



**estudios energéticos consultores.**  
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

# **INFORME DE DETERMINACIÓN DE MINIMO TÉCNICO**

## **Parque Eólico Negrete**



Abril 2021

A 0609 / R 1207-20

## Tabla de contenido

<b>REGISTRO DE COMUNICACIONES</b> .....	<b>5</b>
<b>SECCIÓN PRINCIPAL</b> .....	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1. Marco normativo .....	6
1.2. Descripción de la planta .....	6
1.3. Descripción de las pruebas .....	12
<b>2. RESULTADOS OBTENIDOS</b> .....	<b>12</b>
2.1. Registros .....	12
2.2. Pérdidas y consumos propios.....	13
<b>3. CONCLUSIONES</b> .....	<b>14</b>

## Índice de tablas y gráficos

**No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**

Gráfico 1. Esquema Unilineal de interconexión del sistema. ....	7
Gráfico 2. Esquema unilineal de la zona de influencia del PE Negrete.....	8
Gráfico 3. Esquema unilineal del sistema colector en 23 kV.....	9
Gráfico 4. Curva de capacidad WTG Vestas V136-3.6 MW.....	10
Gráfico 5. Característica control potencia-frecuencia.....	11
Gráfico 6. Configuración de modo de control potencia-frecuencia.....	11
Gráfico 7. Potencia activa en el punto de conexión. ....	12
Gráfico 8. Potencia reactiva en el punto de conexión.....	12
Gráfico 9. Tensión en el punto de conexión. ....	13
Gráfico 10. Potencia bruta y potencia neta durante la prueba de mínimo técnico. ....	13

## Abreviaturas y acrónimos

CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
CNE	Comisión Nacional de Energía
ERNC	Energía Renovables No Convencional
NTSyCS	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio
NT SSMM	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio para Sistemas Medianos
PE	Parque Eólico
SE	Subestación Eléctrica
AT	Alta tensión
MT	Media tensión
BT	Baja tensión
PE	Parque Eólico
ONAN	Oil Natural Air Natural
ONAF	Oil Natural Air Forced
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
RCB	Regulador Bajo Carga
PMU	Power Management Unit

## REGISTRO DE COMUNICACIONES

Registro de las actividades, comunicaciones y aprobación de informes.

Número	Fecha dd/mm/año	Objeto	Ref	Observaciones	Responsable
1	30/04/2021	Emisión original	V1	Preparó FG	FM

## SECCIÓN PRINCIPAL

### 1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se exhiben los resultados obtenidos en los ensayos de campo realizados en el Parque Eólico Negrete, durante los días 9 y 12 de abril de 2021, en relación al proceso de determinación del mínimo técnico de la planta. Los ensayos fueron realizados encontrándose en servicio la totalidad de los inversores que conforman el parque.

#### 1.1. Marco normativo

Las pruebas realizadas se programaron en base al ANEXO TÉCNICO de la NTSyCS “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras”. En tal sentido, el valor de Mínimo Técnico se obtiene 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.

Para el caso de un parque eólico la determinación se hará al valor mínimo que permita limitarse la consigna de generación del parque y que no desconecte los inversores, de manera de mantener el soporte de tensión y potencia reactiva al sistema, verificado mediante un ensayo sobre el parque.

#### 1.2. Descripción de la planta

El parque eólico Negrete se ubica a 3 km de la ciudad de Negrete provincia del Bío Bío, Chile. Está conformado por 10 aerogeneradores pertenecientes a la marca Vestas modelo V136 CP3.6MW-50Hz|Power Optimizer Mode (PO1) del tipo Full-Scale Converter Induction Generator, totalizando una potencia instalada de 36 MW. En el Gráfico 4 se muestra la curva de capacidad PQ de los aerogeneradores.

La distribución en media tensión se realiza mediante un sistema colector en 23 kV formado por 3 circuitos que recolectan la potencia de los aerogeneradores. Cada aerogenerador cuenta con su transformador de bloque de 0,69/23 kV de una potencia de 4 MVA.

