeneradores del parque se encontraban en carga, se puede obtener la potencia bruta utilizando la siguiente fórmula:

$$P_{bruta} = P^{ens} + (\text{Consumo}_{aero}^{carga} \times N^{\circ} \text{Aeros})$$

$$P_{bruta} = 9.3953 \text{ MW} + (41 \text{ kW} \times 21)$$

$$P_{bruta} = 10.2563 \text{ MW}$$

4.3.2 Potencia SS.AA.

La potencia de los servicios auxiliares fue calculada en la sección 3.6. El valor obtenido fue el siguiente:

$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW}$$

A este valor se le debe sumar el consumo propio de los aerogeneradores. Durante el ensayo realizado, 21 de los 22 aerogeneradores se encontraban en carga, mientras que el aerogenerador restante se encontraba en “stand-by”. Esto quiere decir que, 21 aerogeneradores se encontraban consumiendo 41 kW y 1 aerogenerador se encontraba consumiendo 10.5 kW, como se indica en la Tabla 3-2. A partir de estos valores se recalculan los consumos de servicios auxiliares de la siguiente manera:

$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW} + (\text{Consumo}_{aero}^{carga} \times N^{\circ} \text{Aeros}^{carga}) \\ + (\text{Consumo}_{aero}^{standBy} \times N^{\circ} \text{Aeros}^{standBy})$$



$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW} + (41 \text{ kW} \times 21) + (10.5 \text{ kW} \times 1)$$

$$P_{SSAA} = 932.054 \text{ kW}$$

4.3.3 Potencia neta

La potencia neta, como se mencionó en el ítem 4 de la sección 4.1, corresponde a la potencia activa inyectada en el lado de 220 kV del transformador principal. Este valor corresponde al valor medio del ensayo de MT del Parque Eólico La Cabaña. Dicho ensayo fue presentado en la Figura 4-4 y el valor medio registrado durante el mismo fue de:

$$P_{neta} = 9.0950 \text{ MW}$$

4.3.4 Pérdidas en la central

Las pérdidas de la central corresponden a las pérdidas de la red colectora de media tensión sumadas a las pérdidas del transformador principal y a las pérdidas de los transformadores de bloque. En función del ensayo de mínimo técnico es posible calcular las pérdidas de la central de la siguiente forma:

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

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

$$P_{central} = 10.2563 \text{ MW} - 9.0950 \text{ MW} - 932.054 \text{ kW} = 229.246 \text{ kW}$$

Como se mencionó previamente, las pérdidas de la central están compuestas por:

- 1) Pérdidas en la red colectora ($P_{colector}$)
- 2) Pérdidas en carga del transformador principal ($P_{tr.poder}$)

Las pérdidas del transformador principal fueron detalladas en la Tabla 3-4. Cabe destacarse que las pérdidas allí mencionadas están referidas a la potencia nominal del transformador, por lo que, para poder ser utilizadas en los cálculos de MT, deben ser calculadas para la condición particular del ensayo. Para realizar este cálculo se considera que las pérdidas del transformador principal están compuestas por:

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

La potencia nominal del transformador de poder es de 150 MVA (ONAF), mientras que la potencia durante la prueba es de 9.0950 MW. Con lo cual, para el cálculo de las pérdidas del transformador en las condiciones del ensayo, se utilizará la siguiente formula:

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

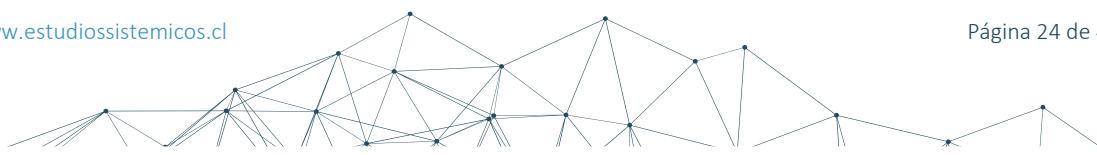
$$P_{tr.poder-carga}^{ens} = 388.34 \text{ kW} \times \left(\frac{9.0950 \text{ MW}}{150 \text{ MVA}} \right)^2 = 1.428 \text{ kW}$$

A partir del valor obtenido y de las pérdidas en vacío del transformador principal, que se presentaron en la Tabla 3-4, es posible calcular las pérdidas del transformador reemplazando los valores obtenidos.

$$P_{tr.poder} = 50.04 \text{ kW} + 1.428 \text{ kW} = 51.468 \text{ kW}$$

Entonces, las pérdidas de la red colectora pueden calcularse de la siguiente manera:

$$P_{colector} = P_{central} - P_{tr.poder}$$





$$P_{colector} = 229.246 \text{ kW} - 51.468 \text{ kW} = 177.778 \text{ kW}$$

Las pérdidas en el colector están compuestas por las pérdidas en los conductores de la red colectora y en los transformadores de bloque. Esto quiere decir que:

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

En las condiciones del ensayo, 21 transformadores de bloque se encontraban en carga, mientras que el transformador de bloque del aerogenerador WTG03 se encontraba en vacío. Las pérdidas de los transformadores de bloque, en vacío, se pueden obtener de la Tabla 3-3. Mientras que las pérdidas en carga, para las condiciones del ensayo, pueden calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{tr.bloque-carga}^{ens} = P_{tr.bloque-carga}^{placa} \times \left(\frac{p^{ens}}{S_{tr.bloque}^{placa}} \right)^2$$

Se utiliza para el cálculo la potencia promedio de los aerogeneradores durante el ensayo. La misma fue de 433.095 kW. Entonces:

$$P_{tr.bloque-carga}^{ens} = 35.8 \text{ kW} \times \left(\frac{433.095 \text{ kW}}{5.1 \text{ MVA}} \right)^2 = 0.258 \text{ kW}$$

Entonces, se pueden obtener las pérdidas de los transformadores de bloque, en las condiciones del ensayo, reemplazando los valores obtenidos, en la siguiente ecuación:

$$P_{tr.bloque} = (P_{tr.bloque-vacio} \times 22) + (P_{tr.bloque-carga}^{ens} \times 21)$$

$$P_{tr.bloque} = (7.14 \text{ kW} \times 22) + (0.258 \text{ kW} \times 21) = 162.498 \text{ kW}$$

A partir de este valor se pueden calcular las pérdidas en los conductores, reemplazando los valores obtenidos en la siguiente ecuación:

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

$$P_{conductores} = 177.778 \text{ kW} - 162.498 \text{ kW} = 15.28 \text{ kW}$$

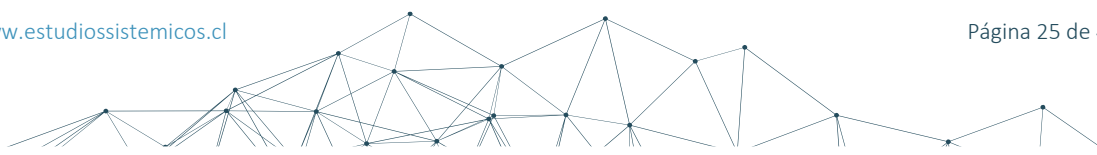
4.3.5 Cálculo de los valores con todos los aerogeneradores

Como se mencionó en la sección 4.3, durante el ensayo de mínimo técnico, el aerogenerador WTG03 se encontraba en condición de “stand-by” debido a tareas de mantenimiento. Esto quiere decir que la potencia neta registrada durante el ensayo (9.095 MW) corresponde a una condición donde 21 de los 22 aerogeneradores del parque se encuentran operativos. El mínimo técnico debe informarse para los 22 aerogeneradores en servicio. Para obtener este valor se debe sumar a la potencia neta registrada durante el ensayo, la potencia bruta promedio de un aerogenerador durante el ensayo. A dicho valor de potencia bruta se le deben restar las pérdidas en carga de su transformador de bloque, las pérdidas en carga del transformador principal y las pérdidas de la red colectora. A partir de esto se define la siguiente ecuación:

$$P_{neta}^{22 \text{ aeros}} = P_{neta}^{21 \text{ aeros}} + P_{ens}^{1 \text{ aero}} - P_{tr.bloque-carga}^{ens} - \Delta P_{tr.poder-carga} - \Delta P_{conductores}$$

Donde:

- $P_{neta}^{21 \text{ aeros}}$ corresponde a la potencia media registrada durante el ensayo presentado en la Figura 4-4. El valor de este término es de 9.0950 MW





- $P_{ens}^{1\text{aero}}$ representa a la potencia media de un aerogenerador durante el ensayo, la cual fue de 433.095 kW
- $P_{tr.bloque-carga}^{ens}$ corresponde a las perdidas en carga de un transformador de bloque cuando el aerogenerador se encuentra despachado a 433.095 kW. Dicho valor fue calculado previamente y es de 0.258 kW
- $\Delta P_{tr.poder-carga}$: representa la diferencia de las perdidas en carga del transformador principal entre $P_{neta}^{21\text{aeros}}$ y $(P_{neta}^{21\text{aeros}} + P_{ens}^{1\text{aero}})$.

Las pérdidas del transformador de poder a una potencia de $P_{neta}^{21\text{aeros}}$ fueron calculadas previamente y poseen un valor de 1.428 kW, las mismas serán representadas por el termino $P_{tr.poder-carga}^{9.0950\text{MW}}$. Mientras que las pérdidas a una potencia de $P_{neta}^{21\text{aeros}} + P_{ens}^{1\text{aero}}$ serán calculadas a continuación y representadas por el termino $P_{tr.poder-carga}^{9.5281\text{MW}}$.

$$\Delta P_{tr.poder-carga} = P_{tr.poder-carga}^{9.5281\text{MW}} - P_{tr.poder-carga}^{9.0950\text{MW}}$$

$$P_{tr.poder-carga}^{9.5281\text{MW}} = 388.34 \text{ kW} \times \left(\frac{9.5281 \text{ MW}}{150 \text{ MVA}} \right)^2 = 1.567 \text{ kW}$$

Remplazando obtenemos:

$$\Delta P_{tr.poder-carga} = 1.567 \text{ kW} - 1.428 \text{ kW} = 0.139 \text{ kW}$$

- $\Delta P_{conductores}$: representa la diferencia de perdidas en la red colectora entre una potencia de 9.5281 MW y 9.0950 MW.

