

**Empresa**  
**País**  
**Proyecto**  
**Descripción**

**ENGIE**  
**Chile**  
**Parque Eólico Calama**  
**Informe de Mínimo Técnico**



**CÓDIGO DE PROYECTO** EE-2019-259  
**CÓDIGO DE INFORME** EE-EN-2023-1370  
**REVISIÓN** A

**31 oct. 23**



Este documento **EE-EN-2023-1370-RA** fue preparado para ENGIE por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

**Ing. Andrés Capalbo**  
Sub-Gerente Dpto. Ensayos  
[andres.capalbo@estudios-electricos.com](mailto:andres.capalbo@estudios-electricos.com)

**Ing. Claudio Celman**  
Sub-Gerente Dpto. Ensayos  
[claudio.celman@estudios-electricos.com](mailto:claudio.celman@estudios-electricos.com)

**Ing. Pablo Rifrani**  
Gerente Dpto. Ensayos  
[pablo.rifrani@estudios-electricos.com](mailto:pablo.rifrani@estudios-electricos.com)

Informe realizado en colaboración con todas las empresas del grupo: **Estudios Eléctricos S.A., Estudios Eléctricos Chile, Estudios Eléctricos Colombia y Electrical Studies Corp.**

Este documento contiene 29 páginas y ha sido guardado por última vez el 31/10/2023 por César Colignon; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Comentarios</b>	<b>Realizó</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>
A	31.10.2023	Para presentar	JP	CiC	AC

Todas las firmas digitales pueden ser validadas y autenticadas a través de la web de Estudios Eléctricos; <http://www.estudios-electricos.com/certificados>.



# Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
	1.1 Fecha ensayo y personal auditor .....	4
	1.2 Medidores utilizados .....	4
	1.3 Nomenclatura utilizada .....	5
<b>2</b>	<b>ASPECTOS NORMATIVOS.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PARQUE.....</b>	<b>8</b>
	3.1 Unifilar de planta.....	8
	3.1 Datos de los aerogeneradores.....	15
	3.2 Datos de los transformadores de bloque.....	17
	3.3 Datos del transformador principal .....	18
	3.4 Bancos de condensadores.....	19
	3.5 Datos de consumos de SSAA de planta .....	19
<b>4</b>	<b>DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO.....</b>	<b>20</b>
	4.1 Ensayo de Mínimo Técnico.....	21
	4.1.1 Potencia Bruta .....	22
	4.1.2 Potencia de Servicios Auxiliares .....	23
	4.1.3 Potencia de Pérdidas en la central .....	23
	4.1.4 Potencia Neta .....	24
	4.1.5 Resultados .....	25
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>27</b>
	6.1 Certificado de calibración del medidor de energía.....	27
	6.2 Antecedentes de Mínimo Técnico aerogeneradores .....	28



# 1 Introducción

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar el Mínimo Técnico del Parque Eólico Calama de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras”, cuyos aspectos más relevantes se destacan en la Sección 2.

La determinación del Mínimo Técnico realizado en el contexto de la entrada en operación del parque se muestra en el documento: “EE-EN-2021-1669-RB\_Minimo\_Tecnico\_PE\_Calama”.

El Parque Eólico Calama se encuentra ubicado en la comuna de Calama, región de Antofagasta. Está constituido por 36 aerogeneradores marca SIEMENS GAMESA, modelo CR45-6P. El parque se encuentra en un proceso de ampliación que consiste en una modificación de software de los aerogeneradores que permite un aumento de la capacidad de las unidades de 4.2 MW a 4.5 MW cada uno, totalizando una nueva capacidad instalada de 162.0 MW según se describe en el NUP 3126.

Cada aerogenerador cuenta con un transformador de bloque de 5.5 MVA (AF) y relación 0.69 kV / (33 kV  $\pm$  2 x 2.5%), que interconecta la salida de cada aerogenerador con la red de MT.

La red colectora del Parque Eólico Calama cuenta con 9 alimentadores en 33 kV que se conectan a la barra principal de 33 kV de la S/E PE Calama. Luego, un transformador de poder de relación 33 kV / (220 kV  $\pm$  11 x 1.25%) de 106/146/175 MVA (ONAN/ONAF1/ONAF2) de potencia aparente nominal permite la inyección de potencia generada al Sistema Eléctrica Nacional mediante una derivación de la línea 1x220 Calama – Lasana.

## 1.1 Fecha ensayo y personal auditor

Personal	Fecha de ensayo
Ing. Iñaki Cubillos	11 de octubre de 2023

Tabla 1.1 – Personal participante

## 1.2 Medidores utilizados

Denominación	Marca	Modelo	Precisión
Analizador de energía	Janitza	UMG 512-pro	$\pm$ 0.2

Tabla 1.2 – Equipos utilizados

Además de lo mostrado en la Tabla 1.2, se cuenta con datos complementarios del sistema controlador de planta adquiridos mediante el SCADA de la central el cual cuenta con una tasa de muestreo de 4 segundo para todas las mediciones de aerogeneradores.

### 1.3 Nomenclatura utilizada

La Figura 1.1 muestra un sistema equivalente de conexión de un parque eólico, el cual nos permite identificar y definir los siguientes elementos:

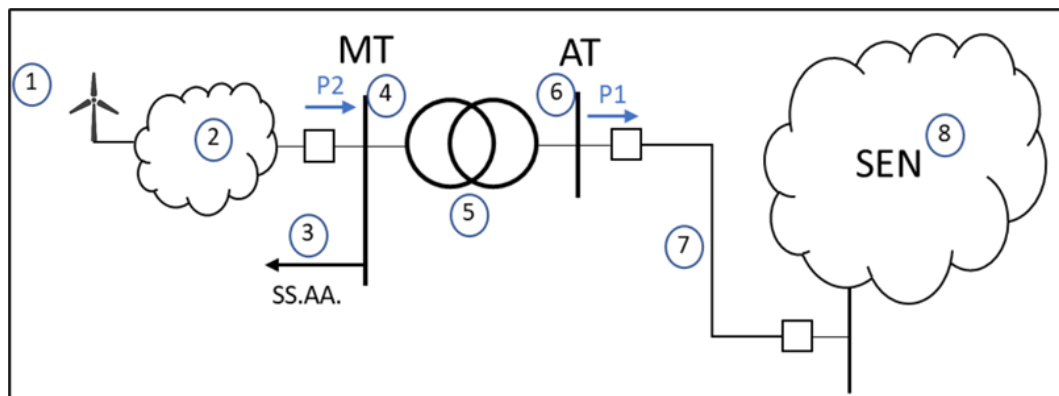


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque eólico

- 1) **Generador equivalente:** Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada aerogenerador del parque eólico.
- 2) **Pérdidas en sistema colector del parque (Pcolector):** Corresponde a las pérdidas del sistema colector del parque eólico, principalmente en cables de baja y media tensión, y en los transformadores colectores que elevan de baja a media tensión.
- 3) **Servicios Auxiliares de la central (SS.AA.).**
- 4) **Barra de media tensión (MT):** Corresponde a la tensión en el lado de baja tensión del transformador de poder del parque eólico.
- 5) **Transformador de Poder:** Equipo elevador presente en la subestación de salida del parque eólico.
- 6) **Barra de alta tensión (AT):** Corresponde a la tensión en el lado de alta tensión del transformador de poder del parque eólico.
- 7) **Línea dedicada de la central:** Línea de alta tensión que vincula el parque eólico con el sistema eléctrico.
- 8) **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**



A partir de las definiciones anteriores, el presente informe considera la siguiente nomenclatura:

- ✓ **P1:** Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) del parque [MW].
- ✓ **P2:** Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque [MW].
- ✓ **Pperd:** Pérdidas de potencia activa en línea de transmisión [MW] (ver número "7" en Figura 1.1).
- ✓ **Ptrafo:** Pérdidas activas en el transformador de poder del parque [kW].
- ✓ **SS.AA.:** Servicios Auxiliares del parque [kW].
- ✓ **Pcolector:** Pérdidas en el sistema colector del parque [kW] (ver número "2" en Figura 1.1).
- ✓ **Pneta,med:** Potencia neta sin corregir.
- ✓ **Pbruta,med:** Potencia bruta sin corregir.
- ✓ **Pbruta,corr:** Potencia bruta corregida por velocidad de viento.



