

Empresa: AES Andes

País: Chile

Proyecto: Parque Eólico Mesamávida

Descripción: Informe de Potencia Máxima

Código de Proyecto: EE-2020-213

Código de Informe: EE-EN-2022-0822

Revisión: B



12 de julio de 2022



Este documento EE-EN-2022-0822-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 36 páginas y ha sido guardado por última vez el 12/07/2022 por Nicolás Silva, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	11/07/2022	Para presentar.	NS/CiC	AC	PR
B	12/07/2022	Responde a observaciones de AES Andes	NS/CiC	CC	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	Nomenclatura y observaciones generales	5
2	ASPECTOS NORMATIVOS	7
3	DESCRIPCIÓN DEL PARQUE	8
3.1	Unifilar de planta.....	8
3.2	Datos de los aerogeneradores	14
3.3	Datos de los transformadores de bloque.....	16
3.4	Datos del transformador de poder	17
3.5	Datos de consumos de SSAA de planta.....	18
4	DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA	19
4.1	Ensayo de Potencia Máxima	20
4.2	Cálculos y resultados.....	21
4.2.1	Potencia Bruta.....	21
4.2.2	Potencia de Servicios Auxiliares	21
4.2.3	Potencia de Pérdidas en la central	22
4.2.4	Potencia Neta	25
4.2.5	Resultados.....	26
5	CONCLUSIONES	27
6	ANEXOS	28
6.1	Certificado de calibración de medidor de potencia neta.....	28
6.2	Potencia máxima de aerogeneradores	29



1 INTRODUCCIÓN

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

El Parque Eólico Mesamávida se ubica en la región del Biobío, emplazado en la comuna de Los Ángeles, y tiene en su primera etapa una potencia instalada de 57.6 MW distribuida en 12 aerogeneradores. Dos etapas posteriores consideran la instalación de un aerogenerador adicional cada una para totalizar 14 aerogeneradores como condición final, esto se describe en la carta del CEN: “DE0231-22”.

El parque se vincula al SEN mediante un transformador elevador de relación 33 kV / 154 kV ($\pm 12 \times 1.25\%$) y 60/80 MVA (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal. El lado de 154 kV del transformador de poder corresponde al punto de interconexión (POI) del parque con el SEN.

1.1 Fecha ensayo y personal auditor

<i>Personal</i>	<i>Fecha de ensayo</i>
Ing. César Colignon	28 de junio de 2022
Ing. Nicolás Silva	

1.2 Medidores utilizados

<i>Denominación</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Precisión</i>
Analizador de energía	Janitza	UMG 510	$\pm 0.2\%$

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 40 ms y medidas de todos los aerogeneradores adquiridas con una tasa de muestreo de 1 segundo.



1.3 Nomenclatura y observaciones generales

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

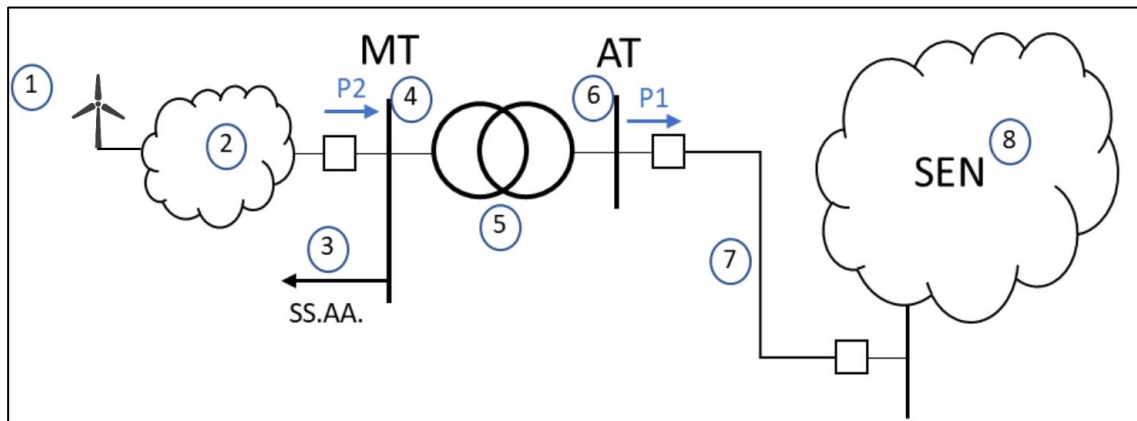


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque eólico

- 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: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras**” establece las metodologías y procesos para efectuar los ensayos de verificación del máximo valor de potencia activa bruta que puede sostener un sistema de generación.

El **Artículo 39** es el que corresponde considerar para el caso en cuestión debido a que se trata de una central cuya fuente es renovable no convencional sin capacidad de regulación (no hay almacenamiento de energía). Éste establece que el valor de Potencia Máxima deberá ser obtenido a partir de registros de operación y mediciones de los recursos naturales que inciden en la operación de estas tecnologías, especificándose las metodologías, cálculos y todos los antecedentes y aspectos técnicos usados para la obtención de dicho valor.



3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Eólico Mesamávida, está constituido en su primera etapa por 12 aerogeneradores NORDEX modelo Delta4000 de 4.8 MW de potencia nominal y 690 V de tensión de operación nominal. Dos etapas posteriores consideran la instalación de un aerogenerador adicional cada una para totalizar 14 aerogeneradores como condición final.

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 Mesamávida cuenta con 3 alimentadores en 33 kV que se conectan a la barra principal de 33 kV de la S/E Mesamávida. Luego, un transformador de poder de relación 33 kV / 154 kV ($\pm 12 \times 1.25\%$) y 60/80 MVA (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal permite la inyección de potencia generada al Sistema Eléctrico Nacional.

3.1 Unifilar de planta

La red interna de media tensión (MT) del parque se encuentra compuesta por 3 alimentadores en MT. La disposición de los aerogeneradores dentro de dichos circuitos es la siguiente:

- Circuito N°1: Aerogeneradores AE-01, AE-02, AE-03, AE-04 y AE-05.
- Circuito N°2: Aerogeneradores AE-06, AE-07, AE-09 y AE-10.
- Circuito N°3: Aerogeneradores AE-13, AE-14 y AE-15.

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama unilineal de la S/E Mesamávida. En tanto en la Figura 3.2 se muestra la barra principal de 33 kV del parque. Finalmente, entre la Figura 3.3 y Figura 3.5, se presenta el detalle de cada alimentador de 33 kV.

Cabe mencionar que el aerogenerador AE-08 será reubicado del circuito N°2 al N°3 y su nombre pasará a ser AE-34bis, esta modificación corresponde a la Etapa II del proyecto.

En tanto, el aerogenerador AE-12 será reubicado del dentro del mismo circuito N°3 y su nombre pasará a ser AE-43bis, esta modificación corresponde a la Etapa III del proyecto.