El valor de pérdidas para una potencia de 9.0950 MW fue calculado previamente y es de 14.98 kW. El valor de las pérdidas para una potencia de 9.5281 MW puede estimarse utilizando la siguiente formula:

$$P_{conductores}^{9.5281\text{MW}} = P_{conductores}^{9.0950\text{MW}} \times \left(\frac{9.5281 \text{ MW}}{9.0950 \text{ MW}} \right)^2 = 16.44 \text{ kW}$$

Es posible calcular $\Delta P_{conductores}$ de la siguiente manera:

$$\Delta P_{conductores} = P_{conductores}^{9.5281\text{MW}} - P_{conductores}^{9.0950\text{MW}} = 1.46 \text{ kW}$$

Finalmente es posible calcular el valor de $P_{neta}^{22\text{aeros}}$ reemplazando los valores obtenidos en la siguiente ecuación:

$$P_{neta}^{22\text{aeros}} = P_{neta}^{21\text{aeros}} + P_{ens}^{1\text{aero}} - P_{tr.bloque-carga}^{ens} - \Delta P_{tr.poder-carga} - \Delta P_{conductores}$$

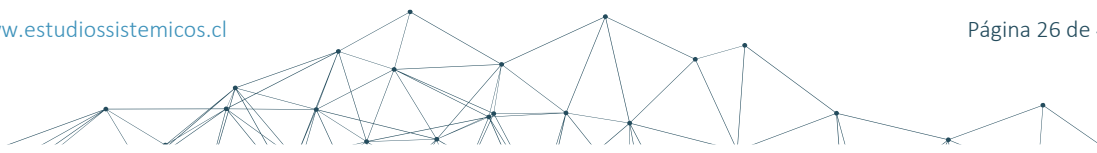
$$P_{neta}^{22\text{aeros}} = 9.0950 \text{ MW} + 433.095 \text{ kW} - 0.258 \text{ kW} - 0.139 \text{ kW} - 1.46 \text{ kW}$$

$$= \mathbf{9.5262 \text{ MW}}$$

La potencia neta del Parque Eólico La Cabaña, en condición de mínimo técnico, con la totalidad de sus aerogeneradores despachados, es de 9.5262 MW.

La potencia bruta con los 22 aerogeneradores en servicio corresponde a la potencia bruta en las condiciones del ensayo más la potencia media de un aerogenerador, durante el ensayo, más el consumo propio de aerogenerador en carga. Es decir:

$$P_{bruta}^{22\text{aeros}} = P_{bruta}^{21\text{aeros}} + P_{ens}^{1\text{aero}} + \text{Consumo}_{aero}^{carga}$$





$$P_{bruta}^{22\text{ aeros}} = 10.2563\text{ MW} + 433.095\text{ kW} + 41\text{ kW} = \mathbf{10.7304\text{ MW}}$$

La potencia de SSAA puede calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$P_{SSAA} = 60.554\text{ kW} + (\text{Consumo}_{aero}^{carga} \times N^{\circ}\text{ Aeros}^{carga}) \\ + (\text{Consumo}_{aero}^{standBy} \times N^{\circ}\text{ Aeros}^{standBy})$$

Pero ahora considerando los 22 aerogeneradores en carga, es decir:

$$P_{SSAA}^{22\text{ aeros}} = 60.554\text{ kW} + (41\text{ kW} \times 22) = \mathbf{962.554\text{ kW}}$$

Las pérdidas en la central pueden calcularse utilizando la misma fórmula que se utilizó anteriormente. La misma se presenta a continuación.

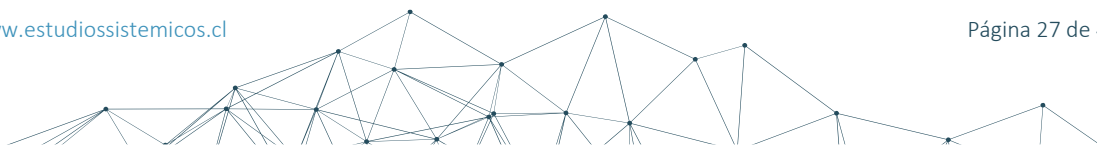
$$P_{central} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA} \\ P_{central}^{22\text{ aeros}} = 10.7304\text{ MW} - 9.5262\text{ MW} - 962.554\text{ kW} = \mathbf{241.646\text{ kW}}$$

4.4 Desconexión automática de aerogeneradores

En las secciones anteriores se presentaron los cálculos de mínimo técnico para las dos condiciones mencionadas en la sección 4.1. La primera condición, mínimo técnico con un único aerogenerador en servicio, se alcanza de forma manual. Es decir, se da orden de detención a 21 de los 22 aerogeneradores del parque y posteriormente se despacha el aerogenerador restante para poder cumplir con el objetivo de potencia cero en el POI. La segunda condición, mínimo técnico con todos los aerogeneradores en servicio, se alcanza de forma automática. Para llegar a dicha situación se consigna en el POI el mínimo valor de potencia activa que permita la operación estable de todos los aerogeneradores del parque.

En esta sección se presentará el resultado del ensayo de la lógica de desconexión automática de aerogeneradores del Parque Eólico La Cabaña. Esta lógica permite reducir la potencia activa, generada por el parque, por debajo del mínimo técnico obtenido con los 22 aerogeneradores en servicio (9.5262 MW). Dicha lógica, implementada sobre el PPC, desconecta aerogeneradores de forma secuencial cuando la consigna de potencia activa es inferior al mínimo técnico. Esto le permite al PPC alcanzar una potencia neta en el POI de **0.4594 MW**, de forma automática.

El ensayo realizado consistió en reducir de forma escalonada la consigna del PPC, partiendo de un valor de 20 MW, hasta alcanzar 0 MW. Cada valor consignado se mantuvo, al menos, un minuto para garantizar la estabilidad del control. Los resultados de este ensayo se presentan en la Figura 4-6 y la Figura 4-7. En la Figura 4-6 se puede observar la potencia generada por el parque junto a la consigna del PPC. Mientras que en la Figura 4-7 se grafica la potencia activa de cada uno de los aerogeneradores del parque.





P.E. La Cabaña - Desconexión automática aerogeneradores - Estudios Sistemicos

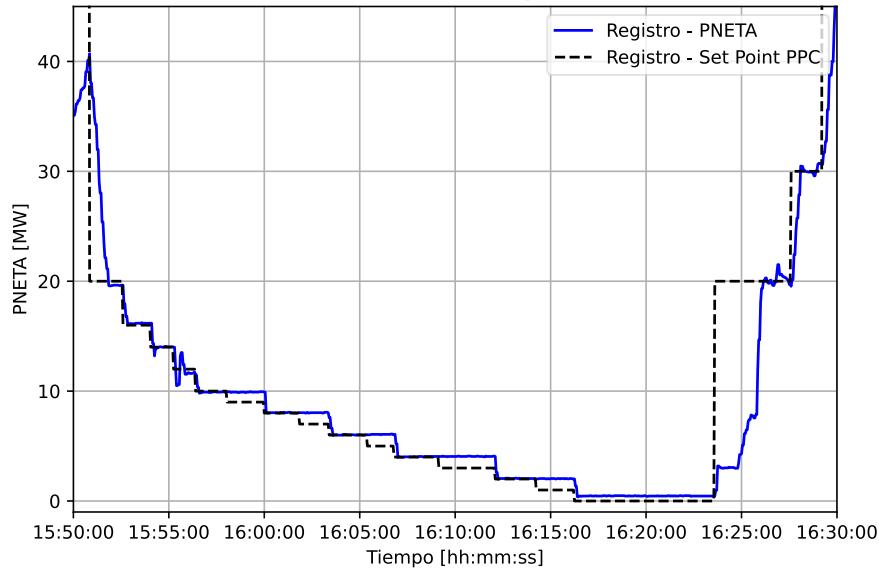


Figura 4-6: Desconexión automática de aerogeneradores – Potencia del parque y set point del PPC

P.E. La Cabaña - Desconexión Automática aerogeneradores - Estudios Sistemicos

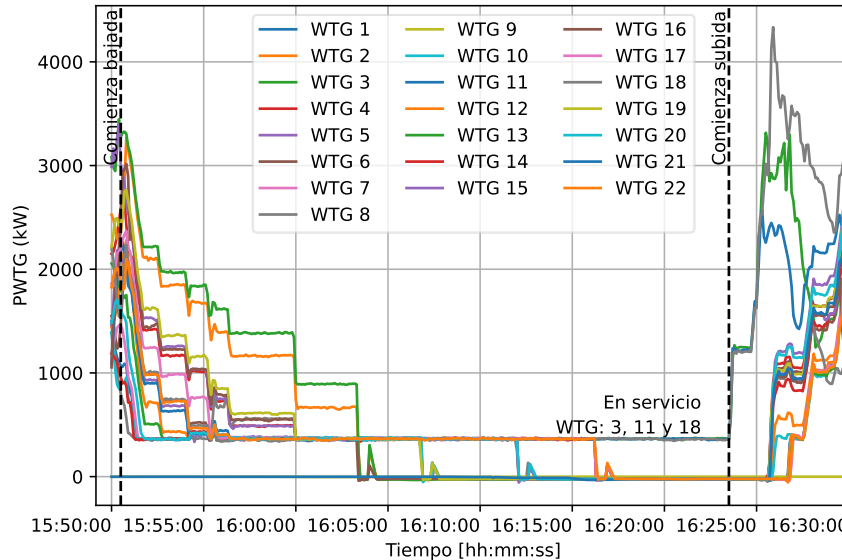


Figura 4-7: Desconexión automática de aerogeneradores – Potencia de los aerogeneradores

Se puede observar que a medida que cae la consigna de potencia activa y la potencia generada, del parque, los aerogeneradores pasan a generar potencia cero, es decir, desconectarse. Cuando la consigna alcanza 0 MW quedan únicamente en servicio los aerogeneradores WTG03, WTG11 y WTG18.