## 2 ASPECTOS NORMATIVOS

El “**Anexo Técnico**: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras” 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 sistema. Este mínimo deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de la unidad.

Se determinan valores de Mínimo Técnico, considerando la condición operativa del Parque Eólico Calama, es decir, con todos los aerogeneradores y elementos de la red colectora en servicio y en condiciones de operación estables.



## 3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Eólico Calama está constituido por 36 aerogeneradores SIEMENS GAMESA modelo CR45-6P de 4.5 MVA de potencia aparente nominal y 690 V de tensión de operación nominal. Cada aerogenerador cuenta con un transformador de bloque de 5.5 MVA (AF) y relación 0.69 kV / (33 kV  $\pm$  2 x 2.5%), que interconecta la salida de cada aerogenerador con la red de MT.

La red colectora del Parque Eólico Calama cuenta con 9 alimentadores en 33 kV que se conectan a la barra principal de 33 kV de la S/E Parque Eólico Calama. En cada alimentador se interconectan 4 aerogeneradores. Adicionalmente, la red interna tiene 2 alimentadores con bancos de capacitores de 10 MVAR de capacidad cada uno,

Finalmente, un transformador de poder de relación 33 kV / (220 kV  $\pm$  11 x 1.25%) de 106/146/175 MVA (ONAN/ONAF1/ONAF2) de potencia aparente nominal permite la inyección de la potencia generada al Sistema Eléctrica Nacional mediante una derivación de la línea 1x220 Calama – Lasana.

### 3.1 Unifilar de planta

A continuación, se presenta en la Figura 3.1 el diagrama unilineal de la S/E Parque Eólico Calama. En tanto, en las Figura 3.2 a Figura 3.10, se presenta el detalle de cada alimentador de 33 kV.