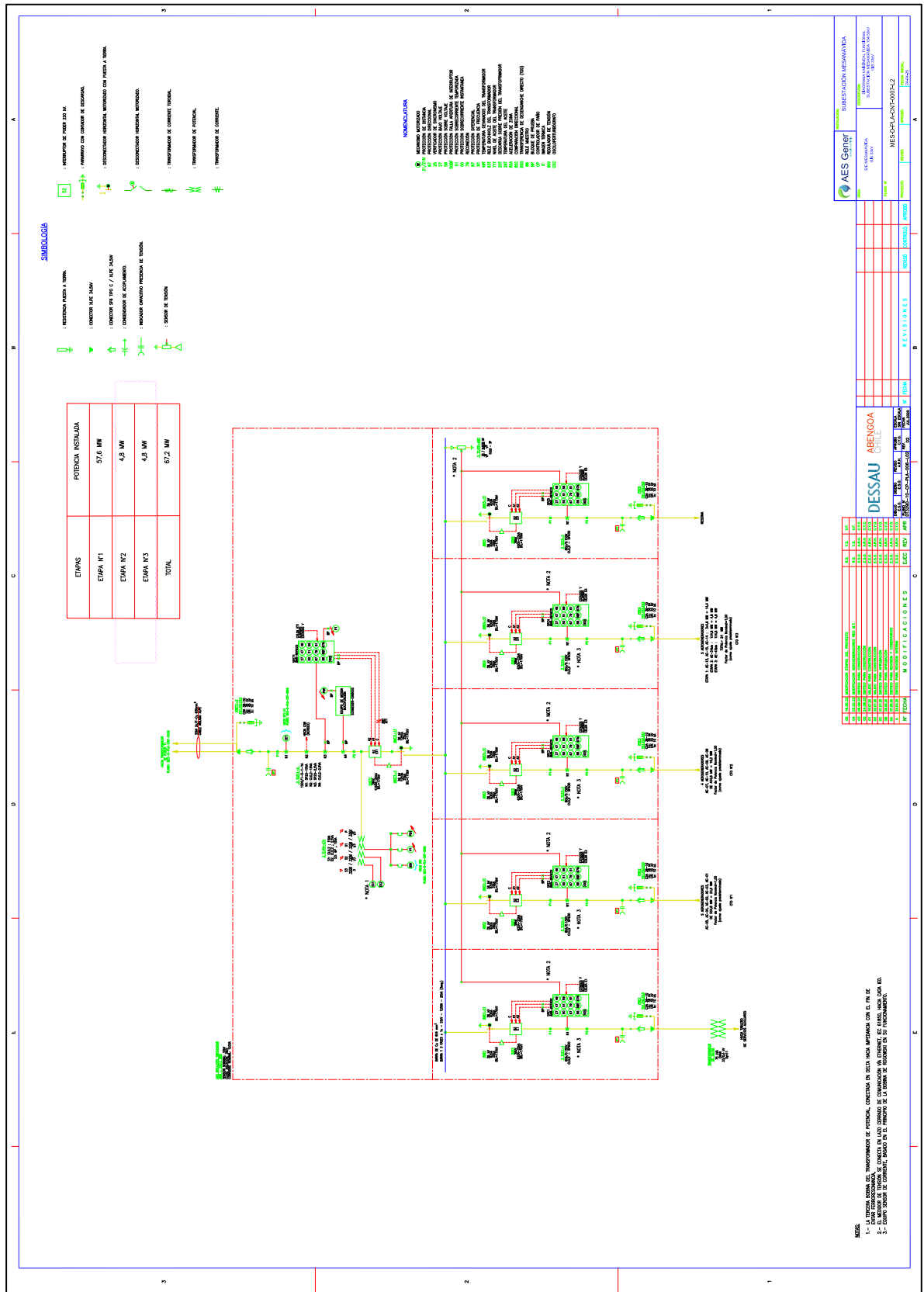


Figura 3.2 – Diagrama unilínea barra principal de 33 kV Parque Eólico Mesamávida

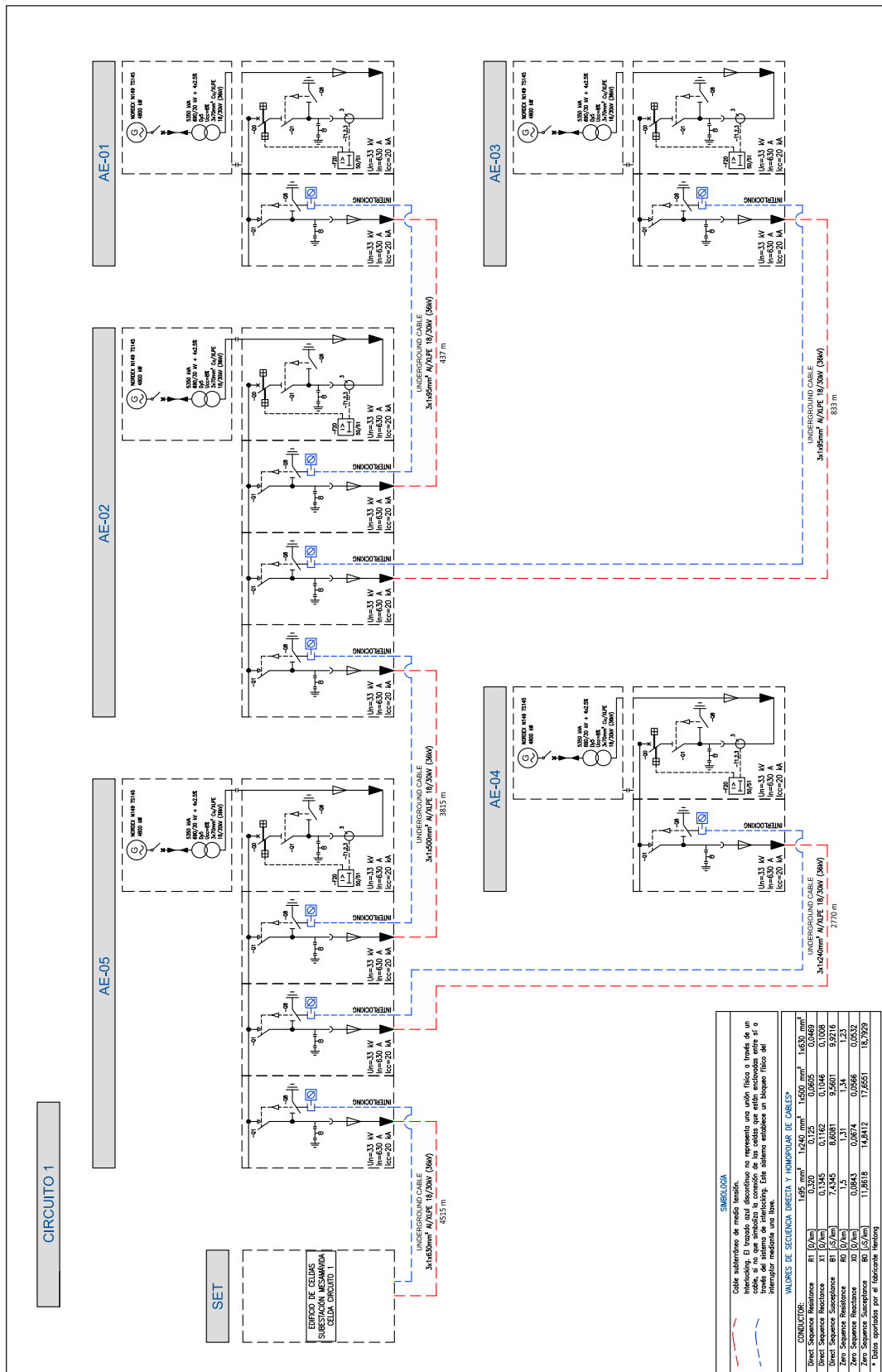


Figura 3.3 – Diagrama unilíneal circuito colector 1

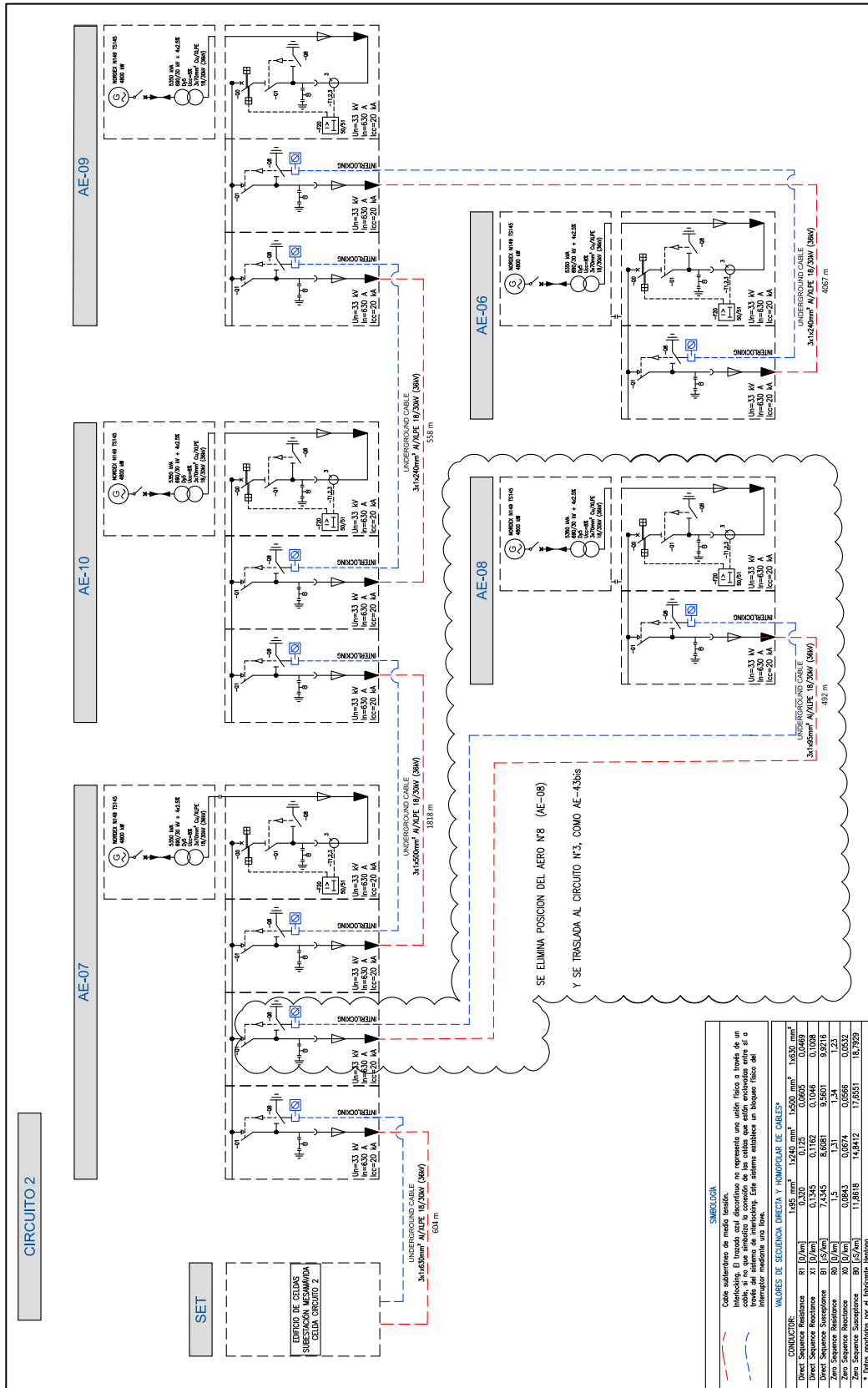


Figura 3.4 – Diagrama unilineal circuito colector 2

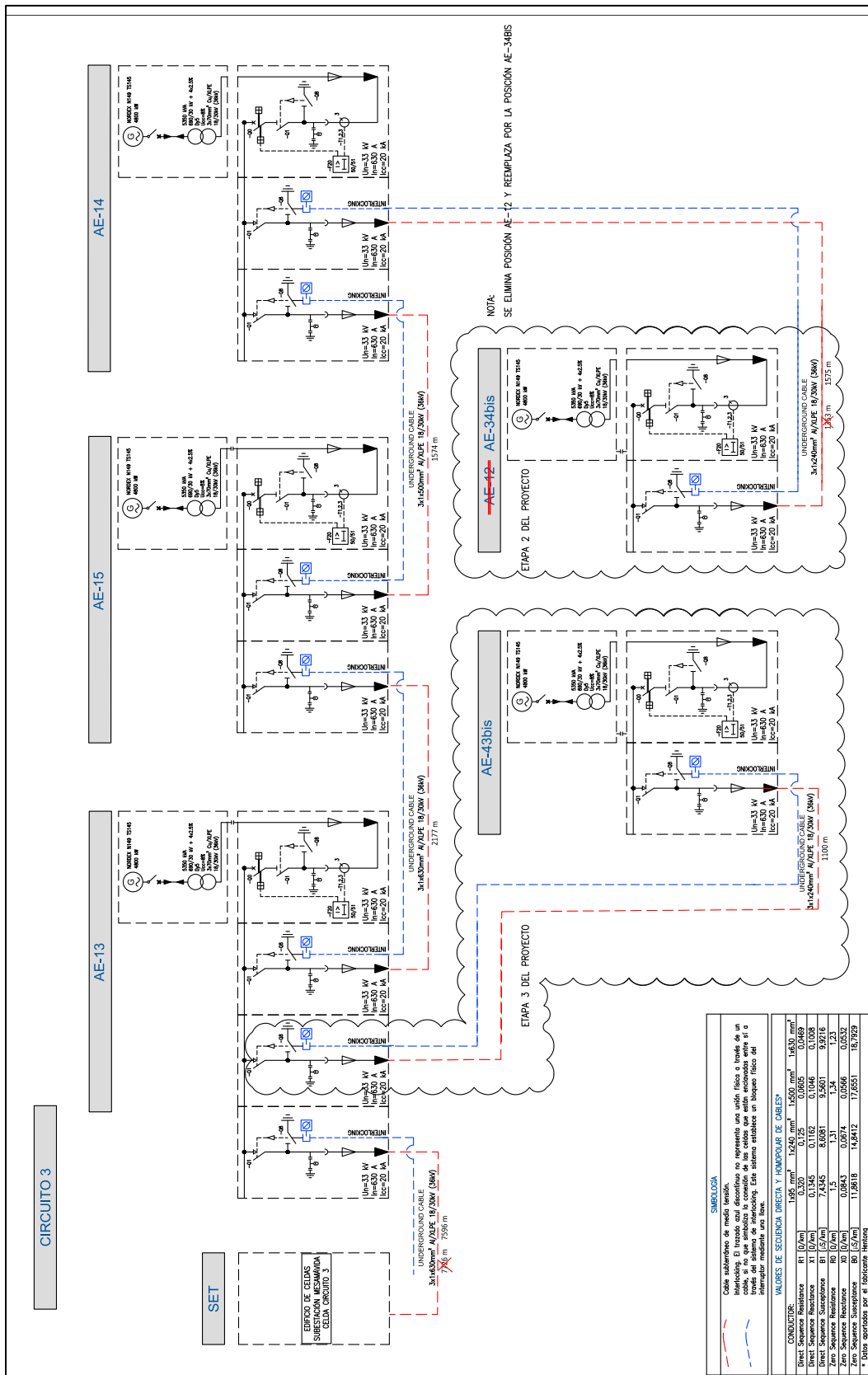


Figura 3.5 – Diagrama unilineal circuito colector 3



3.2 Datos de los aerogeneradores

El Parque Eólico Mesamávida, está constituido en esta primera etapa por 12 aerogeneradores NORDEX