Cuando finaliza el ensayo se cambia la consigna de potencia activa de 0 MW a 105.6 MW, pasando por los valores intermedios de 20 MW y 30 MW. Puede observarse que luego de haberse consignado 20 MW, la totalidad de los aerogeneradores vuelve a entrar en servicio.





Cabe destacarse que al comienzo de la prueba el aerogenerador WTG21 se encontraba en mantenimiento y por ello no estaba despachado. Dicho aerogenerador fue restituido durante la realización de la prueba y por ello se observa que al final de esta se encuentra generando potencia. Además, el aerogenerador WTG09 estuvo en mantenimiento durante la totalidad de la prueba.

A partir de los ensayos presentados en la Figura 4-6 y Figura 4-7, se obtienen los valores de potencia neta y potencia bruta, para la condición ensayada. Dichos valores se calculan como el promedio del intervalo de tiempo durante el cual la consigna de potencia activa del PPC fue de 0 MW, este intervalo se encuentra comprendido entre las 16:16:30 Hs y las 16:23:34 Hs del 05/12/23. Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes imágenes.

P.E. La Cabaña - Desconexión automática aerogeneradores - Estudios Sistemicos

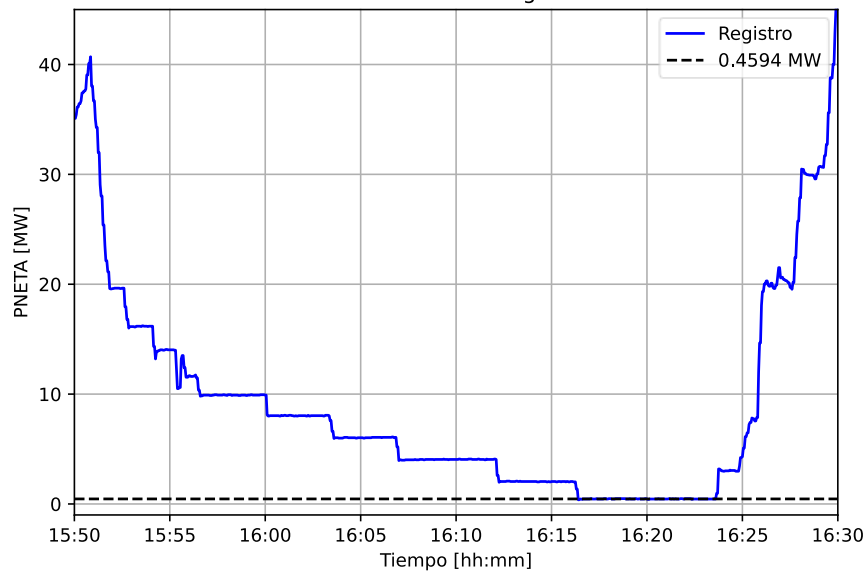
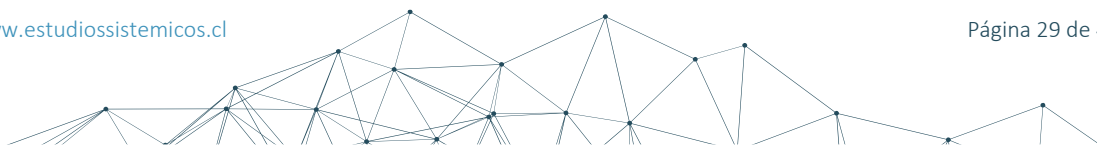


Figura 4-8: Ensayo de MT consignando 0 MW en el PPC – Potencia Neta





P.E. La Cabaña - Desconexión Automática aerogeneradores - Estudios Sistemicos

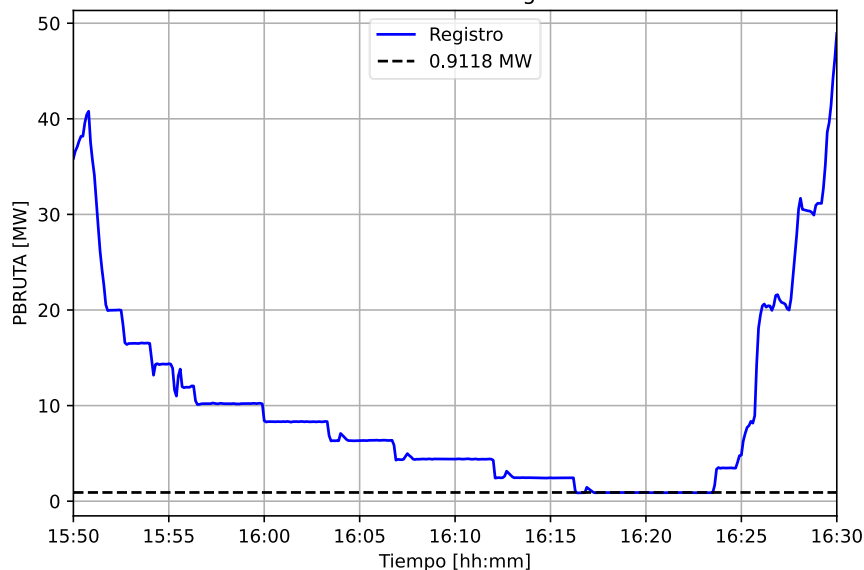


Figura 4-9: Ensayo de MT consignando 0 MW en el PPC – Potencia Bruta

A partir de los valores presentados en la Figura 4-8 y Figura 4-9, se procede a realizar el cálculo de los términos presentados en la sección 4.1, para el ensayo de mínimo técnico utilizando la desconexión automática de aerogeneradores.

4.4.1 Potencia bruta

La potencia bruta corresponde a la sumatoria de la potencia generada por los aerogeneradores en BT (0.69 kV). Durante el ensayo presentado solo los aerogeneradores WTG03, WTG11 y WTG18 se encontraban despachados, debido a esto, la potencia bruta corresponde únicamente a la sumatoria de la potencia generada por estos aerogeneradores. En la Figura 4-9 se observa la sumatoria de la potencia generada (P^{ens}), en BT, por los aerogeneradores WTG03, WTG11 y WTG18. El valor medio de la misma, durante el periodo de interés (desde las 16:16:30 Hs hasta las 16:23:34 Hs), es de **0.9118 MW**. Esta medición contempla los consumos propios del aerogenerador, debido a esto, para obtener la verdadera potencia bruta se deben sumar los consumos propios de los aerogeneradores a la medición presentada en la Figura 4-9.

Los consumos propios de los aerogeneradores fueron presentados en la sección 3.2 y se estiman en 41 kW, por lo tanto, la potencia bruta se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$P_{bruta} = P^{ens} + (\text{Consumo}_{aero}^{carga} \times N^{\circ} \text{Aeros})$$

$$P_{bruta} = 0.9118 \text{ MW} + (41 \text{ kW} \times 3)$$

$$P_{bruta} = \mathbf{1.0348 \text{ MW}}$$

4.4.2 Potencia SS.AA.

La potencia de los servicios auxiliares fue calculada en la sección 3.6. El valor obtenido fue el siguiente:

$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW}$$

A este valor se le debe sumar el consumo propio de los aerogeneradores. Durante el ensayo realizado, 19 de los 22 aerogeneradores se encontraban en “stand-by”, mientras que los 3 aerogeneradores



restantes se encontraban en carga. Esto quiere decir que, 19 aerogeneradores se encontraban consumiendo 10.5 kW y 3 aerogenerador se encontraba consumiendo 41 kW, como se indica en la Tabla 3-2. A partir de estos valores se recalculan los consumos de servicios auxiliares de la siguiente manera:

$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW} + (\text{Consumo}_{aero}^{carga} \times N^{\circ} \text{Aeros}^{carga}) + (\text{Consumo}_{aero}^{standBy} \times N^{\circ} \text{Aeros}^{standBy})$$

$$P_{SSAA} = 60.554 \text{ kW} + (41 \text{ kW} \times 3) + (10.5 \text{ kW} \times 19)$$

$$P_{SSAA} = 383.054 \text{ kW}$$

4.4.3 Potencia neta

La potencia neta, como se mencionó en el ítem 4 de la sección 4.1, corresponde a la potencia activa inyectada en el lado de 220 kV del transformador principal. Este valor corresponde al valor medio del ensayo de MT del Parque Eólico La Cabaña utilizando la desconexión automática de aerogeneradores. Dicho ensayo fue presentado en la Figura 4-8 y el valor medio registrado durante el mismo fue de:

$$P_{neta} = 0.4594 \text{ MW}$$

4.4.4 Pérdidas en la central

Las pérdidas de la central corresponden a las pérdidas de la red colectora de media tensión sumadas a las pérdidas del transformador principal y a las pérdidas de los transformadores de bloque. En función del ensayo de mínimo técnico es posible calcular las pérdidas de la central de la siguiente forma:

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

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

$$P_{central} = 1.0348 \text{ MW} - 0.4594 \text{ MW} - 383.054 \text{ kW} = 192.346 \text{ kW}$$