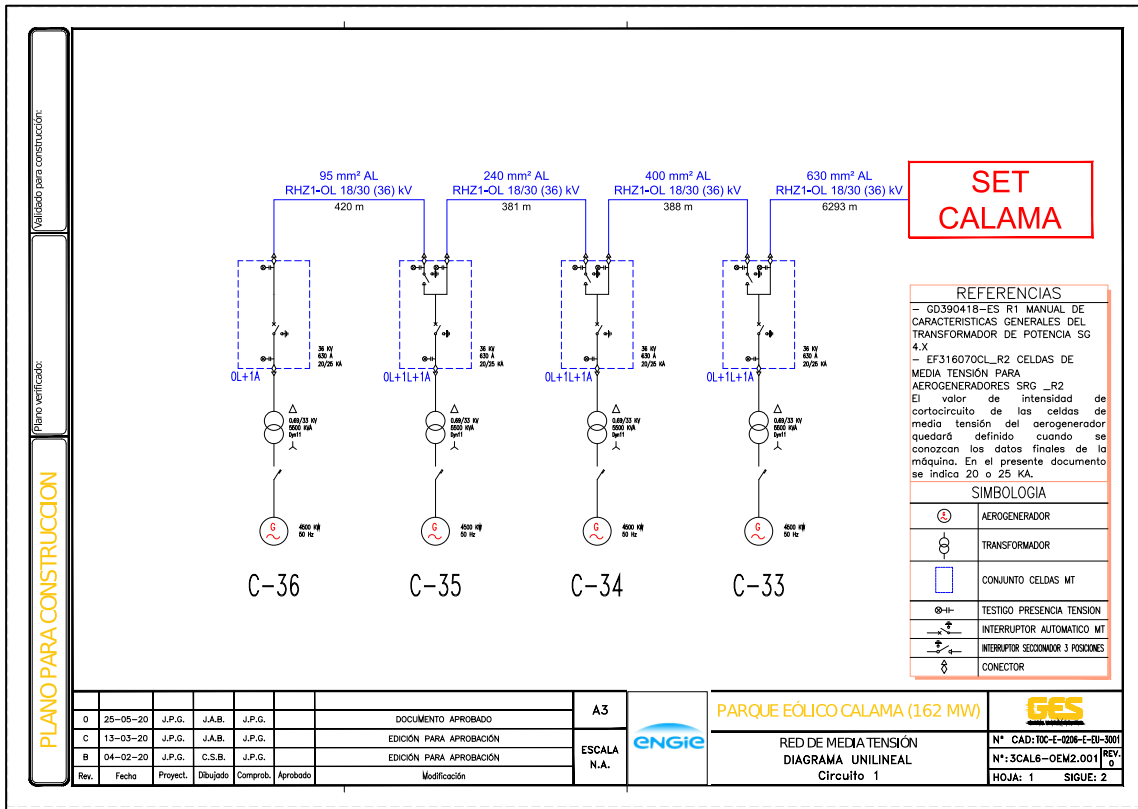


Figura 3.2 – Diagrama unilineal circuito colector 1

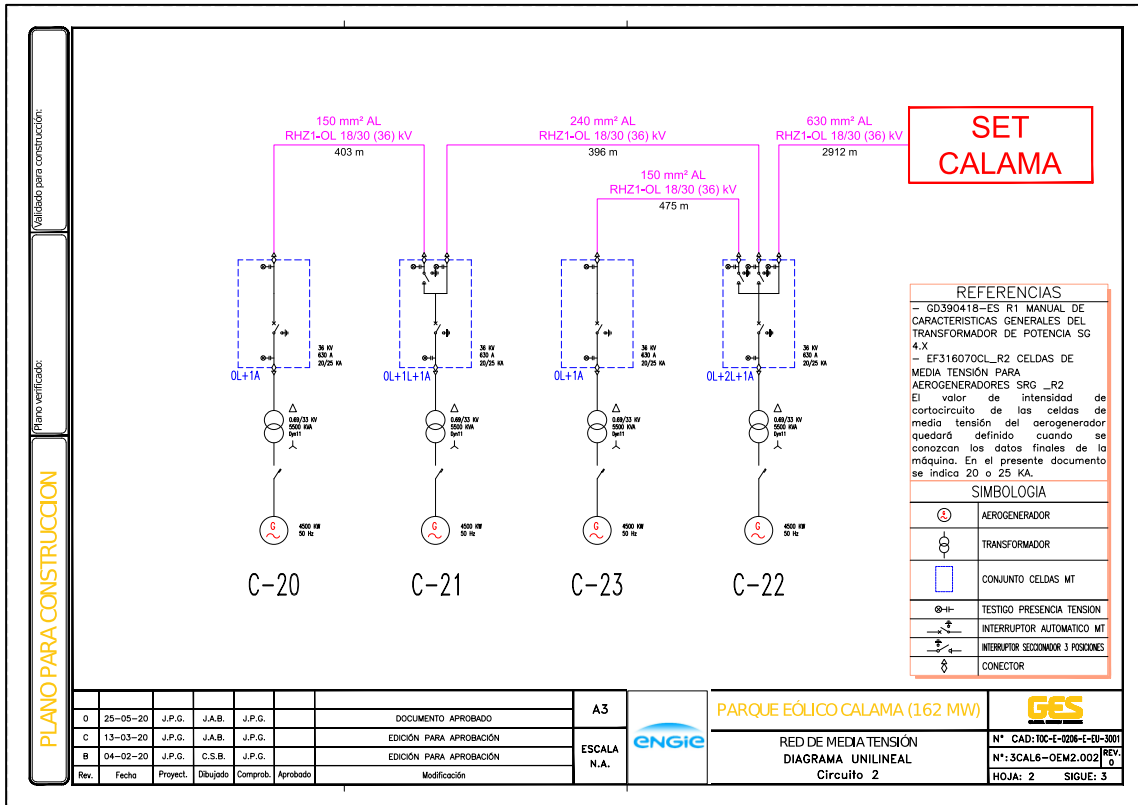


Figura 3.3 – Diagrama unilineal circuito colector 2

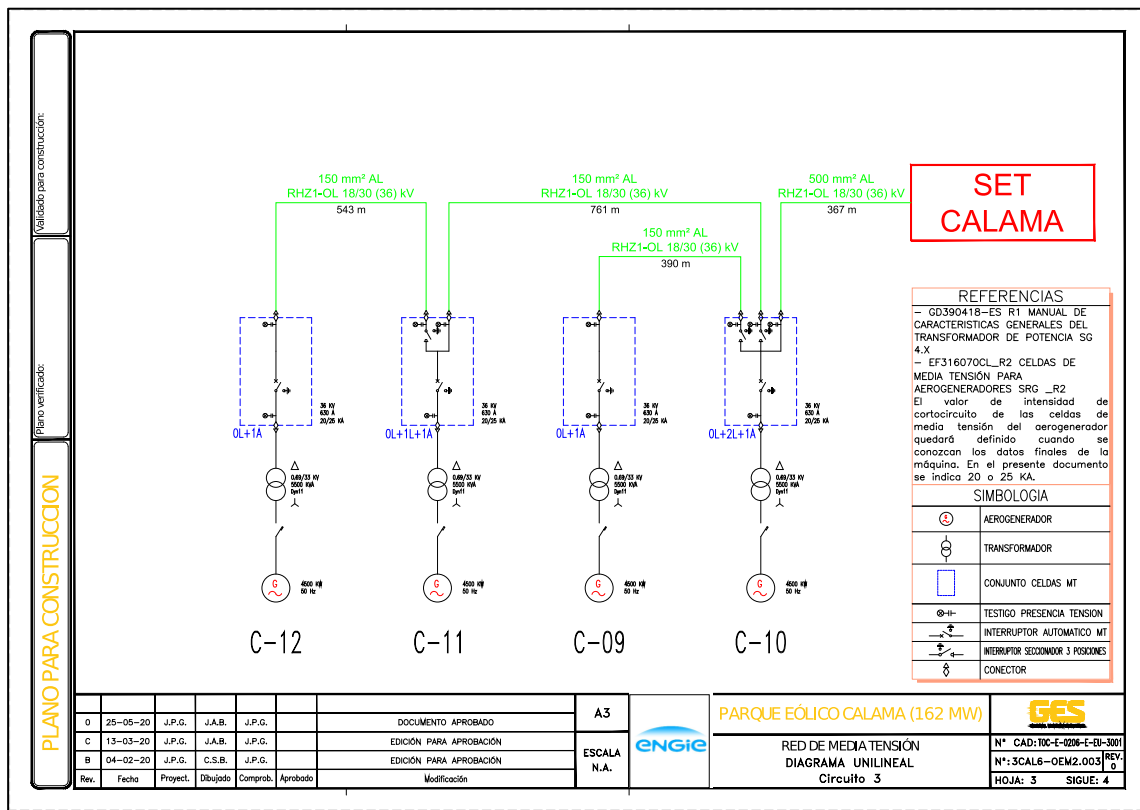


Figura 3.4 – Diagrama unilineal circuito colector 3

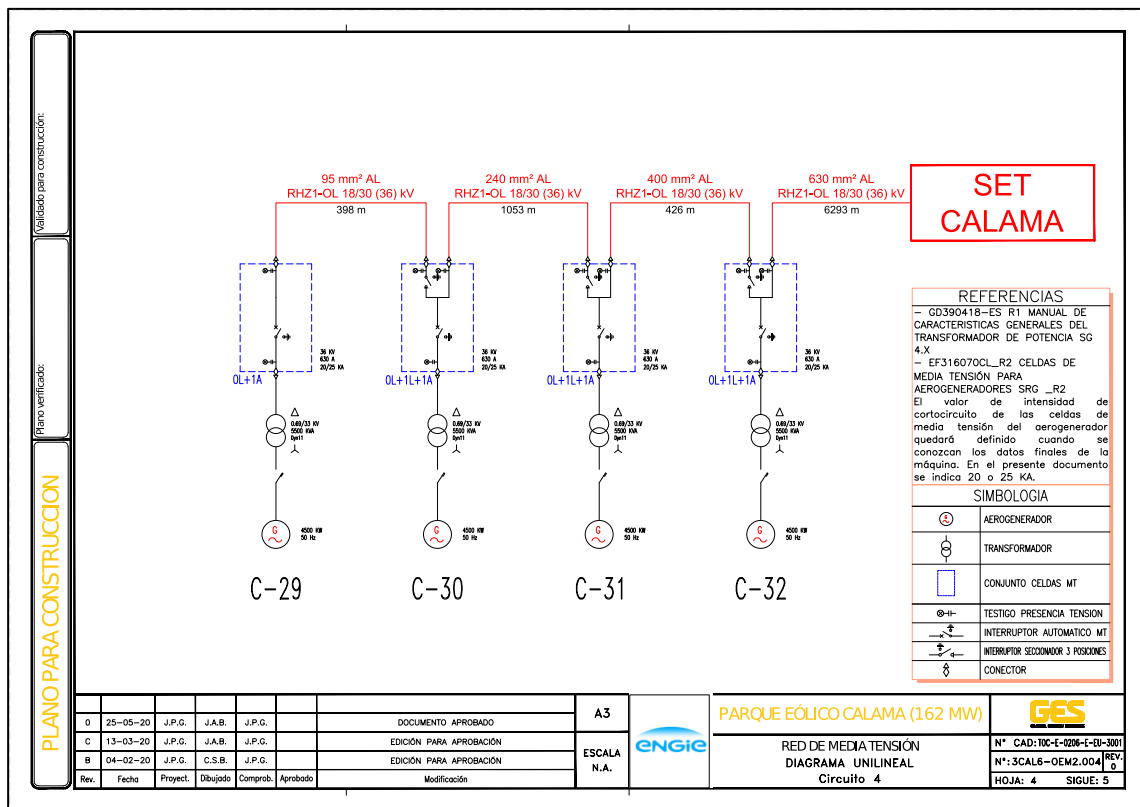


Figura 3.5 – Diagrama unilineal circuito colector 4

