

Empresa: AES Andes

País: Chile

Proyecto: Parque Eólico Los Olmos

Descripción: Informe de Mínimo Técnico

Código de Proyecto: EE-2020-212

Código de Informe: EE-EN-2021-2295

Revisión: B



5 de enero de 2022



Este documento EE-EN-2021-2295-RB fue preparado para AES Andes por Estudios Eléctricos. Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Claudio Celman

Coordinador Dpto. Ensayos

claudio.celman@estudios-electricos.com

Ing. Andrés Capalbo

Coordinador Dpto. Ensayos

andres.capalbo@estudios-electricos.com

Ing. Pablo Rifrani

Gerente Dpto. Ensayos

pablo.rifrani@estudios-electricos.com

www.estudios-electricos.com

Este documento contiene 32 páginas y ha sido guardado por última vez el 07/01/2022 por César Colignon, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	5/01/2022	Para presentar.	CiC	AC	PR
B	7/01/2022	Correcciones según observaciones de AES.	CiC	AC	PR

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



Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	Fecha ensayo y personal auditor	4
1.2	Medidores utilizados.....	4
1.3	Definiciones y Nomenclatura	5
2	ASPECTOS NORMATIVOS	7
3	DESCRIPCIÓN DEL PARQUE	8
3.1	Unifilar de planta.....	8
3.2	Datos de los aerogeneradores	16
3.3	Datos de los transformadores de bloque.....	18
3.4	Datos del transformador de poder	19
3.5	Datos de consumos de SSAA de planta.....	20
4	DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO	21
4.1	Mínimo Técnico considerando sólo un aerogenerador en servicio.....	22
4.1.1	Potencia Bruta.....	23
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
4.2	Mínimo Técnico con el parque completamente operativo.....	26
4.2.1	Potencia Bruta.....	27
4.2.2	Potencia de Servicios Auxiliares	27
4.2.3	Potencia de Pérdidas en la central	27
4.2.4	Potencia Neta	29
4.2.5	Resultados	29
5	CONCLUSIONES	30
6	ANEXOS	31
6.1	Certificado de calibración de medidor de potencia neta.....	31



1 INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar el Mínimo Técnico del Parque Eólico Los Olmos 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.

El Parque Eólico Los Olmos se ubica en la región del Biobío, emplazado en la comuna de Mulchén, y tiene una potencia instalada de 110.4 MW. El parque se vincula al SEN mediante un transformador elevador de relación 33 kV / (220 kV \pm 10 \times 1.25%) y 90/120 (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal. El lado de 220 kV del transformador de poder corresponde al punto de interconexión (POI) del parque con el SEN.

1.1 Fecha ensayo y personal auditor

Personal	Fecha de ensayo
Ing. César Colignon	16 de diciembre de 2021

1.2 Medidores utilizados

Denominación	Marca	Modelo	Precisión
Analizador de energía	ELSPEC	BlackBox G4500	\pm 0.1%

Tabla 1.1 – Equipos utilizados

Además de lo mostrado en la Tabla 1.1, 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 1 segundo y medidas de todos los aerogeneradores adquiridas con una tasa de muestreo de 1 minuto.



1.3 Definiciones y Nomenclatura

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

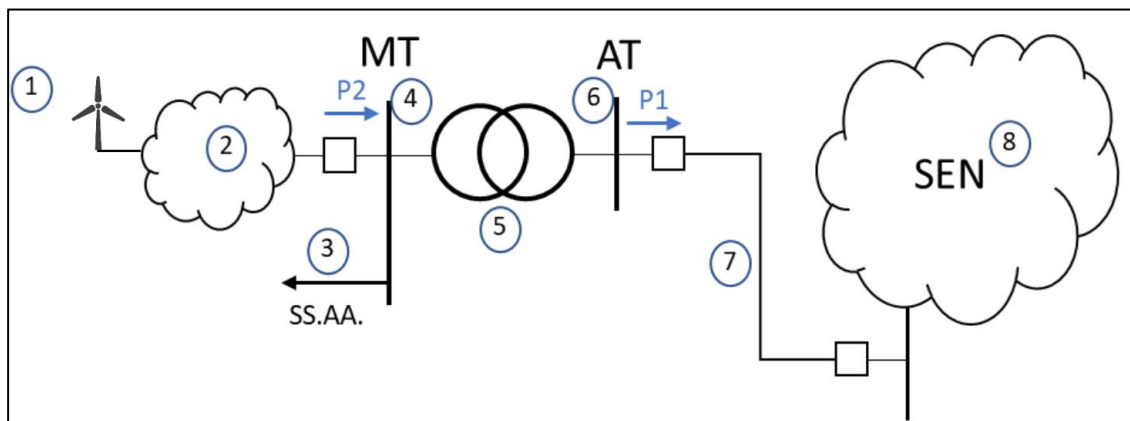


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque eólico

- 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]. Este valor corresponde a la **Potencia Neta (Pneta)** del parque.
- ✓ **P2:** Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque [MW].
- ✓ **Pbruta:** Suma de los aportes distribuidos de potencia activa inyectada por los aerogeneradores a nivel de baja tensión (BT) del parque [MW] (ver número "1" en Figura 1.1).
- ✓ **Pperd:** Pérdidas de potencia activa en línea de transmisión [kW] (ver número "7" en Figura 1.1).
- ✓ **Ptrafo:** Pérdidas activas en el transformador de poder del parque [kW].
- ✓ **Pssaa:** Potencia de Servicios Auxiliares del parque [kW].
- ✓ **Pcolector:** Pérdidas en el sistema colector del parque [kW] (ver número "2" en Figura 1.1).