Como se mencionó previamente, las pérdidas de la central están compuestas por:

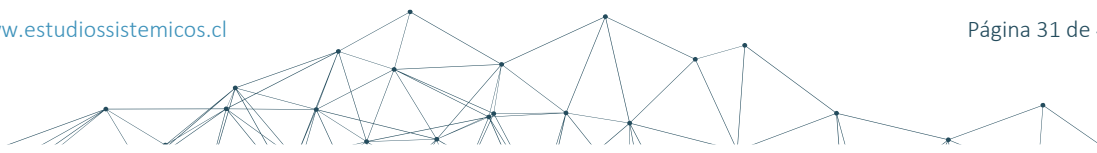
- 1) Pérdidas en la red colectora ($P_{colector}$)
- 2) Pérdidas en carga del transformador principal ($P_{tr.poder}$)

Las pérdidas del transformador principal fueron detalladas en la Tabla 3-4. Cabe destacarse que las perdidas allí mencionadas están referidas a la potencia nominal del transformador, por lo que, para poder ser utilizadas en los cálculos de MT, deben ser calculadas para la condición particular del ensayo. Para realizar este cálculo se considera que las pérdidas del transformador principal están compuestas por:

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

La potencia nominal del transformador de poder es de 150 MVA (ONAF), mientras que la potencia bruta durante la prueba es de **0.9118 MW**. Con lo cual, el nivel de carga del transformador es inferior al 1% durante el ensayo. Teniendo esto en cuenta se pueden aproximar las pérdidas del transformador, en carga, ($P_{tr.poder}^{carga}$) a 0 kW. Esto se debe a que el nivel de carga del mismo es menor al 1%.

A partir del valor obtenido y de las perdidas en vacío del transformador principal, que se presentaron en la Tabla 3-4, es posible calcular las pérdidas del transformador reemplazando los valores obtenidos.





$$P_{tr.poder} = 50.04 \text{ kW} + 0.0 \text{ kW} = \mathbf{50.04 \text{ kW}}$$

Entonces, las pérdidas de la red colectorora pueden calcularse de la siguiente manera:

$$P_{colector} = P_{central} - P_{tr.poder}$$
$$P_{colector} = 192.346 \text{ kW} - 50.04 \text{ kW} = \mathbf{142.306 \text{ kW}}$$

Las pérdidas en el colector están compuestas por las pérdidas en los conductores de la red colectorora y en los transformadores de bloque. Esto quiere decir que:

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

En las condiciones del ensayo, 3 transformadores de bloque se encontraban en carga, mientras que los restantes 19 transformadores de bloque se encontraban en vacío. Las pérdidas de los transformadores de bloque, en vacío, se pueden obtener de la Tabla 3-3. Mientras que las pérdidas en carga, para las condiciones del ensayo, pueden calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{tr.bloque-carga}^{ens} = P_{tr.bloque-carga}^{placa} \times \left(\frac{P^{ens}}{S_{tr.bloque}^{placa}} \right)^2$$

Se utiliza para el cálculo la potencia promedio de los aerogeneradores WTG03, WTG11 y WTG18, durante el ensayo. La misma fue de **303.93 kW**. Entonces:

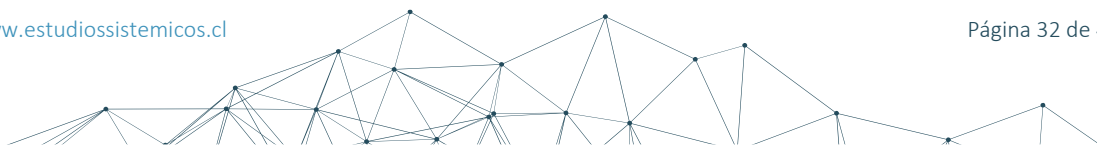
$$P_{tr.bloque-carga}^{ens} = 35.8 \text{ kW} \times \left(\frac{303.93 \text{ kW}}{5.1 \text{ MVA}} \right)^2 = 0.127 \text{ kW}$$

Entonces, se pueden obtener las pérdidas de los transformadores de bloque, en las condiciones del ensayo, reemplazando los valores obtenidos, en la siguiente ecuación:

$$P_{tr.bloque} = (P_{tr.bloque-vacio} \times 19) + (P_{tr.bloque-carga}^{ens} \times 3)$$
$$P_{tr.bloque} = (7.14 \text{ kW} \times 19) + (0.127 \text{ kW} \times 3) = 136.041 \text{ kW}$$

A partir de este valor se pueden calcular las pérdidas en los conductores, reemplazando los valores obtenidos en la siguiente ecuación:

$$P_{conductores} = P_{colector} - P_{tr.bloque}$$
$$P_{conductores} = 142.306 \text{ kW} - 136.041 \text{ kW} = \mathbf{6.265 \text{ kW}}$$





5. CONCLUSIONES

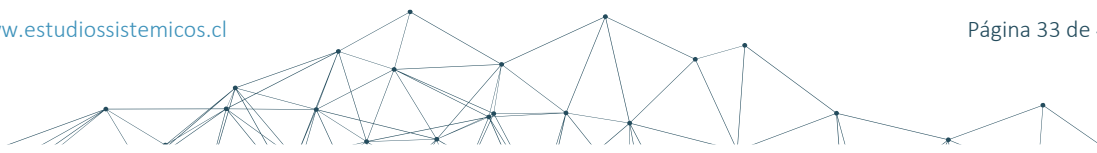
A partir de los ensayos realizados en terreno y la información presentada en este documento se puede concluir que:

- Se determinaron, mediante los ensayos realizados en terreno, los valores de mínimo técnico del 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 parque. La primera de ellas considera un único aerogenerador en servicio, mientras que la otra considera la totalidad de los aerogeneradores del parque en servicio.
- Se determinó que el valor de **mínimo técnico** que asegura una condición estable de operación del parque, con todos los aerogeneradores en servicio, es de **9.5262 MW**.
- Se determinó que un único aerogenerador debe producir una potencia bruta de **0.5350 MW** para lograr compensar todas las pérdidas del Parque Eólico La Cabaña y así tener una potencia activa neta, en el POI, de 0 MW.
- El PPC del parque cuenta con una lógica de desconexión automática de aerogeneradores. Esto le permite, al Parque Eólico La Cabaña, mediante la desconexión de aerogeneradores, alcanzar de forma automática un valor de mínimo técnico de **0.4594 MW**. Al alcanzar dicho valor, de forma automática, la cantidad de aerogeneradores que se encuentran operativos se reduce a 3.

Los resultados de las pruebas se resumen en la Tabla 5-1 siguiente:

Tabla 5-1: Resumen de resultados de MT a partir de los ensayos realizados

Ensayo	Potencia Bruta [MW]	Pérdidas SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
MT con un único aerogenerador	0.5350	0.3221	0.2129	0.0000
MT con todos los aerogeneradores	10.7304	0.9626	0.2416	9.5262
MT con desconexión automática de generadores	1.0348	0.3831	0.1923	0.4594





6. ANEXOS

ANEXO I HOJA DE DATOS DE AEROGENERADORES

En el siguiente anexo se presentan las hojas de datos para los aerogeneradores modelo GW155-4.8 de 4.8 MW marca Goldwind, se indican en rojo los valores de este.

No.	Component	Unit	Technical parameters			
1	Data of wind turbine					
1.1	Type		GW155-4.5 GW155-4.5-HS GW155-4.5-OS	GW155-4.5(4.6) GW155-4.5-HS(4.6) GW155-4.5-OS(4.6)	GW155-4.5(4.7) GW155-4.5-HS(4.7) GW155-4.5-OS(4.7)	GW155-4.5(4.8) GW155-4.5-HS(4.8) GW155-4.5-OS(4.8)
1.2	Rated power	kW	4500	4600	4700	4800
1.3	Power regulation method		Variable-pitch variable-speed			
1.4	Wind wheel diameter	m	155			
1.5	Hub height	m	110, 95, based on project need			
1.6	Applicable wind class		IEC S			
1.7	Cut-in wind speed	m/s	2.5			
1.8	Rated wind speed (steady, standard air density)	m/s	10.8	10.9	11	11.1

Figura 6-1 Hoja de datos GW155-4.8 Goldwind [2].

En función de dichos parámetros y partiendo de las ecuaciones de energía cinética en un aerogenerador se obtiene una gráfica para el mismo de la siguiente forma:

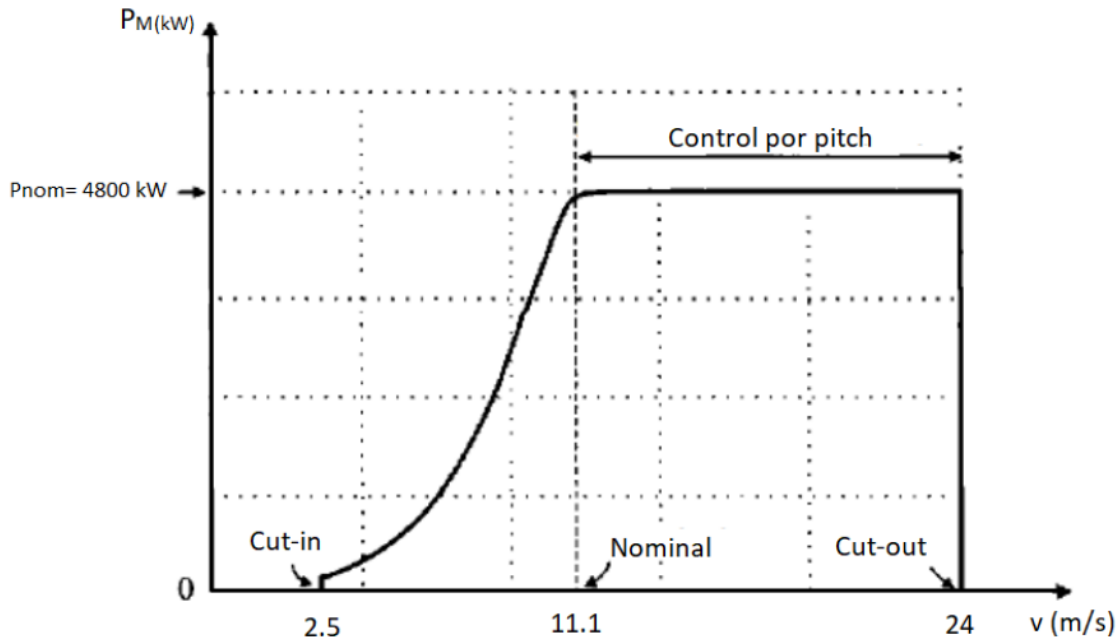


Figura 6-2 Curva Potencia vs Viento – Goldwind GW155-4.8.