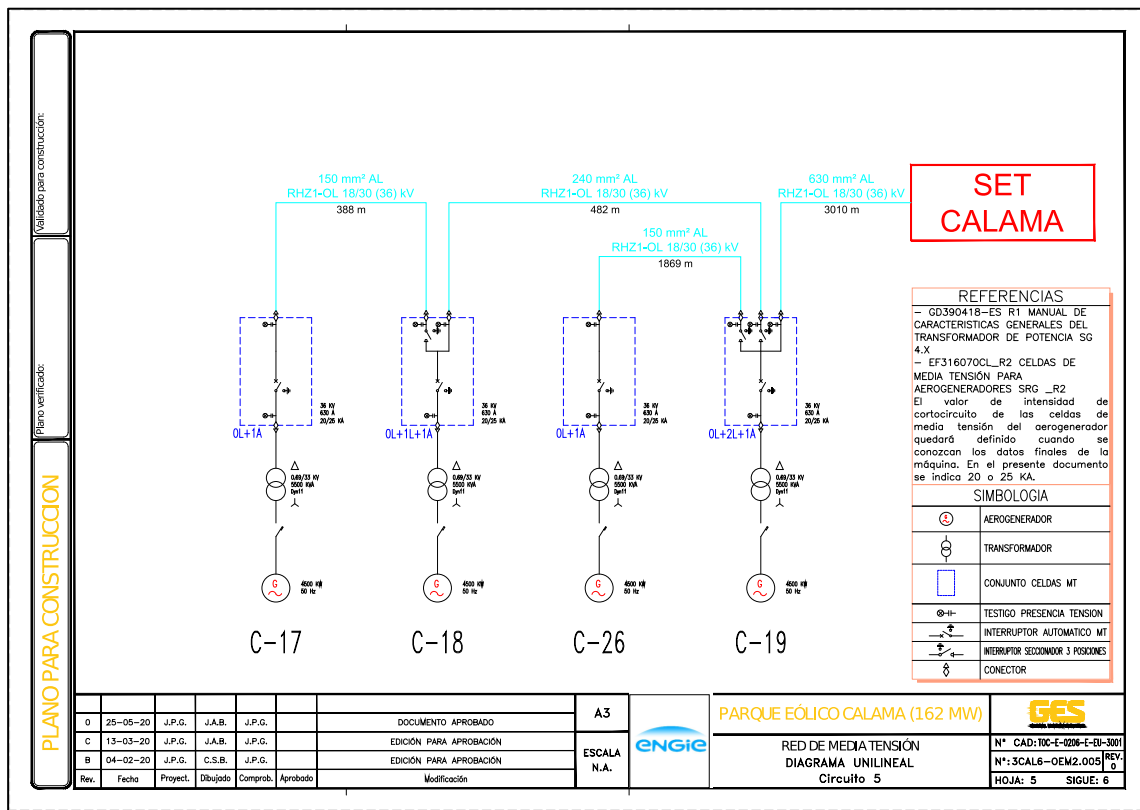


Figura 3.6 – Diagrama unilineal circuito colector 5

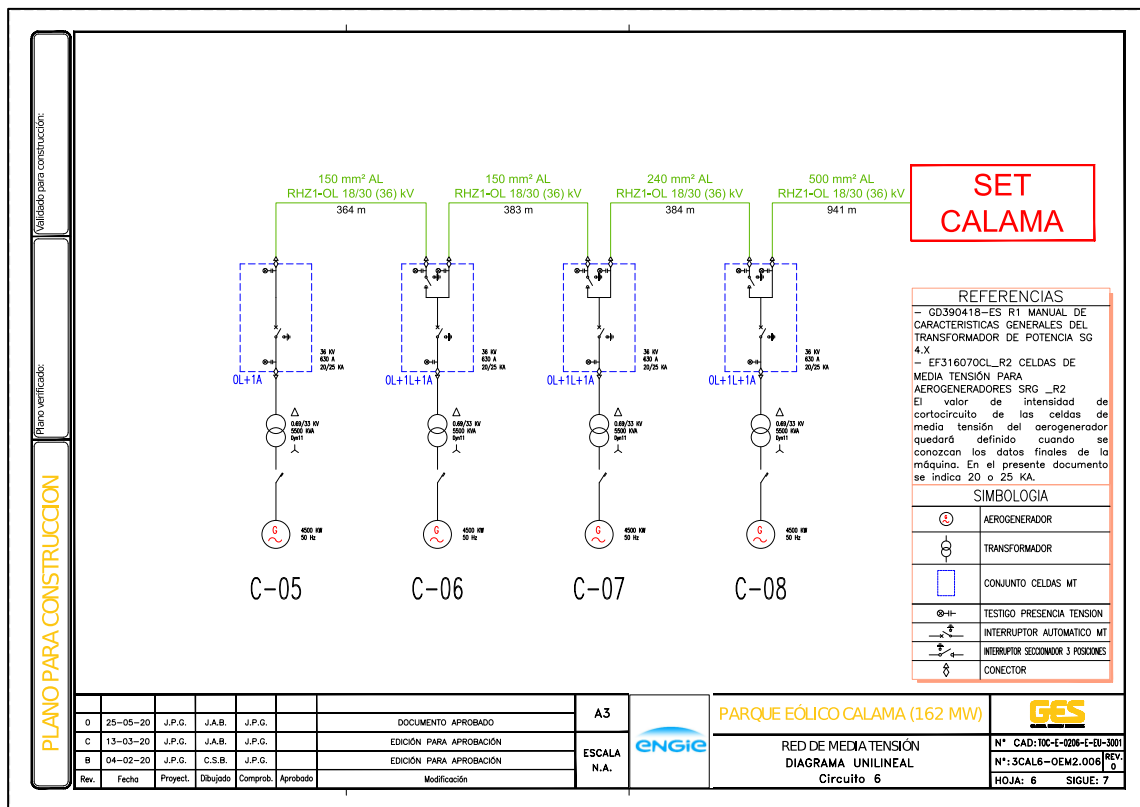


Figura 3.7 – Diagrama unilineal circuito colector 6

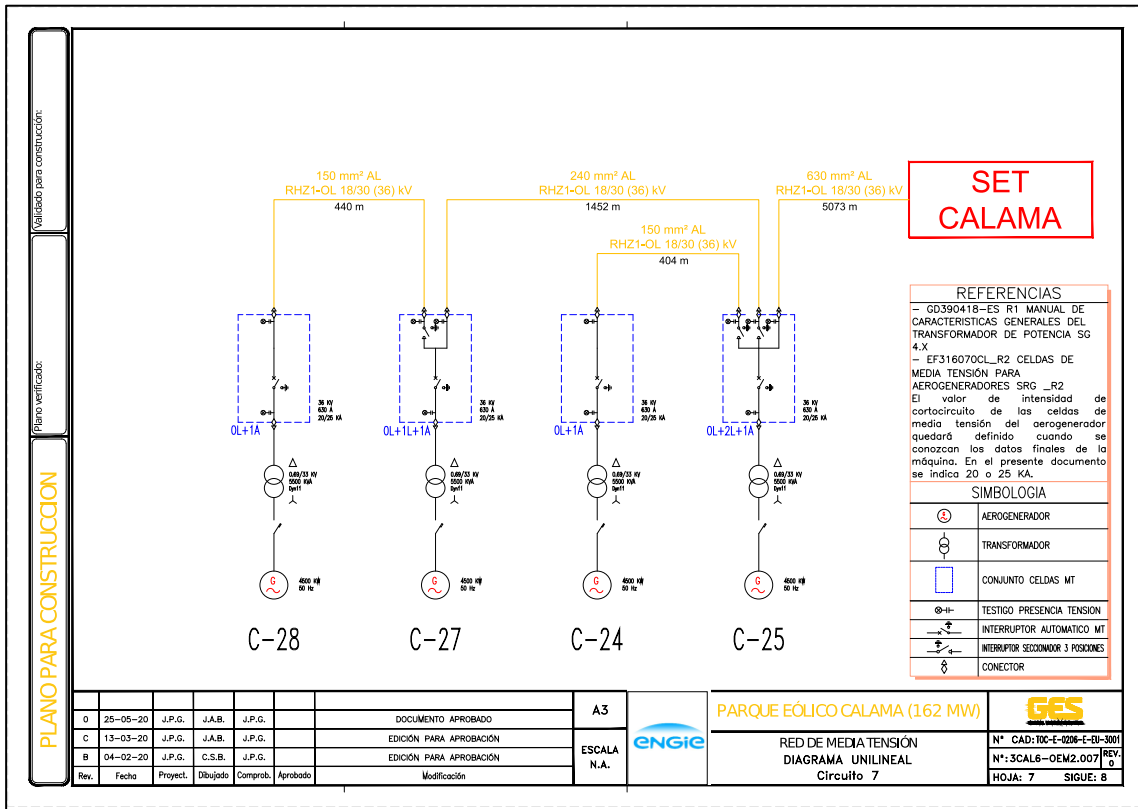


Figura 3.8 – Diagrama unilineal circuito colector 7

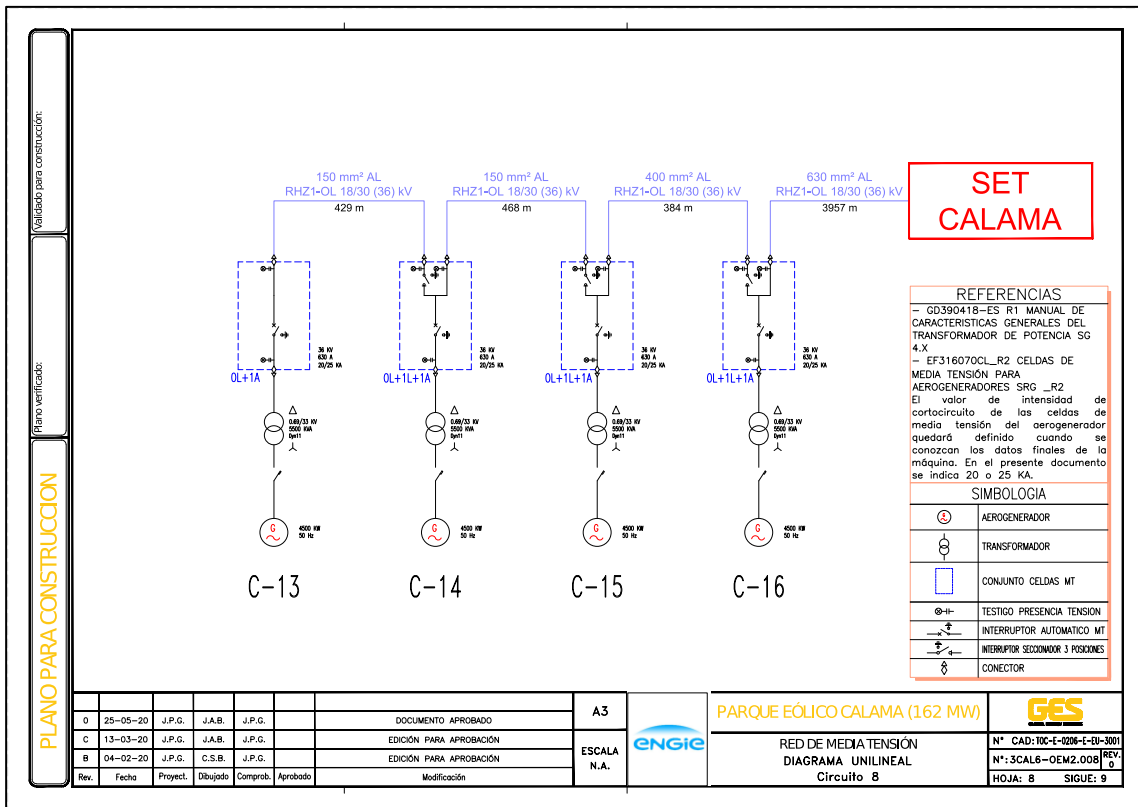