modelo Delta400 de 4.8 MW de potencia nominal y 690 V de tensión de operación nominal. Los parámetros nominales se presentan en la Figura 3.6.

2.1 Electrical Operating Ranges

Delta4000 WTs 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 3.6 – Datos nominales de aerogeneradores

La curva de capacidad de los aerogeneradores se presenta en la Figura 3.7.

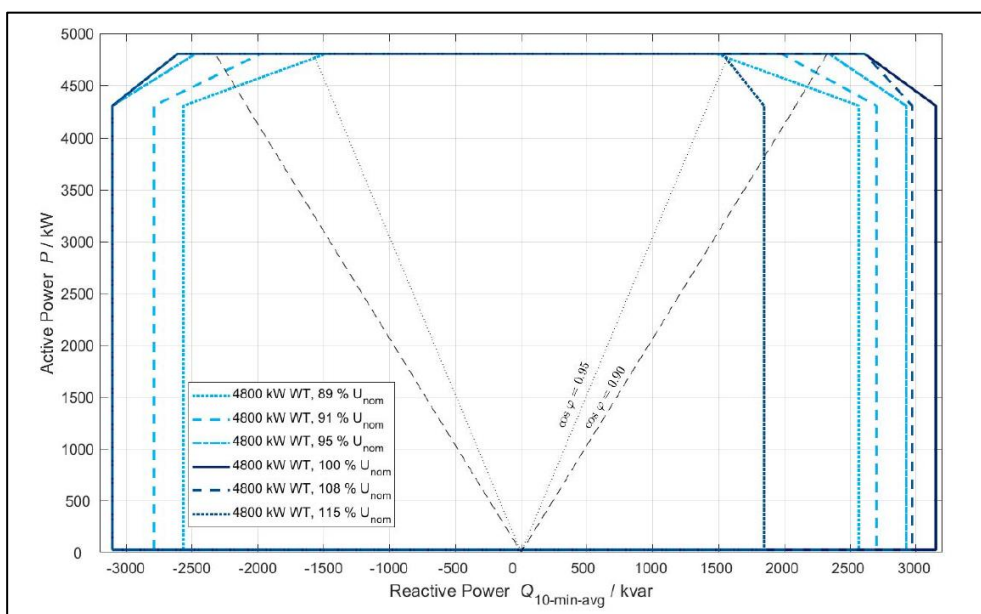


Figura 3.7 – Curva de capacidad del aerogenerador



Se presenta en la Figura 3.8 la curva de potencia según viento del aerogenerador.