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 distintas condiciones operativas del Parque Eólico Los Olmos, entre las que se distinguen los siguientes escenarios:

- **Mínimo Técnico con el parque completamente operativo:** valor de potencia activa bruta mínima con la cual el parque puede operar considerando todos los aerogeneradores y elementos de la red colectora en servicio y en condiciones de operación estables.
- **Mínimo Técnico considerando sólo un aerogenerador en servicio:** valor de potencia activa bruta mínima entrega por un **único aerogenerador** que permite tener un valor de potencia activa neta de 0 MW.



3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Eólico Los Olmos está constituido por 23 aerogeneradores NORDEX modelo Delta4000 de 4.8 MW de potencia nominal y 690 V de tensión de operación nominal. Al momento de realizar las pruebas, se encontraba la totalidad de aerogeneradores operativos.

Cada aerogenerador cuenta con un transformador de bloque de 5.35 MVA (KFWF) y relación 0.69 kV / (30 kV + 4 x 2.5%), que interconecta la salida de cada aerogenerador con la red de MT.

La red colectora del Parque Eólico Los Olmos cuenta con 5 alimentadores en 33 kV que se conectan a la barra principal de 33 kV de la S/E Los Olmos. Luego, un transformador de poder de relación 33 kV / (220 kV \pm 10 x 1.25%) y 90/120 (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal permite la inyección de potencia generada al Sistema Eléctrica Nacional. El valor de potencia activa neta declarado en el POI es de 100.0 MW.

3.1 Unifilar de planta

La red interna de media tensión (MT) del parque se encuentra compuesta por 5 alimentadores en MT. La disposición de los aerogeneradores dentro de dichos circuitos es la siguiente:

- Circuito N°1: Aerogeneradores AE-01, AE-02 y AE-07.
- Circuito N°2: Aerogeneradores AE-03, AE-04, AE-05 y AE-06.
- Circuito N°3: Aerogeneradores AE-08, AE-09, AE-10, AE-11, AE-12 y AE-13.
- Circuito N°4: Aerogeneradores AE-15, AE-16, AE-17, AE-18 y AE-19.
- Circuito N°5: Aerogeneradores AE-20, AE-21, AE-22, AE-23 y AE-24.

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama unilineal de la S/E Los Olmos. En tanto en la Figura 3.2 se muestra la barra principal de 33 kV del parque. Finalmente, en las Figura 3.3 a Figura 3.7, se presenta el detalle de cada alimentador de 33 kV.