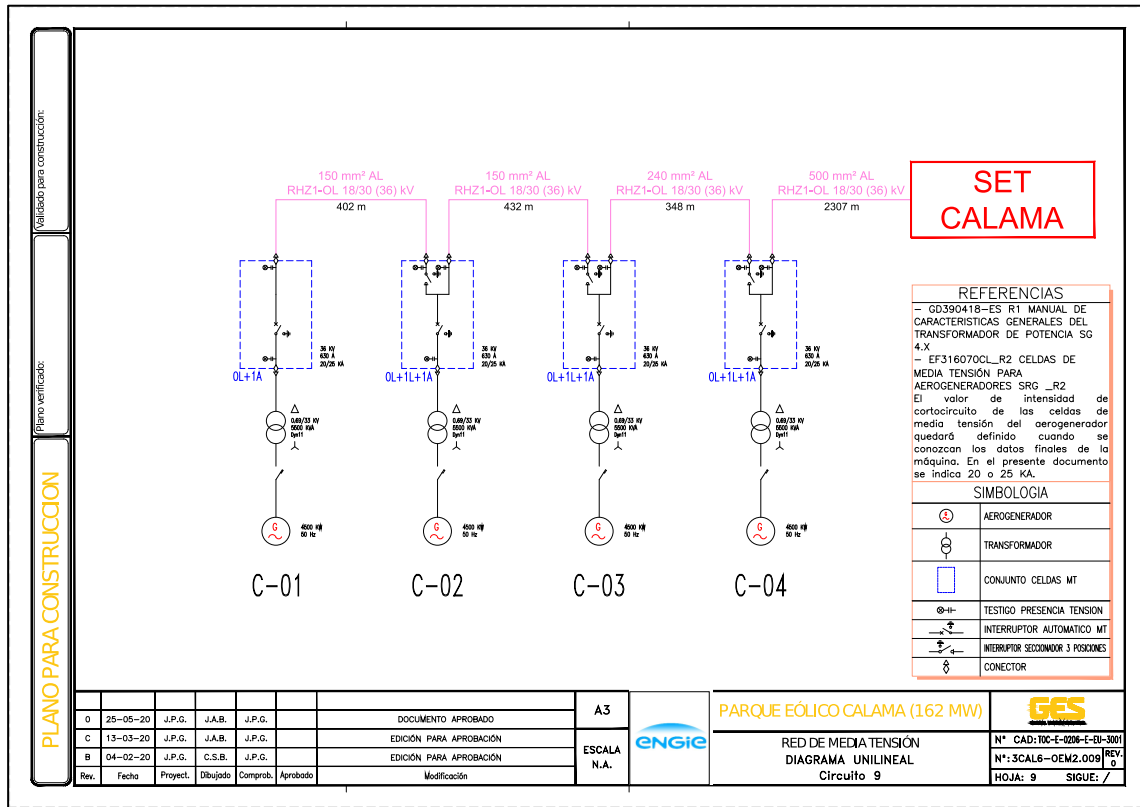


Figura 3.9 – Diagrama unilineal circuito colector 8





### 3.1 Datos de los aerogeneradores

El Parque Eólico Calama cuenta con 36 aerogeneradores marca SIEMENS GAMESA, modelo CR45-6P, de 4.5 MW de capacidad nominal y 690 V de tensión de operación nominal. Se presentan en la Figura 3.11 las características nominales de los aerogeneradores.