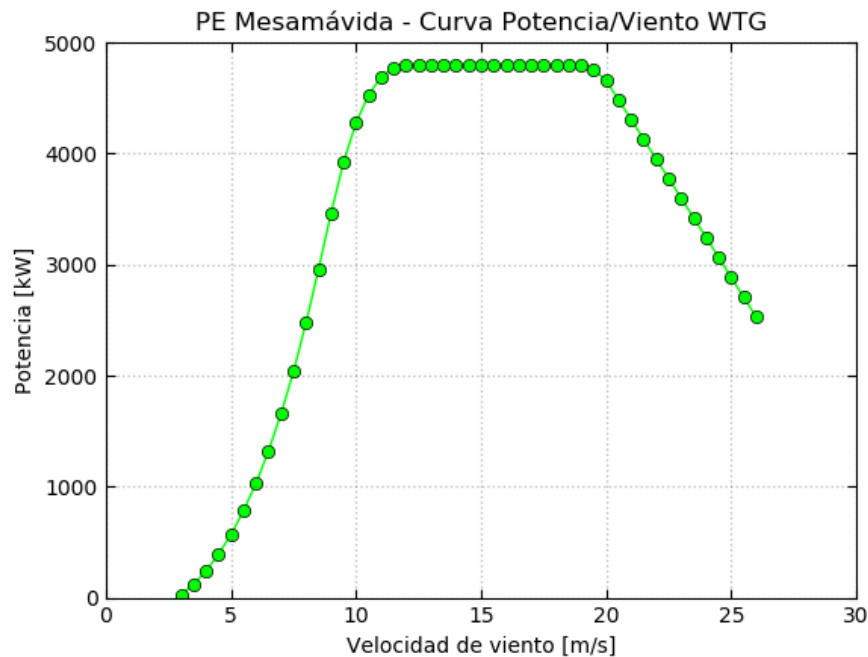


Figura 3.8 – Curva Viento/potencia para los grupos de aerogeneradores

Finalmente, se presentan en la Figura 3.9 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 3.9 – 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 Mesamávida cuenta con un transformador de poder de relación 33 kV / 154 kV ($\pm 12 \times 1.25\%$) y 60/80 MVA (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal. Este transformador cuenta con un devanado de baja tensión de 33 kV y un arrollamiento de alta tensión de 154 kV. 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	60/80 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF
Tensión nominal lado HV	154.0 kV
Tensión nominal lado LV	33.0 kV
Grupo de conexión	YNd11
Impedancia	12.54 %
Pérdidas en carga	332.36 kW
Pérdidas en vacío	34.7 kW
Posiciones de TAP	$\pm 12 \times 1.25 \%$

Tabla 3.2 - Datos del transformador principal



3.5 Datos de consumos de SSAA de planta

El Parque Eólico Mesamávida cuenta con un transformador de poder para alimentar sus servicios auxiliares de 75 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 “MES-D-MCAL-ELE-0007-R00” se realiza el dimensionamiento de los consumos asociados a las instalaciones de 154 kV y 33 kV de la S/E Mesamávida considerando servicios auxiliares en 400/230 Vca.

En la Figura 3.10 se presenta el resumen de cargas asociadas a los servicios auxiliares, se aprecia que el total de consumos esenciales es de 18.3 kW.

Categoría	Potencia [kW]
Total, Consumo Esenciales	18,30
Total, Consumo No Esenciales	14,88
Total, Consumo	33,18

Figura 3.10 – Cargas permanentes en corriente continua



4 DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA

La Potencia Máxima corresponde al máximo valor de potencia activa bruta que puede sostener un sistema de generación y deberá ser obtenido a partir de registros de operación y mediciones de los recursos naturales que inciden en la operación de estas tecnologías.

Para el caso del Parque Eólico Mesamávida se cuenta con mediciones de la Potencia Bruta proveniente de los aerogeneradores, de la Potencia Neta registrada en el POI y mediciones de velocidad del viento.

Para la prueba de Potencia Máxima 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]
Mesamávida	(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 Mesamávida.
- (2) **Potencia de SS.AA.:** Corresponde a la suma de los consumos propios promedio de cada aerogenerador estimados en kW x Cantidad de aerogenerador (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 lado de 154 kV del transformador principal del parque.



4.1 Ensayo de Potencia Máxima

El día 28 de junio de 2022 se realizó el ensayo de Potencia Máxima registrando la operación estable del parque completo durante 1 hora y con los 12 aerogeneradores en servicio de esta primera etapa.

En la Figura 4.1 se muestra la suma de potencia en bornes de todos los aerogeneradores, la potencia neta en el punto de interconexión y la velocidad del viento para el período de pruebas.

Cabe mencionar que para la determinación de la potencia bruta se deben agregar los consumos propios de cada unidad a la medición realizada en bornes de los aerogeneradores (“P. AEROS” en la Figura 4.1).

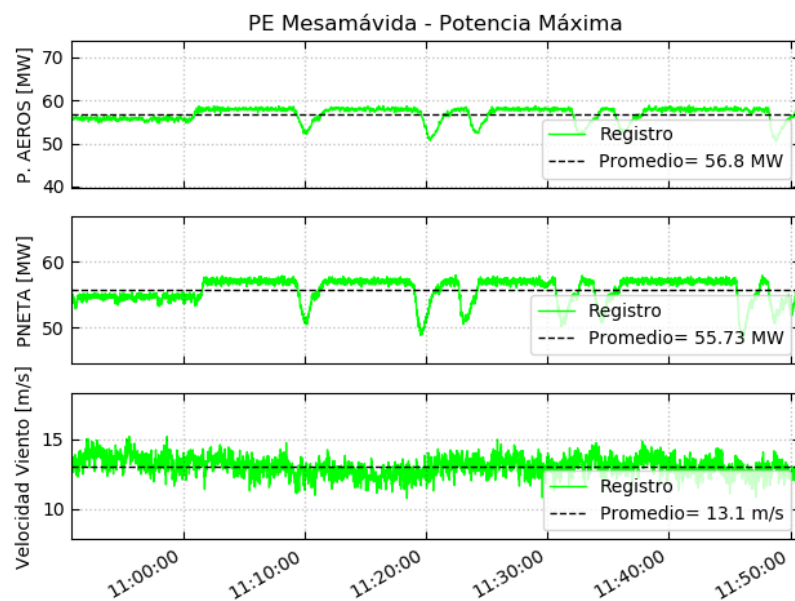


Figura 4.1 - Potencia Máxima - Principales variables

La prueba se ha realizado con condiciones nominales de velocidad de viento, sin embargo, se producen algunas oscilaciones en la producción de potencia activa debido a la naturaleza variable del recurso primario. Por lo tanto, se presentan de forma complementaria en el anexo 6.2 registros históricos de cada aerogenerador, en los cuales se evidencia que cada equipo supera su valor de potencia nominal en condiciones nominales de velocidad de viento.



4.2 Cálculos y resultados

En la presente sección se realizará el cálculo de los valores de potencia según se desglosan en la Tabla 4.1. Para el desarrollo de los cálculos se han considerado las mediciones realizadas y presentadas en la Figura 4.1.

4.2.1 Potencia Bruta

La determinación de la **Potencia Bruta Ensayada** ($P_{bruta,ens}$) se realiza considerando el registro de potencia de los aerogeneradores (“Pot. AEROS” en la Figura 4.1), a lo que debe sumarse la potencia de los consumos propios de cada equipo (ver Figura 3.9) según la siguiente expresión.

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

$$P_{bruta,ens} = 56.8\ MW + 12 \times 15\ kW = 56.98\ MW$$

Para la determinación de **Potencia Bruta Nominal** ($P_{bruta,nom}$) se considera la operación de la totalidad de aerogeneradores en condición de potencia nominal (la que se ha demostrado en la sección 6.2), el valor queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{bruta,nom} = \sum_i P_{AERO,NOMINAL}$$

$$P_{bruta,nom} = 12 \times 4.8\ MW = 57.6\ MW$$

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 3.9, 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 18.3 kW, según se presenta en la sección 3.5.