En la misma se observa que el aerogenerador comienza a realizar un aporte de potencia activa a partir de una velocidad del viento de 2.5 m/s. Su generación de potencia activa aumenta hasta alcanzar una velocidad nominal del viento de 11.1 m/s. El aumento de potencia activa es directamente proporcional al cubo de la velocidad del viento. Posteriormente, al alcanzar dicho valor nominal, el aerogenerador limita su potencia al valor nominal y comienza a realizar regulación de la potencia activa mediante el control por pitch de sus aspas. La regulación de potencia utilizando el control de pitch es realizada para una velocidad del viento entre 11.1 y 24 m/s, ya que luego de dicho valor se alcanza la velocidad de “Cut-out”, a partir de la cual el aerogenerador se detiene para protección del mismo.

ANEXO II HOJA DE DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DE BLOQUE BT/MT

En la Figura 6-3 se presenta la hoja de datos de los transformadores de bloque de los aerogeneradores Goldwind GW155-4.8. El Parque Eólico La Cabaña cuenta con una totalidad de veintidós (22) transformadores de bloque. Los valores correspondientes al tipo GW155-4.8 se indican en rojo.

electrical data	Value			
Type of transformer	Dry type transformer			
WTG power	4.5 MW	4.6 MW	4.7 MW	4.8 MW
Rated capacity of transformer	5.0 MVA			5.1 MVA
Rated frequency	50 or 60 Hz			
Rated voltage at MV side	10kV or 22kV or 33kV or 35kV or others			
Rated voltage at LV side	690 V			
Number of phases	3			
Range of tap changer	$\pm 2*2.5\%$			
Tap changer type	off-circuit tap changer			
Ratio error of tap changer	$\leq 0.5\%$			
Positive sequence impedance	8% ($\pm 10\%$)			
Vector group	Dyn11			
Star point of LV side of the equipment	grounded			
No load current	$\leq 0.5\%$			
No load loss	7 kW			7.14 kW
Load loss	35.1 kW			35.8 kW
Total loss deviation	$\leq 10\%$			
Sound power level	≤ 78 dB			
Insulation class	$\geq H$			
Average winding temperature rise	≤ 100 K			
Cooling type	AF/AFWF			

Figura 6-3: Hoja de datos de los transformadores de bloque de los aerogeneradores GW155-4.8 [6].





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

En la Figura 6-4 se muestra una foto de la placa del transformador elevador de MT/AT, mientras que en la Figura 6-5 se presenta una página correspondiente a las pruebas FAT del mismo, donde se observan los valores de pérdidas en vacío y carga respectivamente (indicados en rojo).

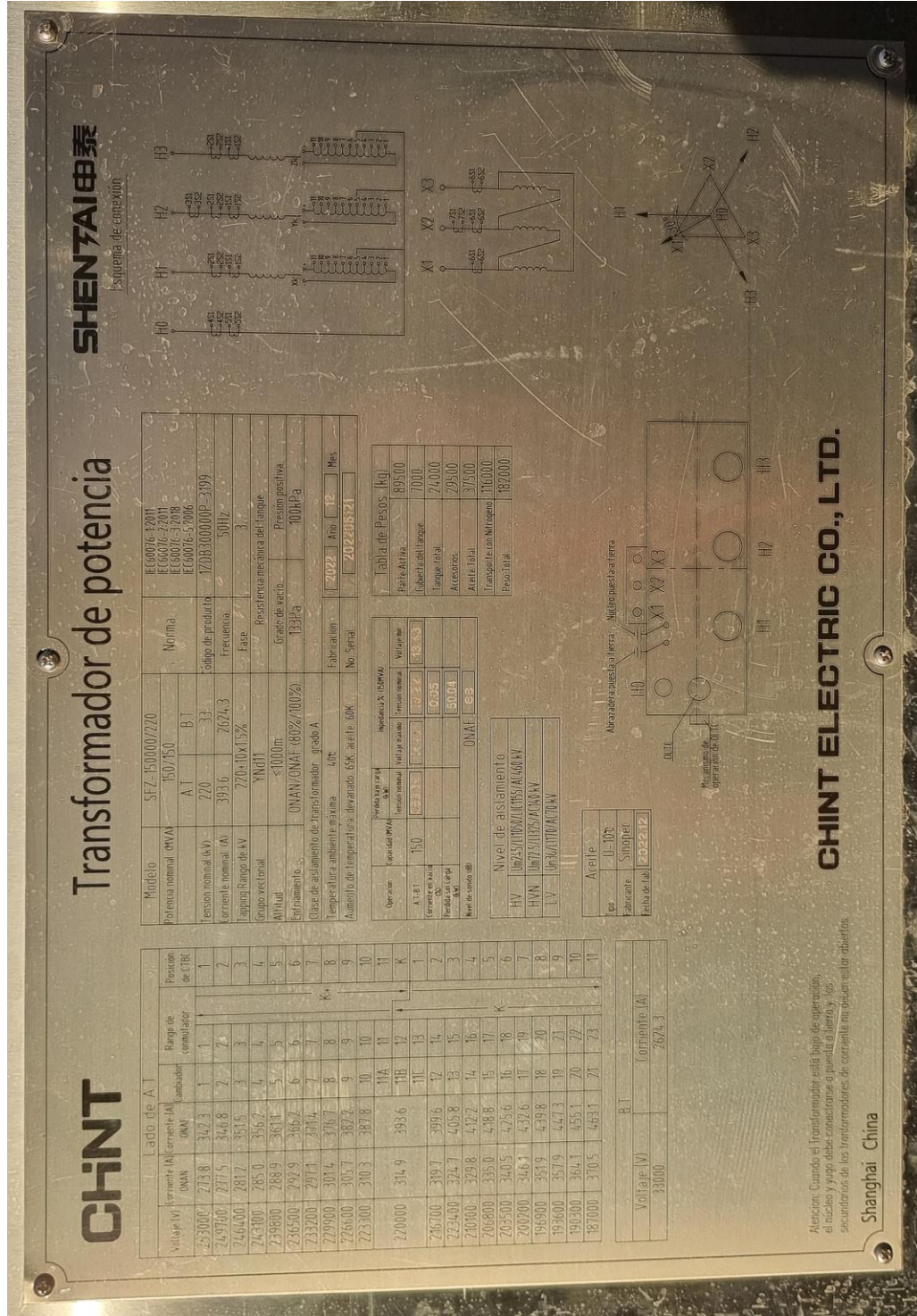


Figura 6-4 Fotografía de placa del transformador de poder MT/AT.



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 δ)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 ₀ (kW): ≤51 50.04kW 见第 18 页 See page 18	符合要求 Meet the requirements
			I ₀ (%): 0.12 0.05% 见第 18 页 See page 18	符合要求 Meet the requirements
		110%Ur	P ₀ (kW) : 提供实测数据 Provide measured data 70.01kW 见第 18 页 See page 18	/
			I ₀ (%): 提供实测数据 Provide measured data 0.11% 见第 18 页 See page 18	/
90%Ur	P ₀ (kW) : 提供实测数据 Provide measured data 38.62kW 见第 18 页 See page 18	/		
	I ₀ (%): 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 _{K65℃} (kW): ≤390 388.34kW	符合要求 Meet the requirements	
		短路阻抗 Impedance Z _{K65℃} (%): 13.0 (1±7.5%) 见第 19 页 See page 19		

Figura 6-5: Hoja 5 de 54 correspondiente a las pruebas FAT del transformador de poder MT/AT [7].





ANEXO IV HOJA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR DE SSAA

En la Figura 6-6 se muestra una foto de la placa del transformador de SSAA, mientras que en la Figura 6-7 se presenta una página correspondiente a la hoja de datos del mismo, donde se observan los valores de pérdidas en vacío y carga respectivamente (indicados en rojo).