Los aerogeneradores son del tipo 3, es decir, generadores de inducción doblemente alimentados y cuentan con un convertidor de potencia en el enrollado del rotor.

Según informa el fabricante de los aerogeneradores, el valor mínimo de potencia activa que permite la operación estable de los aerogeneradores es del 5% de la capacidad nominal, es decir, aproximadamente 225 kW en sus bornes (ver anexo 6.2).

<b>Potencia nominal</b>	4,5 MW
<b>Frecuencia</b>	50Hz / 60Hz
<b>Diámetro del rotor</b>	145 m
<b>Ángulo de la punta de la pala</b>	Regulación del control del paso
<b>Referencia de la densidad del aire</b>	1,225 kg/m <sup>3</sup>

Figura 3.11 – Datos nominales de aerogeneradores

La curva de capacidad de los aerogeneradores se presenta en la Figura 3.12.

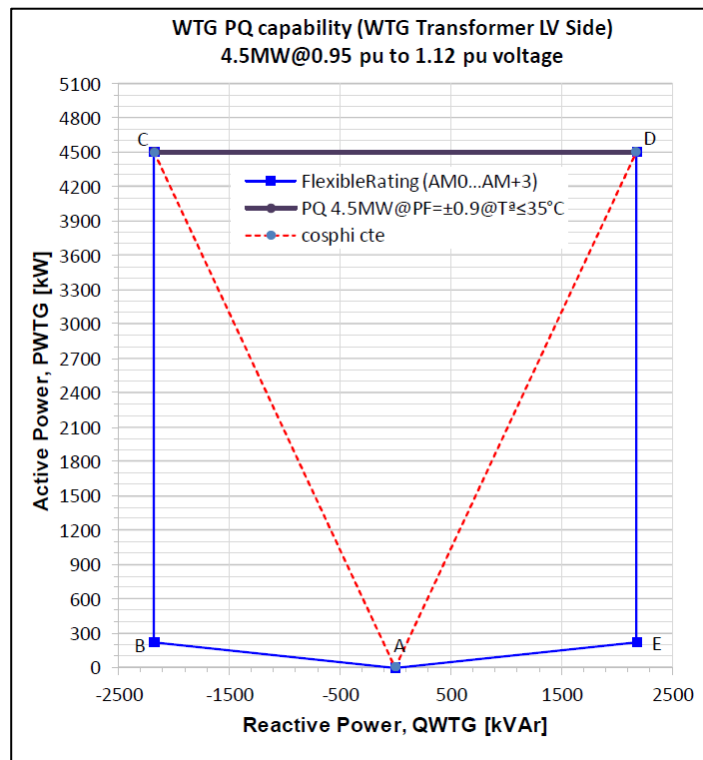


Figura 3.12 – Curva de capacidad del aerogenerador



Finalmente se presenta en la Figura 3.13 la curva de potencia según velocidad del viento del aerogenerador.

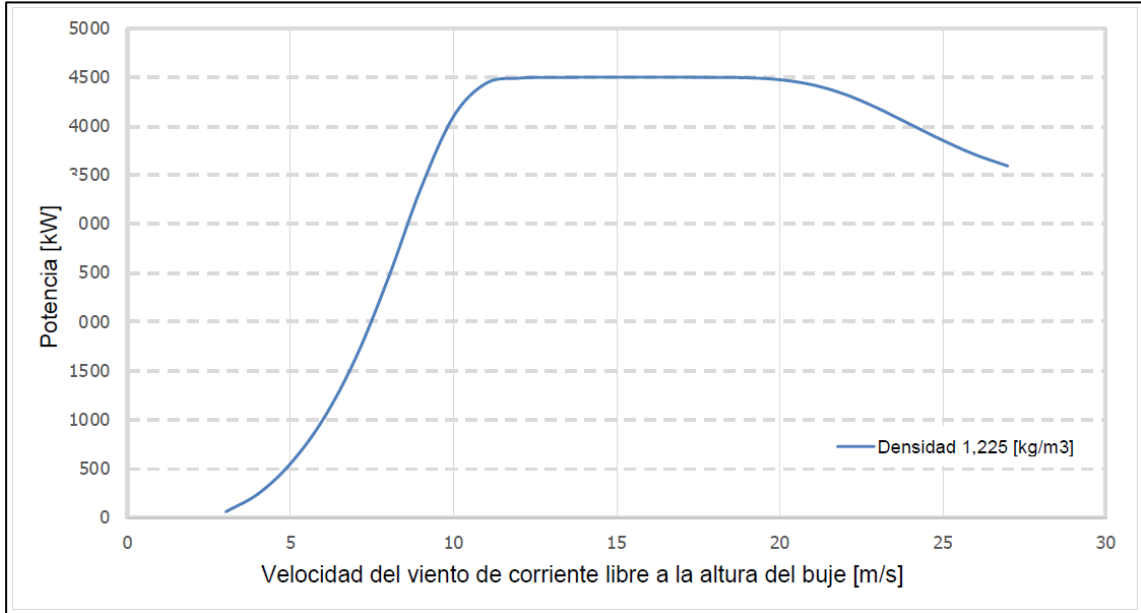


Figura 3.13 – Curva Viento/potencia para los grupos de aerogeneradores





### 3.2 Datos de los transformadores de bloque

El Parque Eólico Calama cuenta con 36 transformadores de bloque de 5.5 MVA de potencia aparente nominal cada uno. El devanado de baja tensión permite la interconexión de los aerogeneradores en 690 V y los devanados de media tensión permiten la inyección de potencia en la red de 33 kV. Los transformadores cuentan con cambiador de tomas que no puede ser operado bajo carga.

A continuación, se presentan en la Tabla 3.1 los parámetros más relevantes para el modelado de los transformadores.

<b>Característica</b>	<b>Nominal</b>
<b>Potencia Nominal</b>	5.5 MVA
<b>Refrigeración</b>	AF
<b>Tensión nominal lado HV</b>	33 kV
<b>Tensión nominal lado LV</b>	0.69 kV
<b>Grupo de conexión</b>	Dyn11
<b>Impedancia (HV-LV)</b>	8.89 %
<b>Pérdidas en carga</b>	38.77 kW
<b>Pérdidas en vacío</b>	7.8 kW
<b>Posiciones de TAP</b>	$\pm 2 \times 2.5$ %

Tabla 3.1 – Datos de los transformadores de bloque



### 3.3 Datos del transformador principal

El Parque Eólico Calama cuenta con un transformador principal, ubicado en la S/E Elevadora PE Calama. Es de potencia nominal 106/146/175 MVA según método de enfriamiento ONAN/ONAF1/ONAF2. Este transformador cuenta con un devanado de baja tensión de 33 kV y un arrollamiento de alta tensión de 220 kV. El transformador posee cambiador de tomas bajo carga.

A continuación, se presentan en la Tabla 3.2 los parámetros más relevantes para el modelado del transformador.