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

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

$$P_{SSAA} = 12 \times 15 \text{ kW} + 18.3 \text{ kW} = 198,3 \text{ kW}$$

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, en los transformadores de bloque y de las pérdidas en el sistema colector de media tensión.

En base a las mediciones realizadas durante el ensayo de Potencia Máxima, 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 Ensayada** (ver Figura 4.1). Además, se debe considerar el valor de potencia del transformador de servicios auxiliares, estimada en 18.3 kW.

La expresión para el cálculo de **Potencia de Pérdidas en la central ensayada** ($P_{perd,central,ens}$) se presenta a continuación.

$$P_{perd,central,ens} = \text{Pot. AEROS} - P_{tr,SSAA} - P_{neta,ens}$$

$$P_{perd,central,ens} = 56.80 \text{ MW} - 18.3 \text{ kW} - 55.73 \text{ MW} = 1051.7 \text{ kW}$$

Este valor de pérdidas considera las pérdidas en condición de vacío, en el transformador principal del parque y en los transformadores de bloque, y las pérdidas resistivas asociadas al nivel de carga en la condición de ensayo. A continuación, se procede a desglosar el valor de pérdidas ensayada entre los valores correspondiente a carga ($P_{perd,central,ens,carga}$) y vacío ($P_{perd,central,ens,vacio}$).

$$P_{perd,central,ens,carga} = P_{perd,central,ens} - P_{Perd,vacio,tr_{ppal}} - N^{\circ} Tr_{bloque} \times P_{Perd,vacio,tr_{bloque}}$$

$$P_{perd,central,ens,carga} = 1051.7 \text{ kW} - 34.7 \text{ kW} - 12 \times 2.84 \text{ kW} = 982.92 \text{ kW}$$

$$P_{perd,central,vacio} = P_{Perd,vacio,tr_{ppal}} + N^{\circ} Tr_{bloque} \times P_{Perd,vacio,tr_{bloque}}$$

$$P_{perd,central,vacio} = 34.7 \text{ kW} + 12 \times 2.84 \text{ kW} = 68.78 \text{ kW}$$



Este valor de pérdidas en carga medido ($P_{perd,central,ens,carga}$) debe ser corregido para el despacho en escenario de **Potencia Bruta Nominal**. La siguiente expresión muestra la **Potencia de Pérdidas en la central** en condiciones de potencia nominal ($P_{perd,central,nom,carga}$). Cabe mencionar que el valor de pérdidas en vacío no depende de la condición de despacho del parque.

$$P_{perd,central,nom,carga} = P_{perd,central,ens,carga} \times \left(\frac{P_{bruta,nom}}{P_{bruta,ens}} \right)^2$$

$$P_{perd,central,nom,carga} = 982.92 \text{ kW} \times \left(\frac{57.6 \text{ MW}}{56.98 \text{ MW}} \right)^2 = 1004.42 \text{ kW}$$

Entonces el valor total de **Potencia de Pérdidas en la central nominal** ($P_{perd,central,nom}$) queda determinado por la siguiente expresión.

$$P_{perd,central,nom} = P_{perd,central,nom,carga} + P_{perd,central,vacio}$$

$$P_{perd,central,nom} = 1004.42 \text{ kW} + 68.78 \text{ kW} = 1073.2 \text{ kW}$$

El valor de **Potencia de Pérdidas en la central**, tanto para la condición de ensayos como para la nominal, debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en el 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 particular de operación considerada.

En primer lugar, se realiza el desglose del valor de pérdidas para la condición de ensayos.



Las pérdidas en carga del transformador principal en la condición de ensayos ($P_{Perd,carga,tr_{ppal},ens}$) se calculan según la siguiente expresión.

$$P_{Perd,carga,tr_{ppal},ens} = P_{Perd,carga,nominal,tr_{ppal}} \times \left(\frac{P_{bruta,ens}}{S_{nom,tr_{ppal}}} \right)^2$$

$$P_{Perd,carga,tr_{ppal},ens} = 332.36 \text{ kW} \times \left(\frac{56.98 \text{ MW}}{80 \text{ MVA}} \right)^2 = 168.61 \text{ kW}$$

Entonces la expresión de pérdidas totales del transformador principal en la condición de ensayos es la siguiente.

$$P_{Perd,tr_{ppal},ens} = P_{Perd,carga,tr_{ppal},ens} + P_{Perd,vacio,tr_{ppal}}$$

$$P_{Perd,tr_{ppal},ens} = 168.61 \text{ kW} + 34.7 \text{ kW} = 203.31 \text{ kW}$$

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

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

$$P_{Perd,redMT,ens} = 1051.7 \text{ kW} - 203.31 \text{ kW} = 848.39 \text{ kW}$$

A continuación, se realiza el desglose del valor de pérdidas para la condición nominal de operación.

Las pérdidas en carga del transformador principal en condiciones nominales ($P_{Perd,carga,tr_{ppal,nom}}$) se calculan según la siguiente expresión.

$$P_{Perd,carga,tr_{ppal,nom}} = P_{Perd,carga,nominal,tr_{ppal}} \times \left(\frac{P_{bruta,nom}}{S_{nom,tr_{ppal}}} \right)^2$$

$$P_{Perd,carga,tr_{ppal,nom}} = 332.36 \text{ kW} \times \left(\frac{57.6 \text{ MW}}{80 \text{ MVA}} \right)^2 = 172.29 \text{ kW}$$



Entonces la expresión de pérdidas totales del transformador principal en condiciones nominales es la siguiente.

$$P_{Perd,tr_{ppal},nom} = P_{Perd,carga,tr_{ppal},nom} + P_{Perd,vacio,tr_{ppal}}$$

$$P_{Perd,tr_{ppal},nom} = 172.29 \text{ kW} + 34.7 \text{ kW} = 206.99 \text{ kW}$$

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

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

$$P_{Perd,redMT,nom} = 1073.2 \text{ kW} - 206.99 \text{ kW} = 866.21 \text{ kW}$$

4.2.4 Potencia Neta

La **Potencia Neta** registrada del Parque Eólico Mesamávida se obtuvo a partir de la medida en el punto de interconexión y el cálculo del valor medio para el período de una hora seleccionado obteniéndose el siguiente resultado.

$$P_{neta,ens} = 55.73 \text{ MW}$$

Para obtener el valor de **Potencia Neta Nominal** se utilizará el valor de Potencia bruta nominal, de Potencia de Servicios Auxiliares y Potencia de Pérdidas de la central en condiciones de operación nominales, según la siguiente expresión.

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

$$P_{neta,nom} = 57.6 \text{ MW} - 198.3 \text{ kW} - 1073.2 \text{ kW} = 56.33 \text{ MW}$$



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. Se presentan los resultados para las condiciones de ensayo y para las condiciones de operación nominal del Parque Eólico Mesamávida.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [MW]
Mesamávida	57.6	198.3	1073.2	56.33

Tabla 4.2 – Potencia Máxima – Parque Eólico Mesamávida – Operación en condiciones nominales

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [MW]
Mesamávida	56.98	198.3	1051.7	55.73

Tabla 4.3 – Potencia Máxima – Parque Eólico Mesamávida – Condición de ensayos

Según se observa en las Tabla 4.2 y Tabla 4.3 la **Potencia Bruta Máxima** calculada está dentro de lo esperado en base a los antecedentes disponibles de los aerogeneradores.



5 CONCLUSIONES

Se demuestra que la máxima potencia bruta que puede entregar el Parque Eólico Mesamávida en condiciones de recurso primario nominales es de 57.6 MW, resultando en una potencia neta de 56.33 MW en el POI.

La Tabla 5.1 resume los resultados en condiciones de operación nominales.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [MW]
Mesamávida	57.6	198.3	1073.2 ¹	56.33

Tabla 5.1 – Potencia Máxima – Parque Eólico Mesamávida – Operación en condiciones nominales

En tanto, la Tabla 5.2 resume los resultados en condiciones de ensayo.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [MW]
Mesamávida	56.98	198.3	1051.7 ²	55.73

Tabla 5.2 – Potencia Máxima – Parque Eólico Mesamávida – Condición de ensayos

¹ Desglosado en 206.99 kW de pérdidas en el transformador principal y 866.21 kW de pérdidas en la red colectora de media tensión.