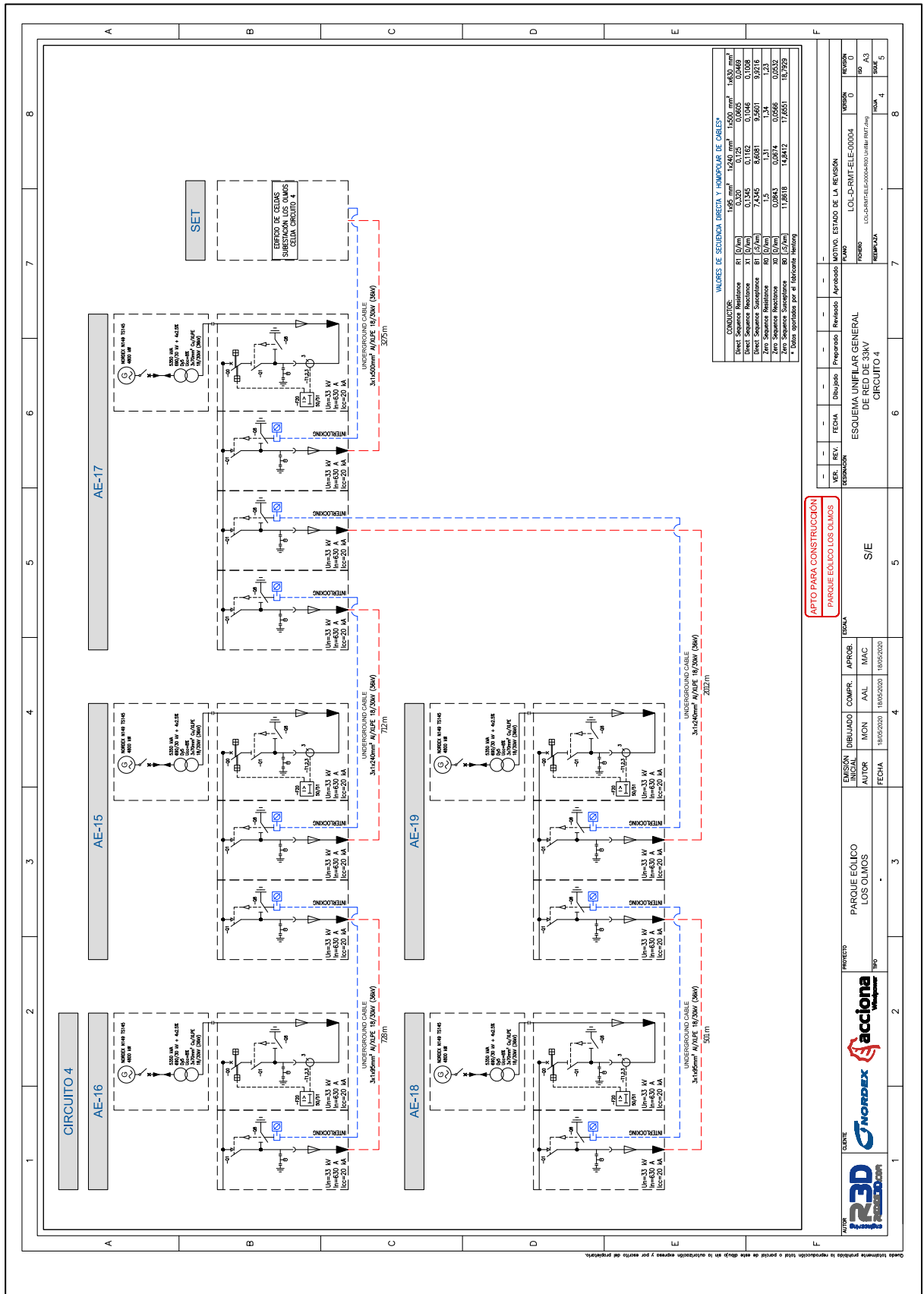


Figura 3.6 - Diagrama unilineal circuito colector 4

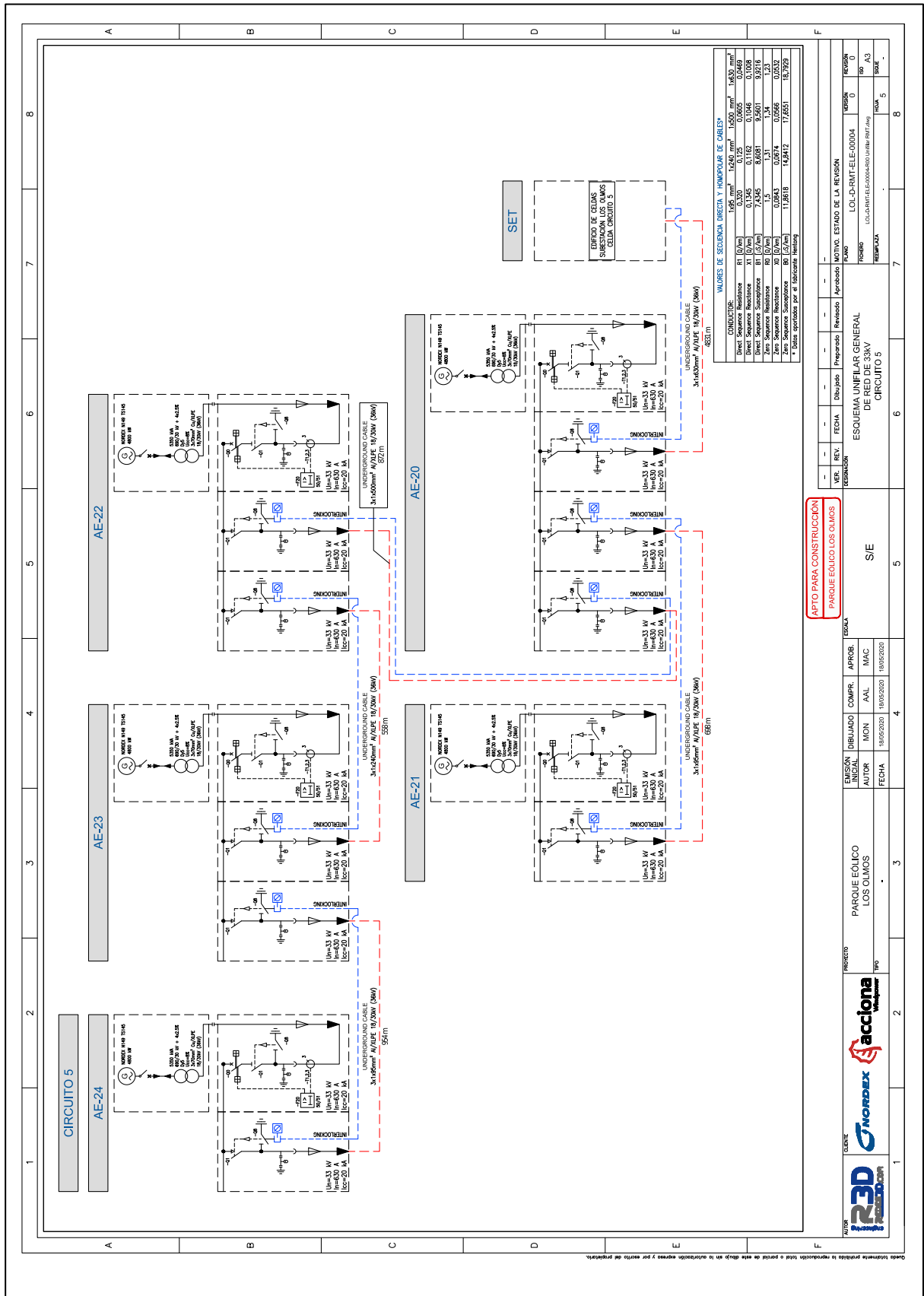


Figura 3.7 - Diagrama unilineal circuito colector 5



3.2 Datos de los aerogeneradores

El Parque Eólico Los Olmos está constituido por 23 aerogeneradores NORDEX modelo Delta400 de 4.8 MW de potencia nominal y 690 V de tensión de operación nominal. Los parámetros nominales se presenta en la Figura 3.8.

2.1 Electrical Operating Ranges

Delta4000 WT's feature the following basic electrical operating ranges.

WT	Characteristic data	Values	
Delta4000	Nominal frequency	50 Hz	60 Hz
	Frequency operating range	47.5 Hz – 53.0 Hz continuously 47.0 Hz – 47.5 Hz for 5 min	57.0 Hz – 62.0 Hz continuously 62.0 Hz – 62.4 Hz for 30 min 62.4 Hz – 62.5 Hz for 5 s