Parámetros	Valor nominal
Potencia Nominal	106/146/175 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF1/ONAF2
Tensión nominal lado HV	220.0 kV
Tensión nominal lado LV	33.0 kV
Grupo de conexión	YNd1
Impedancia	19.88 %
Pérdidas en carga	555.61 kW
Pérdidas en vacío	57.75 kW
Posiciones de TAP	±11 x 1.25 %

Tabla 3.2 – Datos del transformador principal



### 3.4 Bancos de condensadores

El Parque Eólico Calama cuenta con 2 bancos de capacitores, de capacidad nominal 10 MVar cada uno. Se presentan en la Tabla 3.3 los parámetros más relevantes para su modelado.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Potencia Nominal</b>	10 MVar
<b>Tensión Nominal</b>	33 kV
<b>N° de etapas</b>	1
<b>Capacidad instalada por etapa</b>	11.900 MVar @36 kV

Tabla 3.3 – Datos de los bancos de capacitores

### 3.5 Datos de consumos de SSAA de planta

El Parque Eólico Calama cuenta con dos transformadores trifásico de poder para alimentar sus servicios auxiliares de 100 kVA de potencia aparente nominal cada uno. Estos transformadores cuentan con un devanado de baja de 380 V y un arrollamiento de alta tensión de 33 kV.

El consumo total de los transformadores de SSAA corresponde a 10.0 kW estables según se ha presentado en el documento *EE-EN-2021-1670-RA\_Potencia\_Maxima\_PE\_Calama*.

Se adjunto el registro obtenido de los transformadores de servicios auxiliares durante un período de operación estable de 1 hora.

Adicionalmente, se cuenta con el registro de los consumos auxiliares de cada aerogenerador durante el período de pruebas. Este valor debe ser sumado al valor de potencia activa medido a la salida de los aerogeneradores para obtener el valor de potencia bruta.



## 4 DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO

El Mínimo Técnico corresponde al menor valor de potencia activa bruta que el parque es capaz de mantener de manera estable. Tal como se ha mencionado en el capítulo 2 se determina el **Mínimo Técnico con el parque completamente operativo**, es decir, con los 36 aerogeneradores del parque en servicio.

Para la prueba realizada, se reportan los valores de potencia según se desglosan en la siguiente tabla de resultados, las definiciones se encuentran a continuación.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [MW]
Calama	(1)	(2)	(3)	(4)

Tabla 4.1 – Tabla resumen de valores a presentar

- (1) **Potencia Bruta del Parque:** Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada aerogenerador del parque Parque Eólico Calama.
- (2) **Potencia de SS.AA.:** Corresponde a la suma de los consumos propios de cada aerogenerador, más los SS.AA. de la central
- (3) **Pérdidas en la central:** Corresponde a la suma de las pérdidas en el transformador de poder de la central (kW) y de las pérdidas en el sistema colector de media tensión.
- (4) **Potencia Neta del parque:** Potencia inyectada en el lado de alta tensión del transformador de poder del parque.



## 4.1 Ensayo de Mínimo Técnico

El día 11 de octubre de 2023 se realizó el ensayo de Mínimo Técnico considerando el parque completamente operativo. Para lograr esta condición se debe buscar el valor mínimo de potencia que permite la operación estable y segura del parque con la totalidad de aerogeneradores en servicio.

En la Figura 4.1 se presenta la suma de potencia medida en bornes de todos los aerogeneradores y la suma de los consumos auxiliares de cada unidad. En tanto, la Figura 4.2 muestra la potencia neta del parque, registrada en el lado de 220 kV del transformador principal del Parque Eólico Calama.

Considerando el valor de 9.3436 MW que totaliza la medición realizada en las 36 unidades en servicio, se obtiene un despacho aproximado de 260 kW, correspondiente al 5.8% de la potencia nominal de los aerogeneradores, cercano a lo informado por el fabricante.

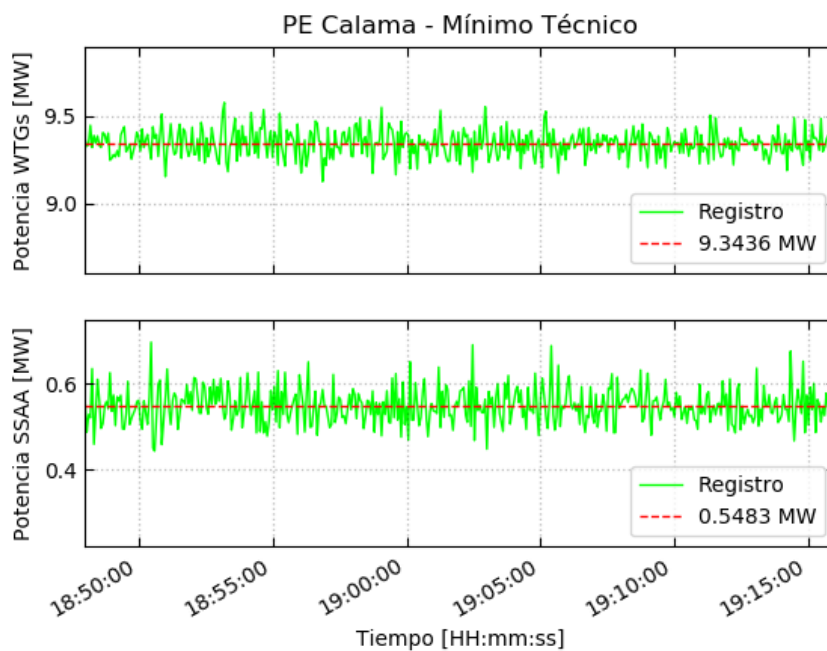


Figura 4.1 – Mínimo Técnico – Potencia aerogeneradores y consumos propios

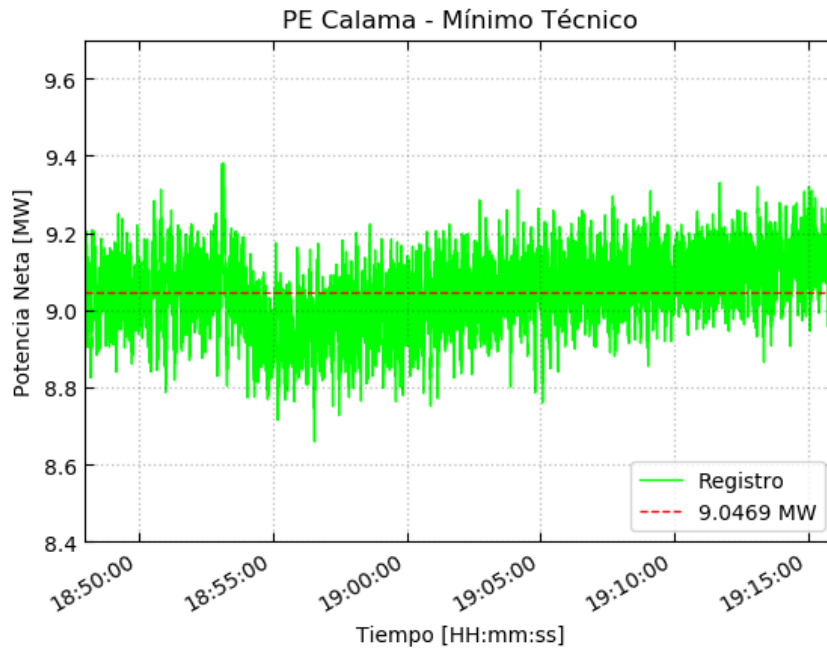


Figura 4.2 – Mínimo Técnico – Potencia Neta

A continuación, se realiza el cálculo de los valores de potencia según se desglosan en la Tabla 4.1.