² Desglosado en 203.31 kW de pérdidas en el transformador principal y 848.39 kW de pérdidas en la red colectora de media tensión.



6 ANEXOS

6.1 Certificado de calibración de medidor de potencia neta

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		
 ESTUDIOS ELECTRICOS		
Estudios Eléctricos declara que el instrumento: Janitza UMG 510 Número de Serie: 5100/0731		
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.		
Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:		
Instrumento	Número de Serie	Última Calibración
Valija Inyección Freja 300	4501345	04/05/2020
Fecha de evaluación: 18/08/21 Certificado número: EE-CI-2021-1559		Nombre Inspector: Leiss, Jorge Firma: 
Power System Studies & Power Plant Field Testing and Electrical Commissioning		



6.2 Potencia máxima de aerogeneradores

En la presente sección se muestran los registros de la máxima potencia alcanzada por cada unidad individual del Parque Eólico Mesamávida. Se observa que las unidades superan su valor de potencia nominal de 4.8 MW, en condiciones de velocidad de viento nominal de 12 m/s.

A modo de resumen, se presenta en la siguiente tabla, el valor máximo alcanzado por cada unidad. Se observa que el valor total es superior al nominal total de las unidades.

Unidad	Potencia Máxima [kW]
AE01	4883.33
AE02	4883.92
AE03	4860.45
AE04	4877.72
AE05	4879.63
AE06	4885.73
AE07	4901.18
AE09	4888.80
AE10	4882.09
AE13	4891.90
AE14	4888.33
AE15	4879.59
Total	58.60 [MW]