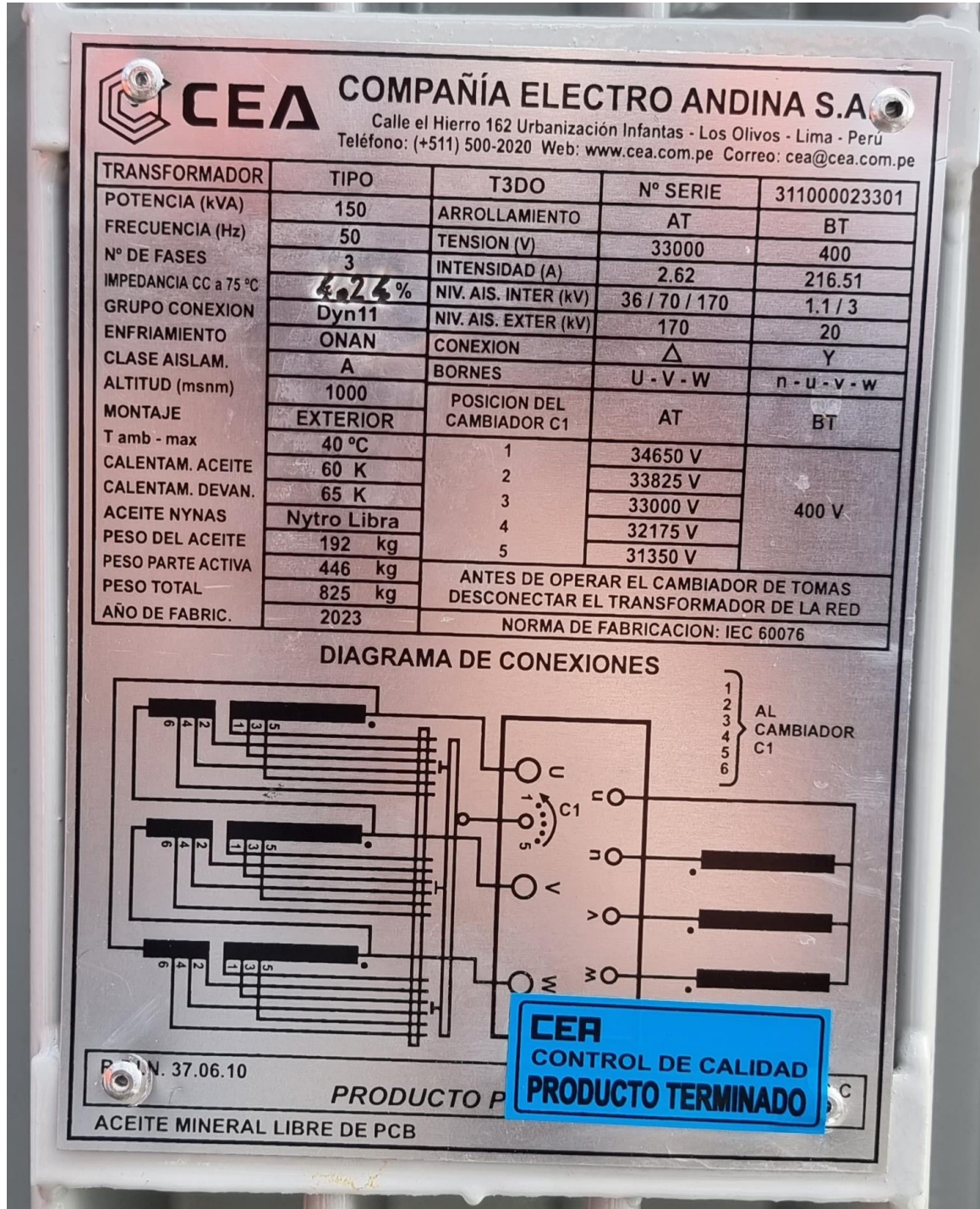


Figura 6-6: Fotografía de placa del transformador de SSAA.



<p>Engineering & Construction</p>				GRE CODE GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.123.02
				PAGE 4 di/of 8
HOJAS DE DATOS GARANTIZADOS TRANSFORMADOR SS/AA				
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	OFRECIDO
C.9	Características – Secundario:			
C.9.1	Tensión Nominal	V	400	400
C.9.2	Tensión aislamiento	kV	1,1	1.1
C.9.3	Conexión Neutro a Tierra	-	Sólidamente aterrizado	Sólidamente aterrizado
C.10	Pérdidas			
C.10.1	En vacío (a voltaje y frecuencia nominal)	kW	Por Fabricante	0.6
C.10.2	En carga (a potencia nominal, 75°C)	kW	Por Fabricante	2.9
C.10.3	Total (a potencia nominal, 75°C)	kW	Por Fabricante	3.5
C.11	Elevación de Temperatura			
C.11.1	Del aceite	K	60	60
C.11.2	Del enrollado	K	65	65
C.12	Nivel de ruido	dB(A)	Por Fabricante	60
C.13	Color	-	RAL 7035 o similar	7035
C.14	Tipo de aceite			
C.14.1	Tipo	-	Mineral	Mineral
C.14.2	Método de Refinación	-	Misto (Nafténico y parafínico)	Naftenico
C.14.3	Densidad	g/l	Por Fabricante	0.89x10 ⁻⁶ kg/mm ³
C.14.4	Libre de DBDS	Sí / No	Sí	Sí
C.14.5	No inhibido	Sí / No	Sí	Sí
D	CAMBIADOR DE DERIVACIÓN			
D.1	Marca	-	Por Fabricante	CEPT
D.2	Tipo	-	Por Fabricante	C1
D.3	Modelo	-	Por Fabricante	36kV
D.4	N.º de fases	-	3	3
D.5	Corriente nominal	-	Por Fabricante	60A
D.6	Posiciones (taps)	-	-5 / -2.5 / 0 / +2.5 / +5	+2X2.5%
D.7	Tipo de mecanismo de comando	-	Manual	Manual
E	BUSHINGS Y TERMINALES			
E.1	Primario:			
E.1.1	Marca	-	Por Fabricante	ELKOM
E.1.2	Tipo/Modelo	-	Para terminaciones termo retráctiles	30NF-250 (BIL 170Kv)
E.1.3	Corriente nominal	-	Por Fabricante	250A
E.1.4	Distancia de fuga mínima	mm	900	900
E.1.5	Material aislador	-	Porcelana	Porcelana
E.1.6	Color del Aislador	-	Marrón	Marrón
E.1.7	Tipo/Modelo del terminal	-	Por Fabricante	Varrilla

Figura 6-7: Hoja 4 de 8 correspondiente la hoja de datos del transformador de SSAA [8].





ANEXO V CONSUMOS DE SERVICIOS AUXILIARES

En la Figura 6-8 y Figura 6-9 se encuentra el resumen de las potencias consumidas tanto en cargas esenciales, no esenciales y críticas en el Parque Eólico La Cabaña, en Corriente Alterna (CA). Mientras que en la Figura 6-10 se observan las cargas permanentes en Corriente Continua (CC).