	Frequency gradients	4 Hz/s continuously 8 Hz/s for 1 s	
	Nominal voltage (U_{nom})	660 V / 690 V	
N149/4.0-4.5	Voltage operating range	87 % U_{nom} – 115 % U_{nom}	
	Nominal active power P_{nom} (depending on power mode)	up to 4800 kW	
N149/5.X N163/5.X	Nominal voltage (U_{nom})	750 V	
	Voltage operating range	87 % U_{nom} – 115 % U_{nom}	
	Nominal active power P_{nom} (depending on power mode)	N149/5.X: up to 5900 kW N163/5.X: up to 5700 kW	

Figura 3.8 – Datos nominales de aerogeneradores

La curva de capacidad de los aerogeneradores se presenta en la Figura 3.9.

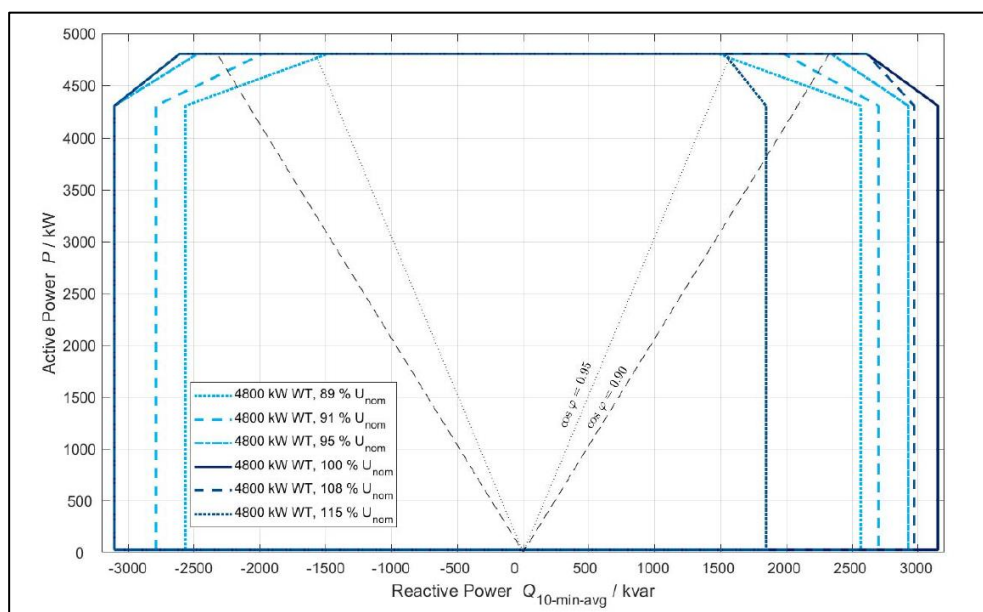


Figura 3.9 – Curva de capacidad del aerogenerador



Se presenta en la Figura 3.10 la curva de potencia según viento del aerogenerador.