Tabla 6.1 – Potencia máxima de cada unidad

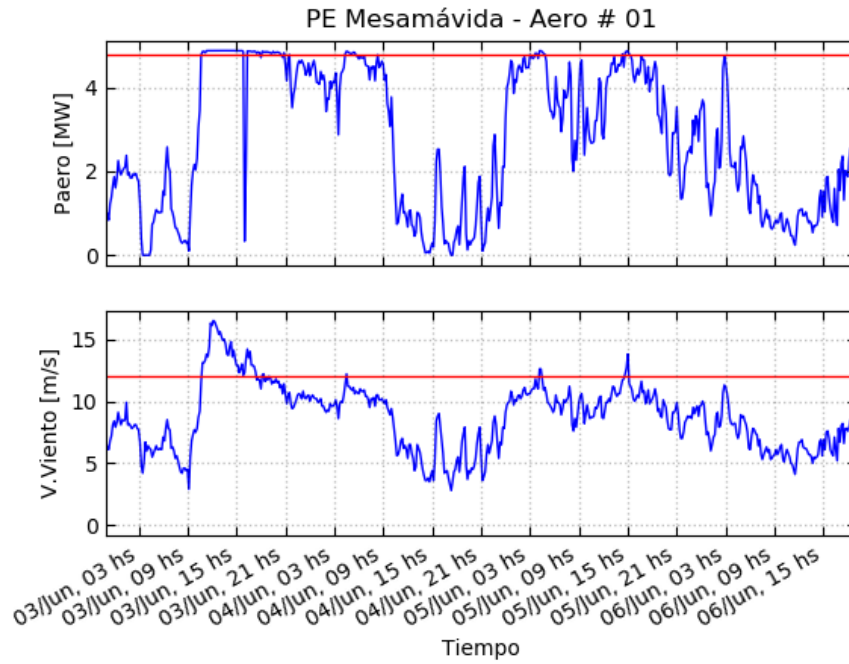


Figura 6.1 - Potencia máxima - AE01

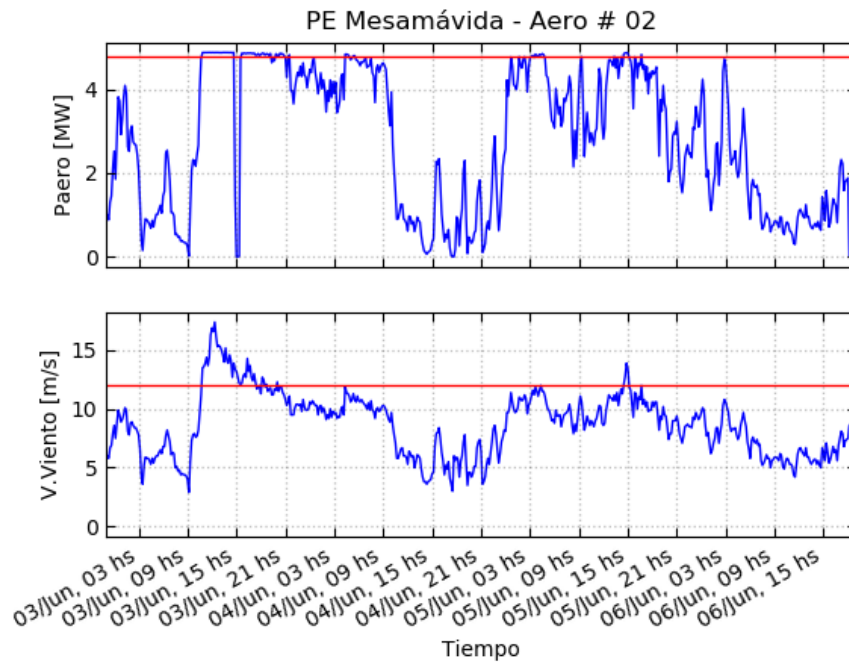


Figura 6.2 - Potencia máxima - AE02

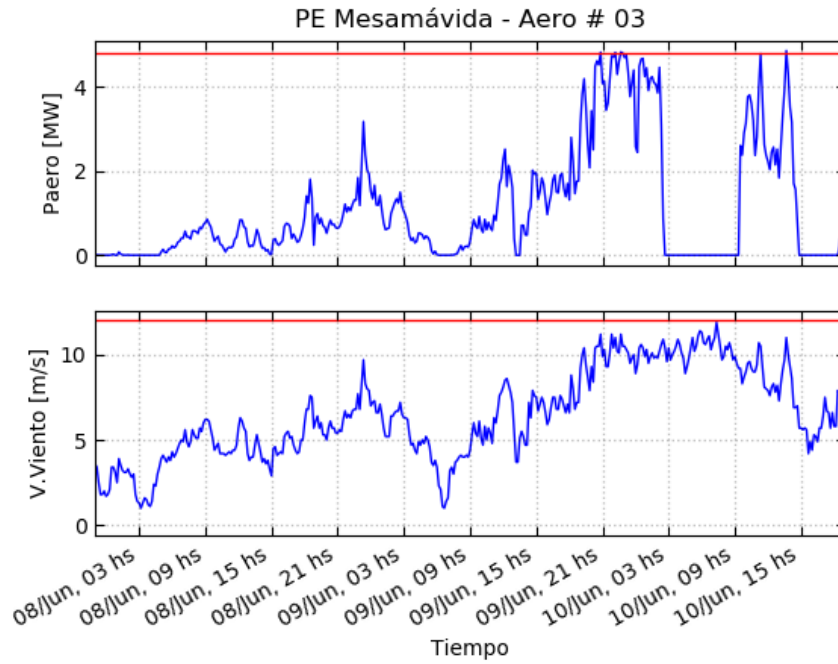


Figura 6.3 - Potencia máxima - AE03

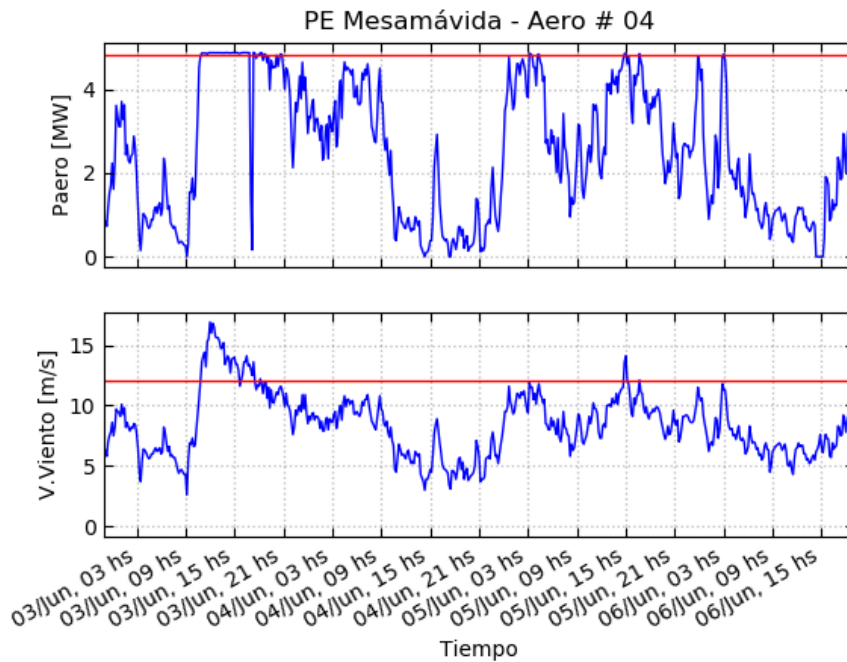


Figura 6.4 - Potencia máxima - AE04

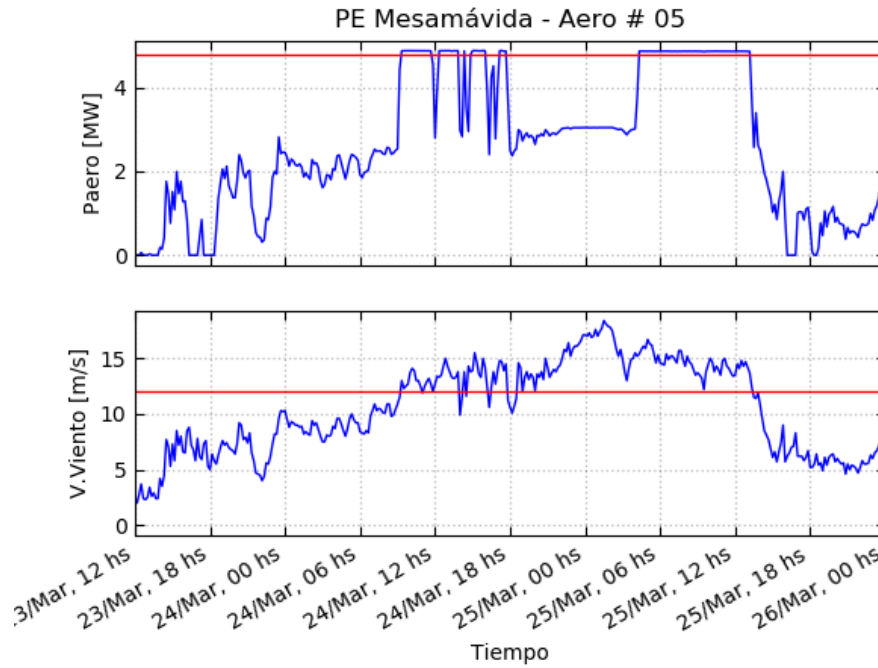


Figura 6.5 - Potencia máxima - AE05

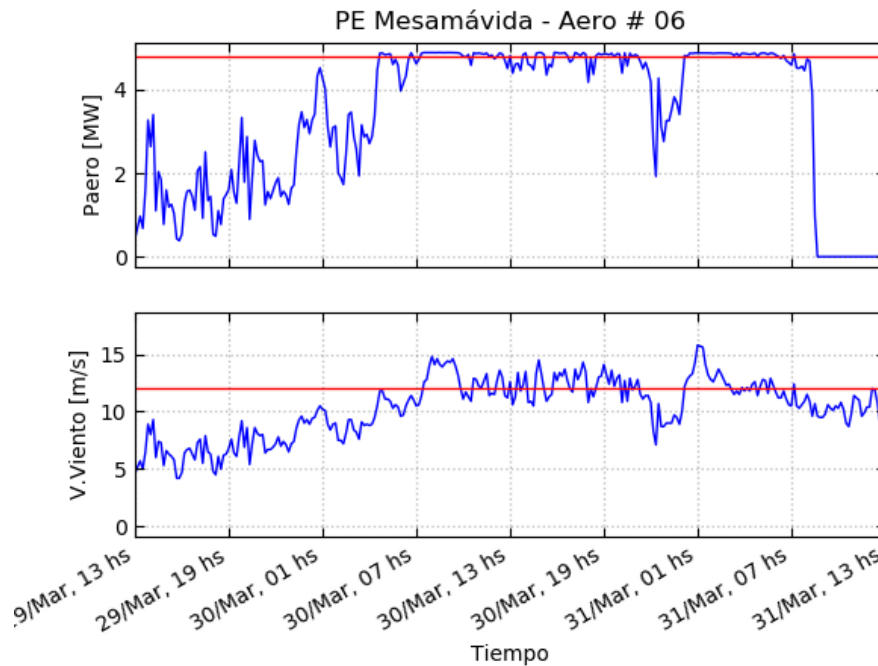


Figura 6.6 - Potencia máxima - AE06