 Engineering & Construction				GRE CODE GRE.EEC.C.99.CL.W.13763.16.096.01																																																																																																																																																																																																																																																														
				PAGE 4 di/of 10																																																																																																																																																																																																																																																														
<p>4. ESTIMACIÓN DE CARGAS DE SS/AA EN C.A.</p> <p>Los servicios auxiliares de CA están clasificados en servicios esenciales, no esenciales y cargas críticas.</p> <p>Los servicios auxiliares esenciales, para efectos de respaldo, disponen de un grupo generador de emergencia, de tal manera que sea capaz de asumir estas cargas cuando exista una interrupción en la red normal de alimentación (transformador SSAA). En este caso, el generador de emergencia entrará en funcionamiento de forma inmediata mediante un sistema de transferencia automática.</p> <p>Las cargas críticas, son cargas en corriente alternada donde no pueden tener interrupciones en su alimentación, por eso si utiliza uno inversor CC/CA conectado a al sistema de alimentación de SS/AA de corriente continua, garantiendo la continuidad de servicio en caso de falla de la red.</p> <p>Los servicios no esenciales no tienen cualquier respaldo. Se considera un margen de reserva de 15% para futuras ampliaciones.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																		
<p>4.1 CARGAS SS/AA CA NO ESENCIALES</p>																																																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ítem</th> <th>Fases</th> <th>Cant.</th> <th>Pot. unit. [W]</th> <th>Factor utilización (FU)</th> <th>Factor Potencia (FP)</th> <th>Pot. Total c/ FU y FP (VA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="7">EQUIPOS AT</td> </tr> <tr> <td>Calefacción y alumbrado - Interruptor</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1 110</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>555</td> </tr> <tr> <td>Calefacción y alumbrado - Desconectador</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>45</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Calefacción y alumbrado - Desconectador tierra</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>45</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Calefacción - Caja de agrupamiento TC</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>60</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Calefacción - Caja de agrupamiento TP</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>60</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td colspan="7">EQUIPOS MT</td> </tr> <tr> <td>Calefacción y enchufe Celda MT</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>200</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>Calefacción y enchufe - Banco Condensadores</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>200</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td colspan="7">CONTROL, PROTECCIONES Y COMUNICACIONES</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Protección Línea</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>300</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Protección transformador</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>300</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Control y Medida Paño</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>300</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Telecomunicaciones</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>300</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Comunicaciones MT y Control SA</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>300</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario SCADA (SDI)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>250</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Control Remoto Trafo</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>300</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario SCADA WF</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>300</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td colspan="7">EQUIPOS BT</td> </tr> <tr> <td>Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario CCTV SE</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>250</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>Enchufes - Sala Celdas MT</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>660</td> <td>0,50</td> <td>0,90</td> <td>733</td> </tr> <tr> <td>Enchufes - Sala Celdas MT</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>5 265</td> <td>0,50</td> <td>0,90</td> <td>2 925</td> </tr> <tr> <td>Enchufes - Sala Control y Protecciones</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>660</td> <td>0,50</td> <td>0,90</td> <td>1 100</td> </tr> <tr> <td>Enchufes - Sala SSAA</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>660</td> <td>0,50</td> <td>0,90</td> <td>1 100</td> </tr> <tr> <td>Enchufes - Sala Baterías</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>660</td> <td>0,50</td> <td>0,90</td> <td>367</td> </tr> <tr> <td>Enchufes - Sala SCADA</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>660</td> <td>0,50</td> <td>0,90</td> <td>1 467</td> </tr> <tr> <td>Aire acondicionado - Sala Celdas MT</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>4 000,0</td> <td>0,70</td> <td>0,85</td> <td>3 294</td> </tr> <tr> <td>Aire acondicionado - Sala Control y Protecciones</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>4 000,0</td> <td>0,70</td> <td>0,85</td> <td>3 294</td> </tr> <tr> <td>Aire acondicionado - Sala SSAA</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3 000,0</td> <td>0,70</td> <td>0,85</td> <td>2 471</td> </tr> <tr> <td>Aire acondicionado - Sala Baterías</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3 000,0</td> <td>0,70</td> <td>0,85</td> <td>2 471</td> </tr> <tr> <td>Aire acondicionado - Sala SCADA</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3 000,0</td> <td>0,70</td> <td>0,85</td> <td>2 471</td> </tr> <tr> <td>Calefacción tablero TGCC</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>60</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Alimentación Tablero Almacén (QP1-CA)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>8 875</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>8 875</td> </tr> <tr> <td colspan="6">TOTAL [VA]</td> <td>44 568</td> </tr> <tr> <td colspan="6">TOTAL CON MARGEN DE RESERVA (15%) [VA]</td> <td>51 254</td> </tr> </tbody> </table>							Ítem	Fases	Cant.	Pot. unit. [W]	Factor utilización (FU)	Factor Potencia (FP)	Pot. Total c/ FU y FP (VA)	EQUIPOS AT							Calefacción y alumbrado - Interruptor	1	1	1 110	0,50	1,00	555	Calefacción y alumbrado - Desconectador	1	1	45	1,00	1,00	45	Calefacción y alumbrado - Desconectador tierra	1	1	45	1,00	1,00	45	Calefacción - Caja de agrupamiento TC	1	1	60	1,00	1,00	60	Calefacción - Caja de agrupamiento TP	1	1	60	1,00	1,00	60	EQUIPOS MT							Calefacción y enchufe Celda MT	1	1	200	1,00	1,00	600	Calefacción y enchufe - Banco Condensadores	1	1	200	1,00	1,00	200	CONTROL, PROTECCIONES Y COMUNICACIONES							Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Protección Línea	1	1	300	0,50	1,00	150	Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Protección transformador	1	1	300	0,50	1,00	150	Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Control y Medida Paño	1	1	300	0,50	1,00	150	Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Telecomunicaciones	1	1	300	0,50	1,00	150	Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Comunicaciones MT y Control SA	1	1	300	0,50	1,00	150	Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario SCADA (SDI)	1	1	250	0,50	1,00	125	Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Control Remoto Trafo	1	1	300	0,50	1,00	150	Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario SCADA WF	1	1	300	0,50	1,00	150	EQUIPOS BT							Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario CCTV SE	1	1	250	0,50	1,00	125	Enchufes - Sala Celdas MT	1	2	660	0,50	0,90	733	Enchufes - Sala Celdas MT	1	1	5 265	0,50	0,90	2 925	Enchufes - Sala Control y Protecciones	1	3	660	0,50	0,90	1 100	Enchufes - Sala SSAA	1	3	660	0,50	0,90	1 100	Enchufes - Sala Baterías	1	1	660	0,50	0,90	367	Enchufes - Sala SCADA	1	4	660	0,50	0,90	1 467	Aire acondicionado - Sala Celdas MT	1	1	4 000,0	0,70	0,85	3 294	Aire acondicionado - Sala Control y Protecciones	1	1	4 000,0	0,70	0,85	3 294	Aire acondicionado - Sala SSAA	1	1	3 000,0	0,70	0,85	2 471	Aire acondicionado - Sala Baterías	1	1	3 000,0	0,70	0,85	2 471	Aire acondicionado - Sala SCADA	1	1	3 000,0	0,70	0,85	2 471	Calefacción tablero TGCC	1	1	60	1,00	1,00	60	Alimentación Tablero Almacén (QP1-CA)	1	1	8 875	1,00	1,00	8 875	TOTAL [VA]						44 568	TOTAL CON MARGEN DE RESERVA (15%) [VA]						51 254
Ítem	Fases	Cant.	Pot. unit. [W]	Factor utilización (FU)	Factor Potencia (FP)	Pot. Total c/ FU y FP (VA)																																																																																																																																																																																																																																																												
EQUIPOS AT																																																																																																																																																																																																																																																																		
Calefacción y alumbrado - Interruptor	1	1	1 110	0,50	1,00	555																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción y alumbrado - Desconectador	1	1	45	1,00	1,00	45																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción y alumbrado - Desconectador tierra	1	1	45	1,00	1,00	45																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción - Caja de agrupamiento TC	1	1	60	1,00	1,00	60																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción - Caja de agrupamiento TP	1	1	60	1,00	1,00	60																																																																																																																																																																																																																																																												
EQUIPOS MT																																																																																																																																																																																																																																																																		
Calefacción y enchufe Celda MT	1	1	200	1,00	1,00	600																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción y enchufe - Banco Condensadores	1	1	200	1,00	1,00	200																																																																																																																																																																																																																																																												
CONTROL, PROTECCIONES Y COMUNICACIONES																																																																																																																																																																																																																																																																		
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Protección Línea	1	1	300	0,50	1,00	150																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Protección transformador	1	1	300	0,50	1,00	150																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Control y Medida Paño	1	1	300	0,50	1,00	150																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Telecomunicaciones	1	1	300	0,50	1,00	150																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Comunicaciones MT y Control SA	1	1	300	0,50	1,00	150																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario SCADA (SDI)	1	1	250	0,50	1,00	125																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario Control Remoto Trafo	1	1	300	0,50	1,00	150																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario SCADA WF	1	1	300	0,50	1,00	150																																																																																																																																																																																																																																																												
EQUIPOS BT																																																																																																																																																																																																																																																																		
Calefacción, alumbrado y enchufe - Armario CCTV SE	1	1	250	0,50	1,00	125																																																																																																																																																																																																																																																												
Enchufes - Sala Celdas MT	1	2	660	0,50	0,90	733																																																																																																																																																																																																																																																												
Enchufes - Sala Celdas MT	1	1	5 265	0,50	0,90	2 925																																																																																																																																																																																																																																																												
Enchufes - Sala Control y Protecciones	1	3	660	0,50	0,90	1 100																																																																																																																																																																																																																																																												
Enchufes - Sala SSAA	1	3	660	0,50	0,90	1 100																																																																																																																																																																																																																																																												
Enchufes - Sala Baterías	1	1	660	0,50	0,90	367																																																																																																																																																																																																																																																												
Enchufes - Sala SCADA	1	4	660	0,50	0,90	1 467																																																																																																																																																																																																																																																												
Aire acondicionado - Sala Celdas MT	1	1	4 000,0	0,70	0,85	3 294																																																																																																																																																																																																																																																												
Aire acondicionado - Sala Control y Protecciones	1	1	4 000,0	0,70	0,85	3 294																																																																																																																																																																																																																																																												
Aire acondicionado - Sala SSAA	1	1	3 000,0	0,70	0,85	2 471																																																																																																																																																																																																																																																												
Aire acondicionado - Sala Baterías	1	1	3 000,0	0,70	0,85	2 471																																																																																																																																																																																																																																																												
Aire acondicionado - Sala SCADA	1	1	3 000,0	0,70	0,85	2 471																																																																																																																																																																																																																																																												
Calefacción tablero TGCC	1	1	60	1,00	1,00	60																																																																																																																																																																																																																																																												
Alimentación Tablero Almacén (QP1-CA)	1	1	8 875	1,00	1,00	8 875																																																																																																																																																																																																																																																												
TOTAL [VA]						44 568																																																																																																																																																																																																																																																												
TOTAL CON MARGEN DE RESERVA (15%) [VA]						51 254																																																																																																																																																																																																																																																												
<p>4.1 CARGAS SS/AA CA ESENCIALES</p>																																																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ítem</th> <th>Cant.</th> <th>Fases</th> <th>Pot. unit. [W]</th> <th>Factor utilización (FU)</th> <th>Factor Potencia (FP)</th> <th>Pot. Total c/ FU y FP (VA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="7">EQUIPOS AT</td> </tr> <tr> <td>Caja control refrigerado - Trafo poder</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3 550</td> <td>1,00</td> <td>0,90</td> <td>3 944</td> </tr> <tr> <td>Caja control OLTC - Trafo poder</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2 250</td> <td>1,00</td> <td>0,90</td> <td>2 500</td> </tr> <tr> <td colspan="7">CONTROL, PROTECCIONES Y COMUNICACIONES</td> </tr> </tbody> </table>							Ítem	Cant.	Fases	Pot. unit. [W]	Factor utilización (FU)	Factor Potencia (FP)	Pot. Total c/ FU y FP (VA)	EQUIPOS AT							Caja control refrigerado - Trafo poder	1	1	3 550	1,00	0,90	3 944	Caja control OLTC - Trafo poder	1	1	2 250	1,00	0,90	2 500	CONTROL, PROTECCIONES Y COMUNICACIONES																																																																																																																																																																																																																															
Ítem	Cant.	Fases	Pot. unit. [W]	Factor utilización (FU)	Factor Potencia (FP)	Pot. Total c/ FU y FP (VA)																																																																																																																																																																																																																																																												
EQUIPOS AT																																																																																																																																																																																																																																																																		
Caja control refrigerado - Trafo poder	1	1	3 550	1,00	0,90	3 944																																																																																																																																																																																																																																																												
Caja control OLTC - Trafo poder	1	1	2 250	1,00	0,90	2 500																																																																																																																																																																																																																																																												
CONTROL, PROTECCIONES Y COMUNICACIONES																																																																																																																																																																																																																																																																		

Figura 6-8: Hoja 4 de 10 del documento [4]. Resumen de cargas de servicios auxiliares esenciales y no esenciales.