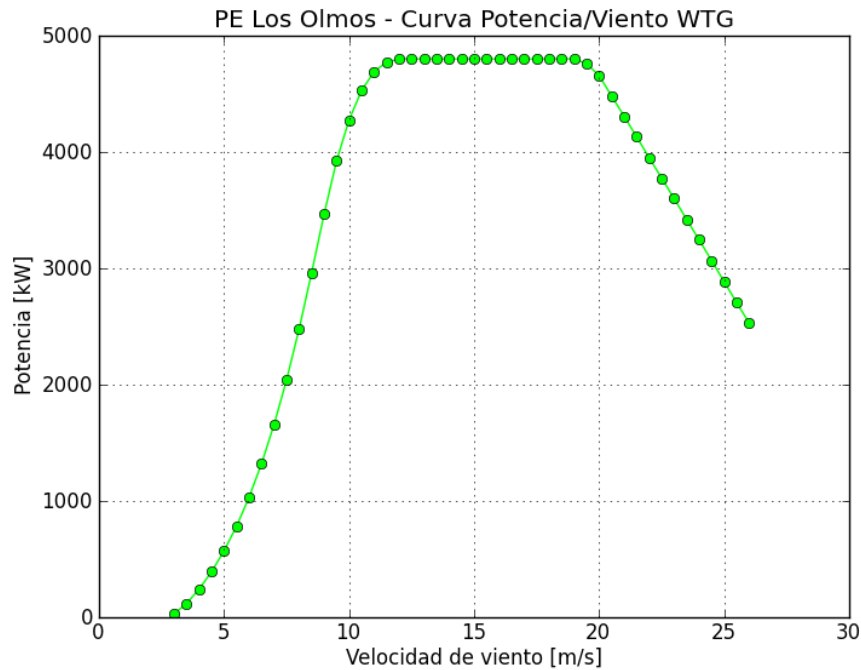


Figura 3.10 – Curva Viento/potencia para los grupos de aerogeneradores

Finalmente, se presentan en la Figura 3.11 antecedentes relacionados al consumo de potencia para alimentar los servicios auxiliares propios de la unidad. Se reporta un valor medio anual de aproximadamente 15 kW.

3.4 Auxiliary power of the wind turbine

The auxiliary low voltage required by the wind turbine in stand-by mode and feed-in mode is requested by the following consumers:

- System control including main converter control
- 400 V/230 V auxiliary power of the main converter
- 230 V AC UPS supply including 24 V DC supply
- Yaw system
- Pitch system
- Auxiliary drives such as pumps, fans and lubrication units
- Heating and lighting
- Auxiliary systems such as service lift, obstacle lights

Long-term measurements show that the average base load (average active power) of the auxiliary low voltage system during WT feed-in operation mode is approx. 15 kW, based on one year. These values are already included in the power curves.

Figura 3.11 – Consumos internos de aerogeneradores



3.3 Datos de los transformadores de bloque

Cada aerogenerador se vincula a la red colectora de 33 kV mediante un transformador de 5.35 MVA de capacidad nominal, y de relación de transformación de 0.69/30 kV.

Los datos característicos de los transformadores de bloque se muestran en la Tabla 3.1.

Parámetro	Valor
Potencia Nominal	5.35 MVA
Refrigeración	KFWF
Tensión nominal lado HV	30 kV
Tensión nominal lado LV	0.69 kV
Grupo de conexión	Dyn11
Impedancia (HV-LV1 y HV-LV2)	9.23 %
Pérdidas en carga	60.116 kW
Pérdidas en vacío	2.84 kW
Posiciones de TAP	+4 x 2.5 %

Tabla 3.1 – Datos de los transformadores de bloque



3.4 Datos del transformador de poder

El Parque Eólico Los Olmos cuenta con un transformador de poder de relación 33 kV / (220 kV \pm 10 \times 1.25%) y 90/120 (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal. Este transformador cuenta con un devanado de baja tensión de 33kV y un arrollamiento de alta tensión de 220kV. Este equipo posee cambiador de tomas bajo carga.

Los datos característicos del transformador principal se muestran en la Tabla 3.2.

Parámetro	Valor
Potencia Nominal	90/120 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF
Tensión nominal lado HV	220.0 kV
Tensión nominal lado LV	33.0 kV
Grupo de conexión	YNd1
Impedancia	13.97 %
Pérdidas en carga	343.8 kW
Pérdidas en vacío	59.98 kW
Posiciones de TAP	$\pm 10 \times 1.25$ %

Tabla 3.2 - Datos del transformador principal



3.5 Datos de consumos de SSAA de planta

El Parque Eólico Los Olmos cuenta con un transformador de poder para alimentar sus servicios auxiliares de 150 kVA de potencia aparente nominal. Este transformador cuenta con un devanado de baja tensión de 0.4 kV y un arrollamiento de alta tensión de 33 kV.

En el documento “*LOL-D-MCAL-ELE-0007-R00*” se realiza el dimensionamiento de los consumos asociados a las instalaciones de 220 kV y 33 kV de la S/E Los Olmos considerando servicios auxiliares en 400/230 Vca.

En la Figura 3.12 se presenta el resumen de cargas asociadas a los servicios auxiliares, se aprecia que el total de consumos esenciales es de 28.42 kW.

Categoría	Potencia [kW]
Total, Consumo Esenciales	28,42
Total, Consumo No Esenciales	26,44
Total, Consumo	54,86

Figura 3.12 – Cargas permanentes en corriente continua



4 DETERMINACIÓN DEL 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** y el **Mínimo Técnico considerando sólo un aerogenerador en servicio**.

Para cada una de las pruebas de Mínimo Técnico realizadas, 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 [kW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [kW]
Los Olmos	(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 Los Olmos.
- (2) **Potencia de SS.AA.:** Corresponde a la suma de los consumos propios promedio de cada aerogenerador estimados en kW x Cantidad de aerogeneradores (considerando todos los aerogeneradores en servicio), 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 (circuitos colectores y transformadores de bloque).
- (4) **Potencia Neta del parque:** Potencia inyectada en 220 kV en paño JT1 de la S/E Los Olmos.