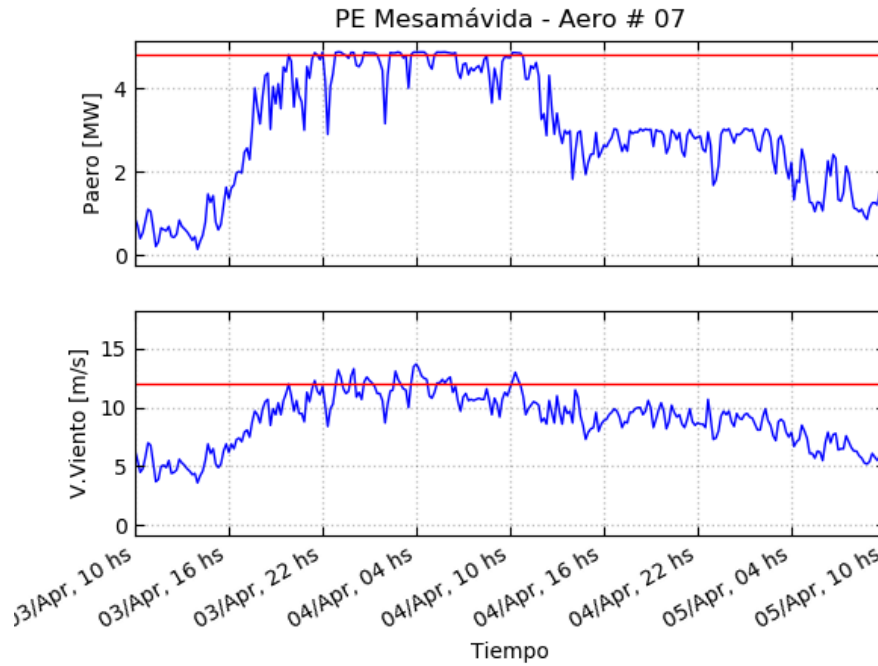


Figura 6.7 - Potencia máxima - AE07

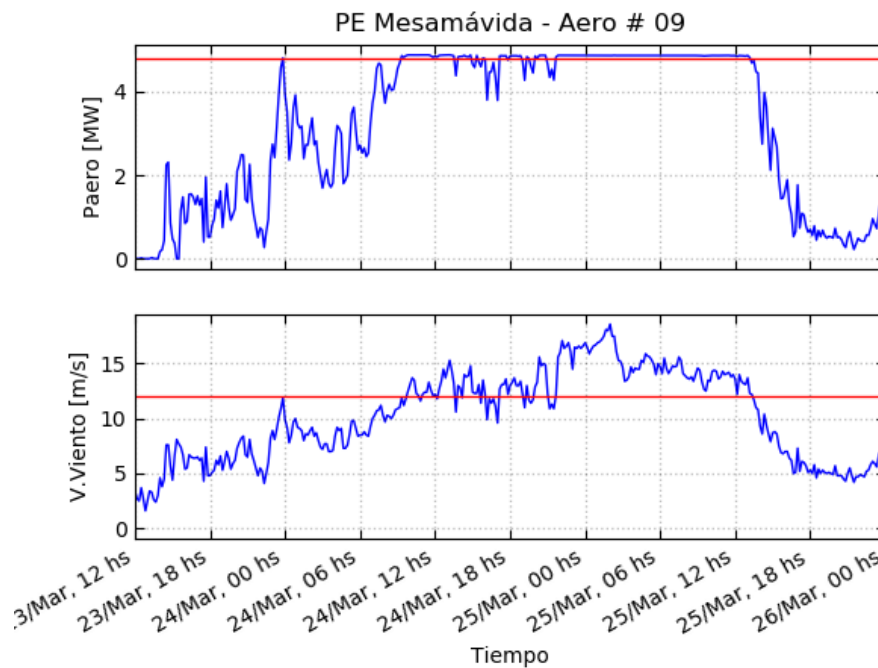


Figura 6.8 - Potencia máxima - AE09

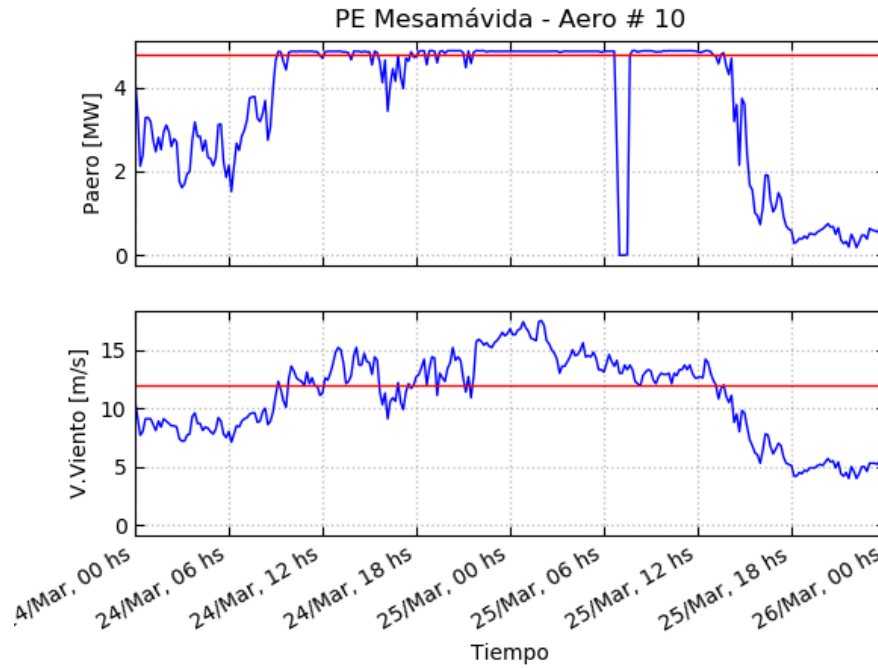


Figura 6.9 – Potencia máxima – AE10

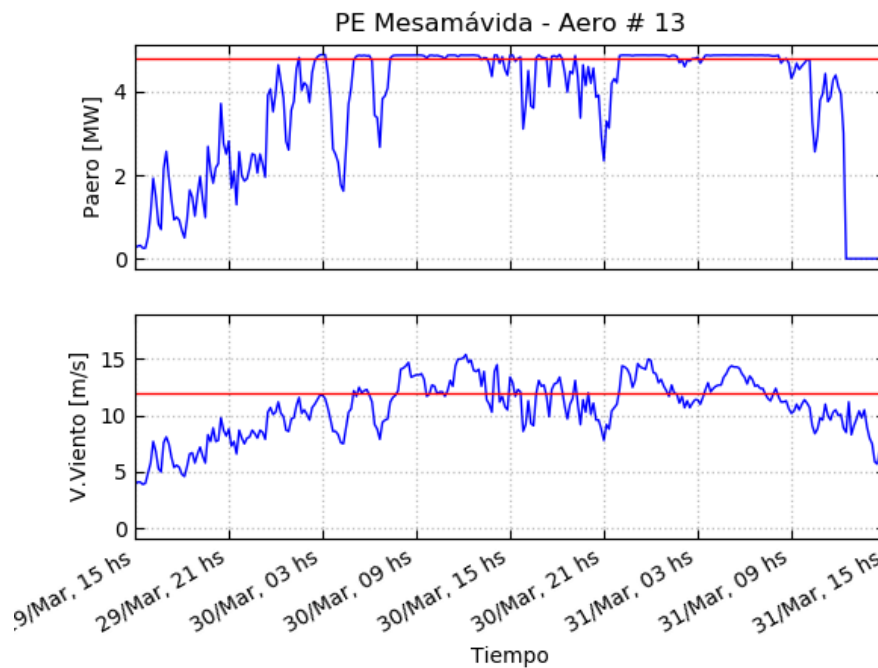


Figura 6.10 – Potencia máxima – AE13

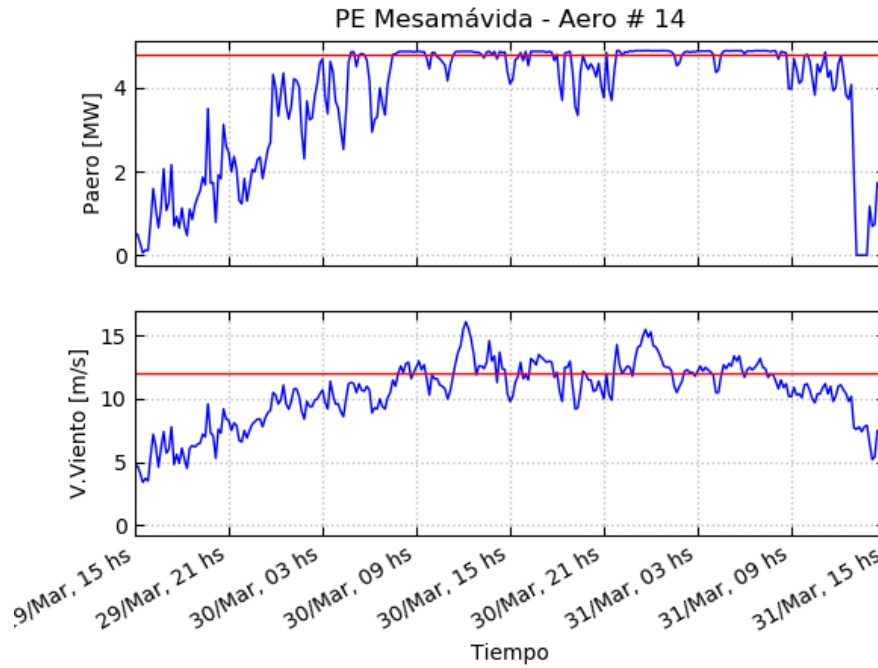


Figura 6.11 – Potencia máxima – AE14

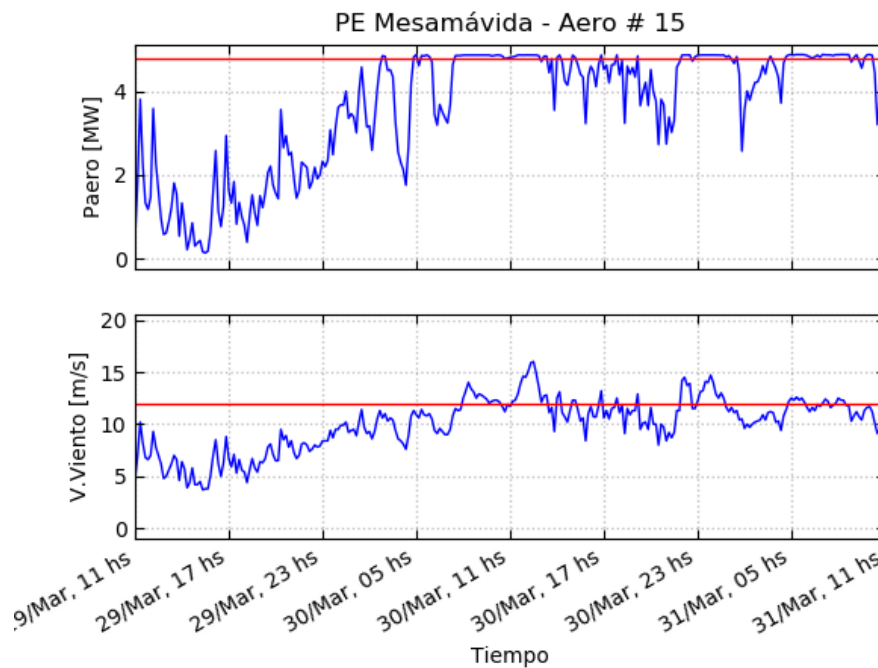


Figura 6.12 – Potencia máxima – AE15



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.