<p>Engineering & Construction</p>				<p>GRE CODE GRE.EEC.C.99.CL.W.13763.16.096.01</p> <p>PAGE 5 di/of 10</p>		
Alimentación - Armario ICT CORP	1	1	10 000	0,30	1,00	3 000
Alimentación - Armario ICT SCADA	1	1	10 000	0,30	1,00	3 000
EQUIPOS BT						
Alimentación auxiliar Generador	1	1	660	0,50	1,00	330
Cargador Baterías 1	1	1	13 750	1,00	0,80	17 188
Cargador Baterías 2	1	1	13 750	1,00	0,80	17 188
Alumbrado - Sala Celdas MT	1	8	65	0,70	1,00	364
Alumbrado - Sala Control y Protecciones	1	6	65	0,70	1,00	273
Alumbrado - Sala SSAA	1	2	65	0,70	1,00	91
Alumbrado - Sala Baterías	1	2	65	0,70	1,00	91
Alumbrado - Sala SCADA	1	4	65	0,70	1,00	182
Alumbrado exterior - Patio/Edificio	1	15	235	0,70	1,00	2 468
Alumbrado exterior - Patio	1	20	235	0,70	1,00	3 290
Alumbrado exterior - Perímetro C1	1	24	22	0,70	1,00	361
Alumbrado exterior - Perímetro C2	1	12	22	0,70	1,00	181
Inversor 125 VCC / 220 VCA	1	1	2 000	0,60	1,00	1 200
Bomba de Agua	1	1	3 000	0,50	0,90	1 667
Alimentación Tablero Control (QP2-CA)	1	1	1 191	1,00	1,00	1 191
TOTAL [VA]						59 699
TOTAL CON MARGEN DE RESERVA (15%) [VA]						68 654
4.2 CARGAS SS/AA CA CRITICAS						
Ítem	Cant.	Fases	Pot. unit. [W]	Factor utilización (FU)	Factor Potencia (FP)	Pot. Total c/ FU y FP (VA)
CONTROL, PROTECCIONES y COMUNICACIONES						
Alimentación HMI - Armario SCADA (SDI)	1	1	1 000	0,50	1,00	500
EQUIPOS BT						
CCTV e Intrusión - Subestación	1	1	500	1,00	1,00	500
Central de incendios	1	1	200	1,00	1,00	200
TOTAL [VA]						1 200
TOTAL CON MARGEN DE RESERVA (15%) [VA]						1 380
4.3 RESUMEN DE CARGAS SS/AA CA						
CUADRO RESUMEN CARGAS CA						TOTAL [VA]
Cargas no esenciales						44 568
Cargas esenciales						59 699
Cargas críticas						1 200
TOTAL						105 467
TOTAL CON MARGEN DE RESERVA (15%)						121 288

Figura 6-9: Hoja 5 de 10 del documento [4]. Resumen de cargas de servicios auxiliares esenciales y no esenciales.





 Engineering & Construction		GRE CODE	GRE.EEC.C.99.CL.W.13763.16.096.01		
		PAGE	6 di/of 10		

5. ESTIMACIÓN DE CARGAS DE SS/AA EN C.C.
 El sistema de alimentación de servicios auxiliares corriente continua considera un sistema con dos (2) Baterías 125 VCC, alimentadas cada una con un (1) Cargador de Baterías, a 380 VCA trifásicos de entrada y 125 VCC de salida, y dos (2) Inversores de 125 VCC de entrada y 220 VCA de salida.
 Todos los equipos de control, protecciones, concentradores de datos, armarios SCADA y switches de comunicaciones se alimentarán en 125 VCC.
 Se dimensionan los bancos de baterías con un factor de envejecimiento de 25% para compensar el decaimiento de capacidad por la vida útil los mismos y una margen de diseño de 10% para desviaciones con respecto a los consumos estimados.
 Se considera que los bancos de baterías se descargaran a corriente constante según la carga estimada en ocho (8) horas.

5.1 CARGAS PERMANENTES
 Los consumos permanentes corresponden a consumos que requieren corrientes del banco durante todo su ciclo obligado de descarga.

Item	Cant.	Pot. unit. [W]	Factor utilización (FU)	Pot. Total c/ FU (W)
EQUIPOS PAÑO T5 220 kV				
Caja control refrigeración – Transformador de poder	1	150	1,00	150
Caja control OLTC - Transformador de poder	1	150	1,00	150
EQUIPOS MT				
Control y Protecciones MT - Celdas MT	14	80	1,00	1120
CONTROL, PROTECCIONES y COMUNICACIONES				
Alimentación - Armario Protección Línea	1	250	1,00	250
Alimentación - Armario Protección Trafo	1	250	1,00	250
Alimentación - Armario Control y Medida Paño	1	250	1,00	250
Alimentación - Armario Telecomunicaciones	1	250	1,00	250
Alimentación - Armario Comunicaciones MT y Control SA	1	250	1,00	250
Alimentación - Armario SCADA (SDI)	1	600	1,00	600
Alimentación - Armario Control Remoto Trafo	1	250	1,00	250
Alimentación - Armario SCADA WF	1	300	1,00	300
Inversor 125 VCC / 220 VCA	1	2 000	1,00	1 200
TOTAL [W]				5 020

5.2 CARGAS MOMENTÁNEAS
 Los consumos de tiempo momentáneo corresponden a consumos impuestos al banco por tiempos menores que un segundo, pero evaluadas como si duraran un minuto. Ejemplos:

- Apertura y cierre de Interruptores
- Carga de resortes en interruptores y Desconectores

Se considera el caso de la carga simultánea de los motores de los interruptores MT, como consumo máximo momentáneo.

Item	Cant.	Pot. unit. [W]	Factor utilización (FU)	Pot. Total c/ FU (W)
Motor interruptor Celda MT	14	300	1	4 200
TOTAL [W]				4 200

5.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS BANCOS DE BATERÍAS
 Una vez obtenidas las potencias por cada tipo de consumo, se dimensiona la capacidad que debe proveer el banco de batería existente. El ciclo de trabajo (duty cycle) de cada banco de baterías se representa en el siguiente gráfico.

Figura 6-10: Hoja 6 de 10 del documento [4]. Resumen de cargas en corriente continua.





ANEXO VI BANCO DE CONDENSADORES

En la Figura 6-11 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 hoja de datos.

 Engineering & Construction				GRE CODE GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.125.00
				PAGE 4di/of9
GUARANTEED DATA SHEETS				
CAPACITOR BANK				
	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
D CAPACITORS				
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
D.12 Overvoltage in 24h				
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
AND COUPLING REACTANCE				
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
F SWITCH FOR CAPACITIVE LOADS				
F.1	Quantity (per stage)	each	1	1
F.2	Brand	-	By Manufacturer	TBD

Figura 6-11: Hoja 4 de 12 del documento [5]. Hoja de datos del banco de condensadores.



ANEXO VII TRANSFORMADOR ZIGZAG

En la Figura 6-12 se presentan las características principales del transformador ZigZag del Parque Eólico La Cabaña. Las mismas fueron extraídas del documento “GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.124.03_CTG_ZigZag - CEA (Rev Final)” [9].

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)	Nafténico
C.7.3	Densidad	-	Por Fabricante	0.84 g/cm ³ (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		
HOJAS DE DATOS GARANTIZADOS TRANSFORMADOR ZIGZAG				
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	OFRECIDO
C.9	Material de los enrollados	-	Aluminio o Cobre	Cobre
C.10	Corriente de cortocircuito a soportar 10s (3I ₀)	A	400	400
C.11	Potencia continua de neutro (Continua)	kVA	229	228.6
C.12	Potencia térmica de neutro (Temporária)	kVA	7621	7621
C.13	Reactancia de secuencia cero (X ₀)	Ω/fase	140,8	143
C.14	Impedancia Máxima a 75°C	%	Por Fabricante	N.A.

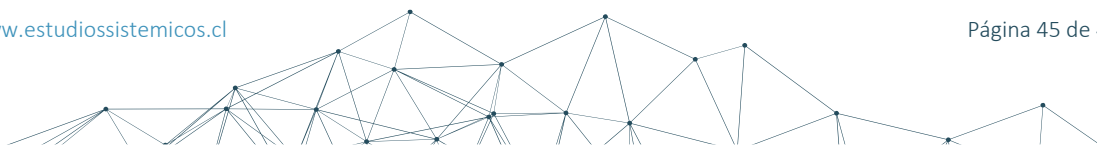
Figura 6-12: Características principales del transformador ZigZag. Documento





7. REFERENCIAS

- [1] Coordinador Eléctrico Nacional, Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.
- [2] Goldwind, GW-08FW.1316_Goldwind 4MW(S) WTGs Grid Connection Performance_A.
- [3] Goldwind, Consumo aerogeneradores - GW-08FA.0601 GW155-4.8 V40R02C100 Wind Turbine Own Consumption Technical Description.
- [4] CJR, Consumo servicios auxiliares - GRE.EEC.C.99.CL.W.13763.16.096.01.
- [5] CJR, Banco de condensadores - GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.125.00.
- [6] Goldwind, GW-08CP.0139 GOLDWIND GW155-4.5(4.6_4.7_4.8).
- [7] CHNT, Transformador principal - ID3580 - Anexo 3 Ensayos FAT.
- [8] CEA, Transformador de SSAA - GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.123.02.
- [9] CJR, GRE.EEC.R.99.CL.W.13763.16.124.03_CTG_ZigZag - CEA (Rev FInal).
- [10] CNE, NTSyCS: Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, Septiembre 2020.





FIN DEL DOCUMENTO



ESTUDIOS
SISTÉMICOS
POR UN MUNDO MAS RENOVABLE

www.estudiossistemicos.cl

Email: contacto@estudiossistemicos.cl

Fono: +562 3307 6960

Móvil: +569 7898 7194

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