4.1 Mínimo Técnico considerando sólo un aerogenerador en servicio

El día 23 de diciembre de 2021 se realizó el ensayo de Mínimo Técnico considerando sólo un aerogenerador en servicio. Para lograr esta condición se da orden de detención a todos los aerogeneradores del parque a excepción del aerogenerador 04 (AE04). En esta condición todos los circuitos colectores y transformadores de bloque se mantienen energizados.

En la Figura 4.1 se muestra el ensayo de Mínimo Técnico considerando únicamente la turbina AE04 en servicio con una consigna de 450 kW. En la gráfica se presenta la medición de potencia en bornes del AE04 ("P AERO" en la figura) y la potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque ("P BARRA 33kV" en la figura).

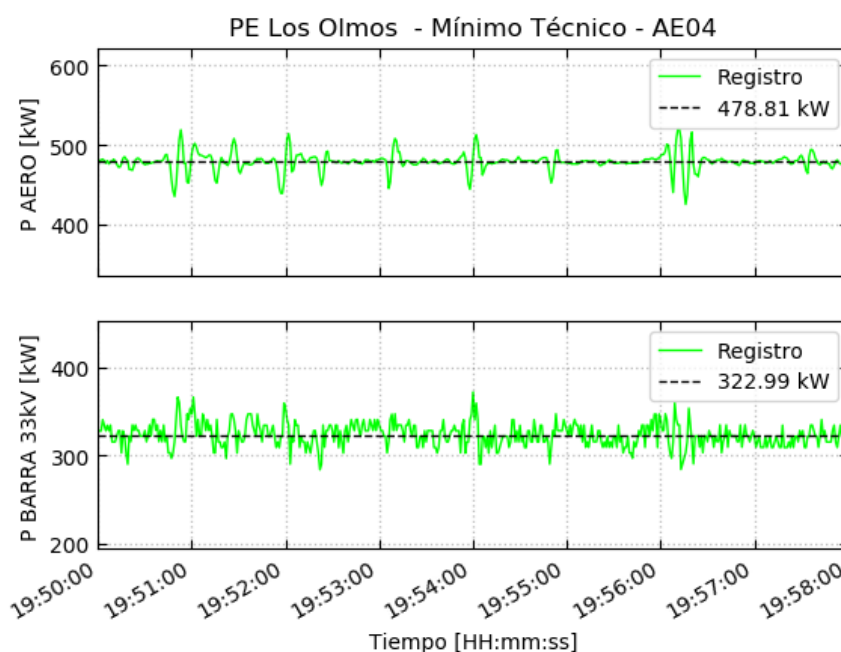


Figura 4.1 – Mínimo Técnico – AE04

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 del aerogenerador presentada en la Figura 4.1 se realiza en bornes del equipo y ya se encuentran descontados los consumos propios del aerogenerador. Estos consumos se estiman en 15 kW, según se observa en la Figura 3.11. El valor de **Potencia Bruta** se obtiene según la siguiente expresión.

$$P_{bruta} = P_{AERO} + Consumos propios$$

$$P_{bruta} = 478.81 kW + 15 kW = 493.81 kW$$

4.1.2 Potencia de Servicios Auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares corresponde a la suma de los consumos propios de cada aerogenerador estimados en kW x Cantidad de aerogeneradores más los Servicios Auxiliares de la central.

Según se observa en la Figura 3.11, el consumo interno de cada aerogenerador se estima en 15 kW y debe considerarse el consumo del único aerogenerador en servicio. Adicionalmente, se han estimado los consumos del transformador de servicios auxiliares ($P_{tr,SSAA}$) en 28.42 kW, según se presenta en la sección 3.5.

En base a estos datos se procede a calcular la **Potencia de Servicios Auxiliares**.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} AEROS \times Consumos Propios + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 1 \times 15 kW + 28.42 kW = 43.42 kW$$

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.

El valor de pérdidas en el sistema colector de media tensión ($P_{perd,redMT}$) se obtiene considerando la diferencia entre la potencia medida en bornes del AE04 y la potencia inyectada en la



barra principal de 33 kV del parque (ver Figura 4.1), además deben restarse los consumos del transformador de servicios auxiliares estimados en 28.42 kW

$$P_{perd,redMT} = P_{AE04} - P_{BARRA33kV} - P_{tr,SSAA}$$

$$P_{perd,redMT} = 478.81 \text{ kW} - 322.99 \text{ kW} - 28.42 \text{ kW} = 127.40 \text{ kW}$$

Para el valor de pérdidas en el transformador principal ($P_{perd,tr_{ppal}}$) se debe considerar lo presentado en la Tabla 3.2 se presentan los valores de pérdida en vacío y carga del transformador principal. La expresión de pérdidas del transformador principal es la siguiente.

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

Las pérdidas en carga en este escenario se pueden aproximar a 0.0 kW, ya que el nivel de carga del transformador principal es menor 1%. Por lo tanto, las pérdidas en el transformador principal quedan dadas por la siguiente expresión.

$$P_{perd,tr_{ppal}} = 0.0 \text{ kW} + 59.98 \text{ kW} = 59.98 \text{ kW}$$

Finalmente, el valor de **Potencia de Pérdida en la central** ($P_{perd,central}$) queda dado por la siguiente expresión.