#### 4.1.1 Potencia Bruta

La medición de potencia de los aerogeneradores presentada en la Figura 4.1 se realiza en bornes de los equipos, en un punto posterior a la medición de servicios auxiliares de la propia turbina, por lo tanto, para obtener la **Potencia Bruta**, se le deben sumar los consumos propios de los aerogeneradores.

$$P_{bruta} = \sum_i P_{WTG_i} + \sum_i P_{SSAA_i}$$

$$P_{bruta} = 9.3436 \text{ MW} + 0.5483 \text{ MW} = 9.8919 \text{ MW}$$

Cabe mencionar que el valor de 9.8919 MW de potencia bruta se corresponde al menor valor obtenido tal que la operación del parque fuese estable con todos los aerogeneradores conectados.



#### 4.1.2 Potencia de Servicios Auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares corresponde a la suma de los consumos propios de cada aerogenerador más los Servicios Auxiliares del parque.

En la Figura 4.1 se muestra el registro del total de consumos de todos los aerogeneradores. En tanto, el consumo del transformador de SSAA corresponde a 10.0 kW estables según se ha mencionado en la sección 3.5. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = \sum_i P_{SSAA_{WTG_i}} + P_{tr.SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 0.5483 \text{ MW} + 0.0100 \text{ MW} = 0.5583 \text{ MW}$$

#### 4.1.3 Potencia de Pérdidas en la central

La Potencia de Pérdidas en la central corresponde a la suma de las pérdidas en el transformador de poder de la central (kW) y de las pérdidas en el sistema colector de media tensión.

En base a las mediciones realizadas durante el ensayo de Mínimo Técnico, el cálculo de la Potencia de Pérdidas en la central se realiza considerando la diferencia entre la potencia medida en bornes de aerogeneradores y la Potencia Neta del Parque.

Además, se debe considerar el valor de potencia del transformador de servicios auxiliares, cuya lectura durante las pruebas fue de 10.0 kW.

La expresión para el cálculo de **Potencia de Pérdidas en la central** se presenta a continuación.

$$P_{perd,central} = P_{WTGs} - P_{SSAA} - P_{Neta}$$

$$P_{perd,central} = 9.3436 \text{ MW} - 0.0100 \text{ MW} - 9.0469 \text{ MW} = 0.2867 \text{ MW}$$

El valor de **Potencia de Pérdidas en la central** debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en transformador principal ( $P_{perd,tr_{pal}}$ )
- Pérdidas en red colectora de media tensión ( $P_{perd,redMT}$ )



En la Tabla 3.2 se presentan los valores de pérdida en vacío y carga del transformador principal, cabe mencionar que el valor de pérdidas en carga está referido a la condición de potencia nominal del equipo y deben ser determinadas en la condición de carga particular del ensayo. La expresión de pérdidas del transformador principal es la siguiente.

$$P_{perd, tr_{ppal}} = Pérdidas_{carga} + Pérdidas_{vacío}$$

Las pérdidas en carga en este escenario se pueden aproximar a 0.0 kW, ya que el nivel de carga del transformador principal es cercano al 5%. Por lo tanto, las pérdidas en el transformador principal quedan dadas por la siguiente expresión.

$$P_{perd, tr_{ppal}} = 0.0 \text{ kW} + 57.75 \text{ kW} = 57.75 \text{ kW}$$

En tanto, el valor de pérdidas en la red colectora queda determinado por la siguiente ecuación.

$$P_{perd, redMT} = P_{perd, central} - P_{perd, tr_{ppal}}$$

$$P_{perd, redMT} = 286.7 \text{ kW} - 57.75 \text{ kW} = 228.95 \text{ kW}$$

$$P_{perd, redMT} = 0.2289 \text{ MW}$$

#### 4.1.4 Potencia Neta

La Potencia Neta corresponde a la potencia en el lado de alta tensión del transformador de poder del parque. En este caso se obtiene un valor de **Potencia Neta** de 9.0469 MW, considerando la operación estable de todos los aerogeneradores.

$$P_{neta} = 9.0469 \text{ MW}$$





#### 4.1.5 Resultados

En base a los cálculos presentados en las secciones precedentes y los registros operacionales, se muestra a continuación la tabla resumen de resultados.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
Calama	9.8919	0.5583	0.2867	9.0469

Tabla 4.2 – Mínimo Técnico – Parque Eólico Calama



## 5 CONCLUSIONES

En el presente informe, se ha determinado el Mínimo Técnico para el Parque Eólico Calama en su configuración de operación normal, es decir, con todos los aerogeneradores en servicio.

Se demuestra que, en condiciones de generación normal, el parque posee una potencia bruta mínima de 9.8919 MW resultando en una inyección de 9.0469 MW en el POI, correspondiente al lado de alta tensión del transformador de poder.

La Tabla 5.1 resume los resultados obtenidos.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
Calama	9.8919	0.5583	0.2867 <sup>1</sup>	9.0469

Tabla 5.1 – Mínimo Técnico – Parque Eólico Calama

<sup>1</sup> Desglosado en 57.75 kW de pérdidas en el transformador principal y 228.95 kW en la red de media tensión.



## 6 ANEXOS

### 6.1 Certificado de calibración del medidor de energía

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN			
 <b>ESTUDIOS ELECTRICOS</b>			
Estudios Eléctricos declara que el instrumento:			
Instrumento	Número de Serie:	Última Calibración	
JANITZA UMG 512 Pro	4201/5361	9/5/2023	
<p>Fue calibrado siguiendo los lineamientos establecidos en el procedimiento EE-MP-2009-156_05 Control de Equipos habiéndose encontrado conforme y quedando habilitado para su uso.</p> <p>Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:</p>			
Instrumento Patrón	Número de Serie:	Última calibración	Próxima calibración
Valija de Inyección OMICRON CMC 256-6	JG677S	29/10/2021	29/10/2024

Fecha de evaluación: 9/5/2023  
Certificado número: EE-CI-2023-0604

Nombre Inspector: Leiss, Jorge  
Firma:



## 6.2 Antecedentes de Mínimo Técnico aerogeneradores

A continuación, se presenta un correo enviado por el fabricante de los equipos, en el que se informa el valor de potencia mínima de cada aerogenerador de aproximadamente el 5% del valor nominal de cada turbina.

Buen día Jose Luis.

Mediante la presente, Siemens Gamesa Renewable Energy establece que las condiciones de diseño de los aerogeneradores SG – 4.5 145 instalados en el Parque Eólico Calama le permiten operar de manera permanente, estable y segura **en presencia del recurso eólico** a una potencia mínima igual al 5% de su valor nominal.

La reducción de potencia en presencia de recurso eólico se consigue incrementando el ángulo de inclinación (Pitch Angle) de las palas. De esta manera, para ángulos mayores de inclinación, el sistema de control del aerogenerador lo pasa al estado "Pausa" para evitar que la potencia activa no pueda ser controlada, así como también para evitar la aparición de esfuerzos que ocasionen una reducción acelerada en la vida útil de sus principales componentes.

Saludos cordiales.

**Mauricio García Parada**  
PROGRAM DIRECTOR  
LATAM, On Shore

**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY

**Siemens Gamesa LATAM**



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.