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

$$P_{perd,central} = 127.40 \text{ kW} + 59.98 \text{ kW} = 187.38 \text{ kW}$$

4.1.4 Potencia Neta

La Potencia Neta corresponde a la potencia inyectada en 220 kV en el paño JT1 de la S/E Los Olmos. En este caso se cuenta con la medición de la potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (ver Figura 4.1), valor al que deben restarse las pérdidas en el transformador principal. Entonces, el valor de **Potencia Neta** queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{neta} = P_{BARRA33kV} - P_{perd,tr_{ppal}}$$

$$P_{neta} = 322.99 \text{ kW} - 59.98 \text{ kW} = 263.01 \text{ kW}$$



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 [kW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [kW]
Los Olmos	493.81	43.42	187.38	263.01

Tabla 4.2 – Mínimo Técnico – AE04 – Parque Eólico Los Olmos



4.2 Mínimo Técnico con el parque completamente operativo

A continuación, 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.

Según informa el fabricante de los aerogeneradores, el valor mínimo de potencia activa que permite la operación estable de los aerogeneradores es de aproximadamente 450 kW. Cabe mencionar que la suma de potencia de los aerogeneradores de 10.47 MW (ver Figura 4.2) implica un despacho aproximado de 455 kW para cada unidad.

En la Figura 4.2 se muestra el ensayo de Mínimo Técnico considerando todos los aerogeneradores del parque en servicio. Se presentan las mediciones de potencia considerando el aporte de todos los aerogeneradores en servicio, y de potencia neta, registrada en el lado de 220 kV del transformador principal del Parque Eólico Los Olmos. La diferencia registrada entre ambos valores es de 0.46 MW.

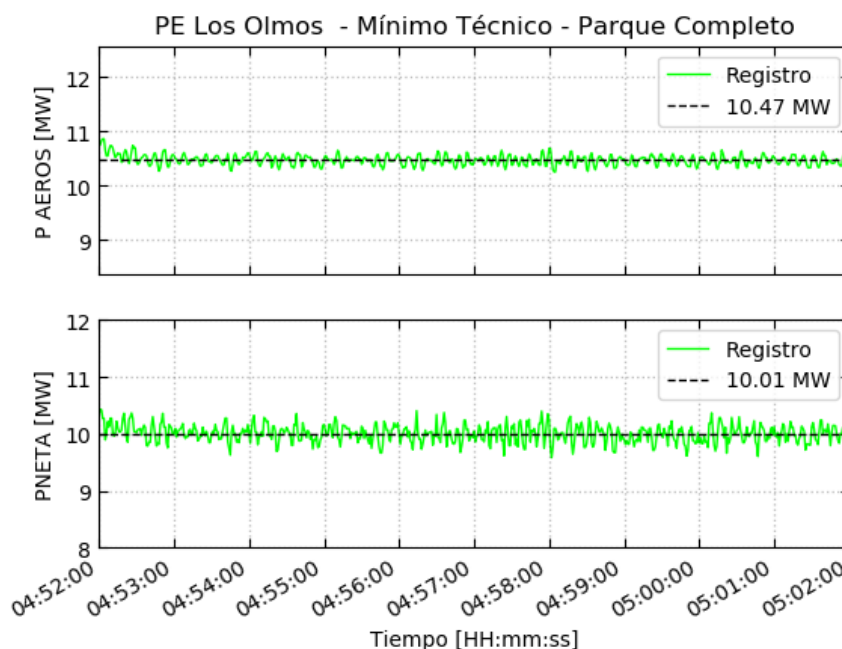


Figura 4.2 – Mínimo Técnico – Todos los aerogeneradores en servicio

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



4.2.1 Potencia Bruta

La medición de potencia de los aerogeneradores presentada en la Figura 4.2 se realiza en bornes del equipo y ya se encuentran descontados los consumos propios del aerogenerador. Estos consumos se estiman en 15 kW, según se observa en la Figura 3.11. El valor de **Potencia Bruta** se obtiene según la siguiente expresión.

$$P_{bruta,med} = P_{AERO} + N^{\circ} AEROS \times Consumos \text{ propios}$$

$$P_{bruta,med} = 10.47 \text{ kW} + 23 \times 15 \text{ kW} = 10.82 \text{ kW}$$

4.2.2 Potencia de Servicios Auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares corresponde a la suma de los consumos propios de cada aerogenerador estimados en kW x Cantidad de aerogeneradores más los Servicios Auxiliares de la central.

Según se observa en la Figura 3.11, el consumo interno de cada aerogenerador se estima en 15 kW y debe considerarse la totalidad de unidades en servicio. Adicionalmente, se han estimado los consumos del transformador de servicios auxiliares ($P_{tr,SSAA}$) en 28.42 kW, según se presenta en la sección 3.5.

En base a estos datos se procede a calcular la **Potencia de Servicios Auxiliares**.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} AEROS \times Consumos \text{ Propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 23 \times 15 \text{ kW} + 28.42 \text{ kW} = 373.42 \text{ kW}$$

4.2.3 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 los



aerogeneradores y la **Potencia Neta Medida** (P_{neta} , ver Figura 4.2), además deben restarse los consumos del transformador de servicios auxiliares estimados en 28.42 kW.

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

$$P_{perd,central} = P_{bruta,med} - P_{SSAA} - P_{neta,med}$$

$$P_{perd,central} = 10.82 \text{ MW} - 373.42 \text{ kW} - 10.01 \text{ MW} = 431.58 \text{ kW}$$

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

- Pérdidas en transformador principal ($P_{perd,tr_{ppal}}$)
- 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.

$$P_{perd,tr_{ppal}} = \text{Pérdidas}_{carga} + \text{Pérdidas}_{vacío}$$

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 8%. Por lo tanto, las pérdidas en el transformador principal quedan dadas por la siguiente expresión.

$$P_{perd,tr_{ppal}} = 0.0 \text{ kW} + 59.98 \text{ kW} = 59.98 \text{ kW}$$

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

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

$$P_{perd,redMT} = 431.58 \text{ kW} - 59.98 \text{ kW} = 371.60 \text{ kW}$$



4.2.4 Potencia Neta

La Potencia Neta corresponde a la potencia inyectada en 220 kV en el paño JT1 de la S/E Los Olmos. En este caso se obtiene un valor de **Potencia Neta** de 10.01 MW, considerando la operación estable de todos los aerogeneradores.

$$P_{neta} = 10.01 \text{ MW}$$

4.2.5 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. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [MW]
Los Olmos	10.82	373.42	431.58	10.01

Tabla 4.3 – Mínimo Técnico – Planta completa – Parque Eólico Los Olmos



5 CONCLUSIONES

Se determinó mediante ensayos el **Mínimo Técnico con el parque completamente operativo** y el **Mínimo Técnico considerando sólo un aerogenerador en servicio**. Los resultados se resumen a continuación.

Parque Eólico	Potencia Bruta [kW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [kW]
Los Olmos	493.81	43.42	187.38 ¹	263.01

Tabla 5.1 – Mínimo Técnico – AE04 – Parque Eólico Los Olmos

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [MW]
Los Olmos	10.82	373.42	431.58 ²	10.01

Tabla 5.2 – Mínimo Técnico – Planta completa – Parque Eólico Los Olmos


¹ Desglosado en 59.98 kW de pérdidas en el transformador principal y 127.40 kW de pérdidas en la red colectora de media tensión.

² Desglosado en 59.98 kW de pérdidas en el transformador principal y 371.60 kW de pérdidas en la red colectora de media tensión.



6 ANEXOS

6.1 Certificado de calibración de medidor de potencia neta

 <p>FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA Universidad Nacional de Rosario</p>	<p>L.E.I.E. Laboratorio de Extensión de la Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	DEM-2049/21
	<p>ÁREA CALIBRACIONES Av. Pellegrini 250 – Rosario Tel. 0341-480-2789 E-mail: leie@fceia.unr.edu.ar</p>	Folio 1 de 6

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN: LEIE

OBJETO CALIBRADO: Analizador marca ELSPEC BlackBox G4500
N° 00-60-35-2D-E8-4F

SOLICITANTE: Estudios Eléctricos S.A.
Dirección: Av. Jorge Newbery 8796 – (2000) Rosario
Contacto: Ing. Pablo Rifrani
Teléfonos: (341) 5680321
CUIT: 30-70838907-9

FECHA RECEPCIÓN DEL OBJETO: 25/08/21

FECHA CALIBRACIÓN DEL OBJETO: 25/08/21

ENSAYOS REALIZADOS: Calibración del instrumento como medidor de tensión alterna en el alcance de 1000V a 50 Hz, de corriente alterna de 50 Hz en el alcance 6 A, como frecuencímetro y como medidor de potencia con 220 V, 110 V y 500V con 0,5 A, 1A, 2 A y 5 A y FP = 1 y FP= 0,5.

METODOLOGÍA EMPLEADA: Se los comparó contra el instrumento de referencia.

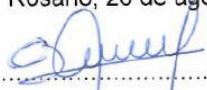
PATRÓN DE REFERENCIA: Calibrador Fluke 5522 A N° 4520901 trazable a patrones internacionales. Fotocopia de su certificado se adjunta en ANEXO "B" como folio 6 de 6. Termohigrómetro TER-01. Certificado emitido por AKRIBIS N° TER-01-210325.

RESULTADOS: Ver ANEXO "A" (Son cuatro folios)

DECLARACIÓN DE INCERTIDUMBRE: A solicitud del cliente, 1% del valor leído. Ver tablas de resultados en el Anexo "A".

CONDICIONES AMBIENTALES: Temperatura: $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Humedad: $(30 \pm 5) \%$

Rosario, 26 de agosto de 2021



 Ing. Gonzalo López

Director Técnico del Área Responsable de la Calidad

Nota 1: Este informe no debe ser reproducido excepto en su totalidad, salvo aprobación escrita del LEIE.
Nota 2: El usuario es responsable de la calibración del objeto a intervalos apropiados.



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.