Los circuitos colectores acometen a la barra de 23 kV del transformador de potencia TR2 de 66/23 kV 50 MVA (ONAF), ubicado en la SE Negrete.

El punto de conexión del parque es en barra de la subestación Negrete de 66 kV.

En el Gráfico 1 se muestra un esquema unilineal de la conexión del parque en la subestación Negrete y en el Gráfico 3 se muestra un esquema unilineal del sistema colector en 23 kV.



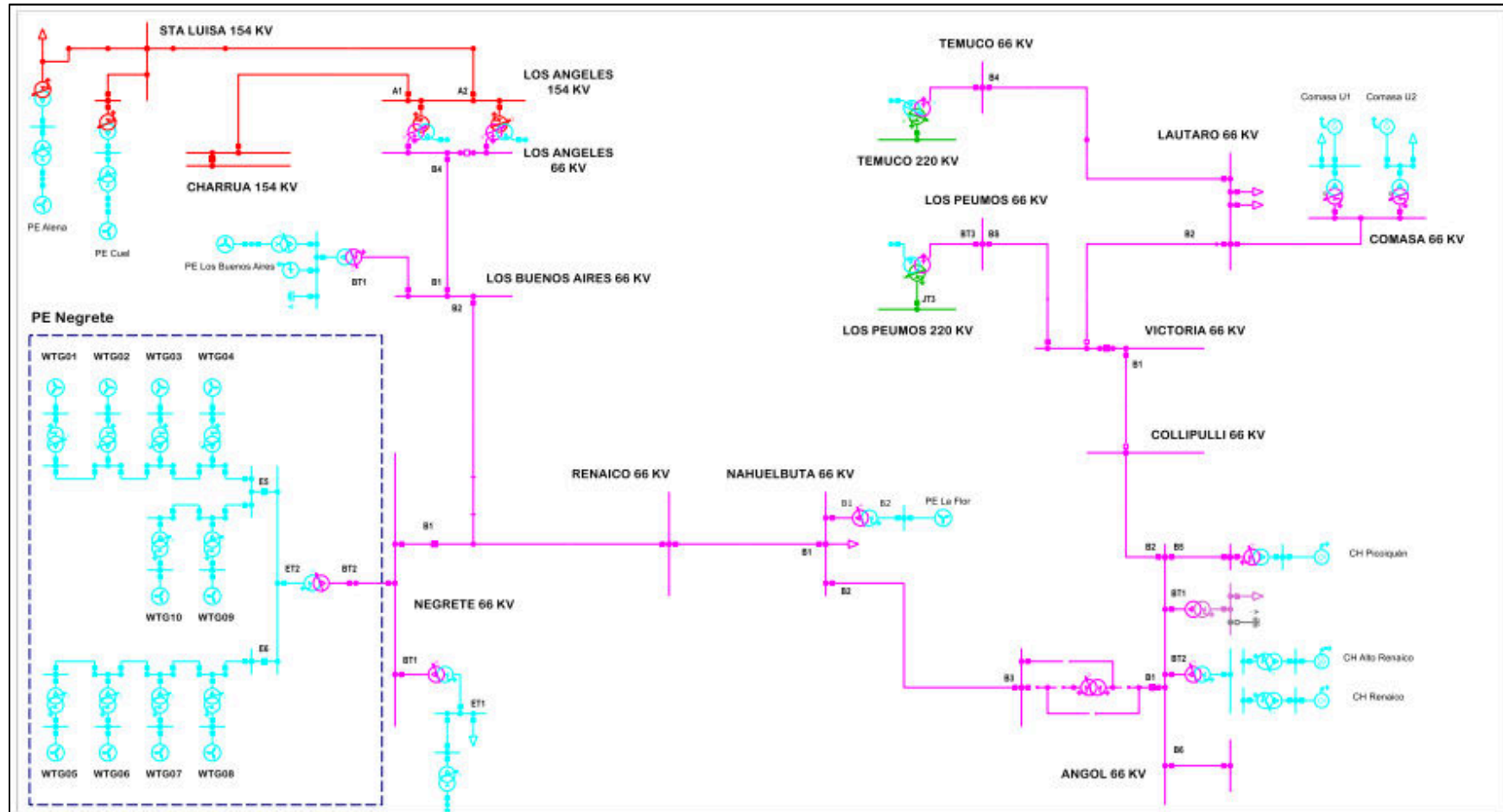


Gráfico 2. Esquema unilineal de la zona de influencia del PE Negrete.



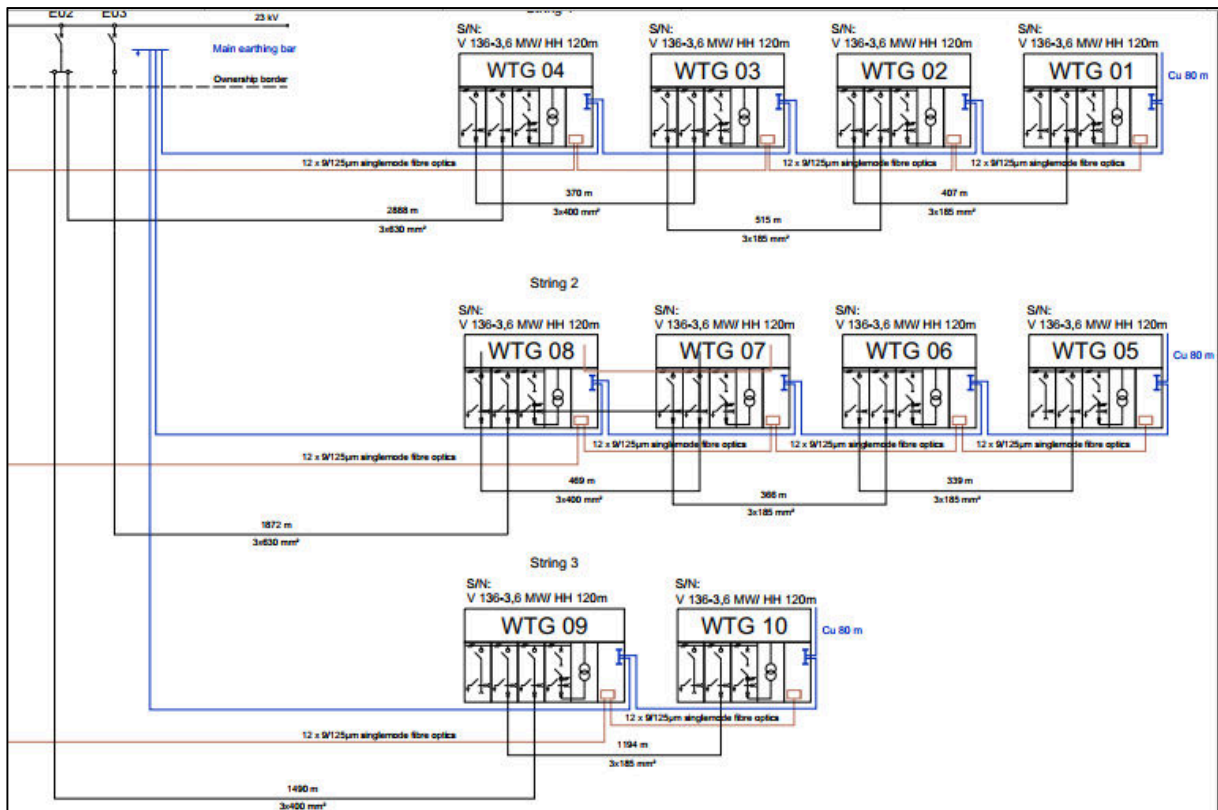


Gráfico 3. Esquema unilínea del sistema colector en 23 kV.

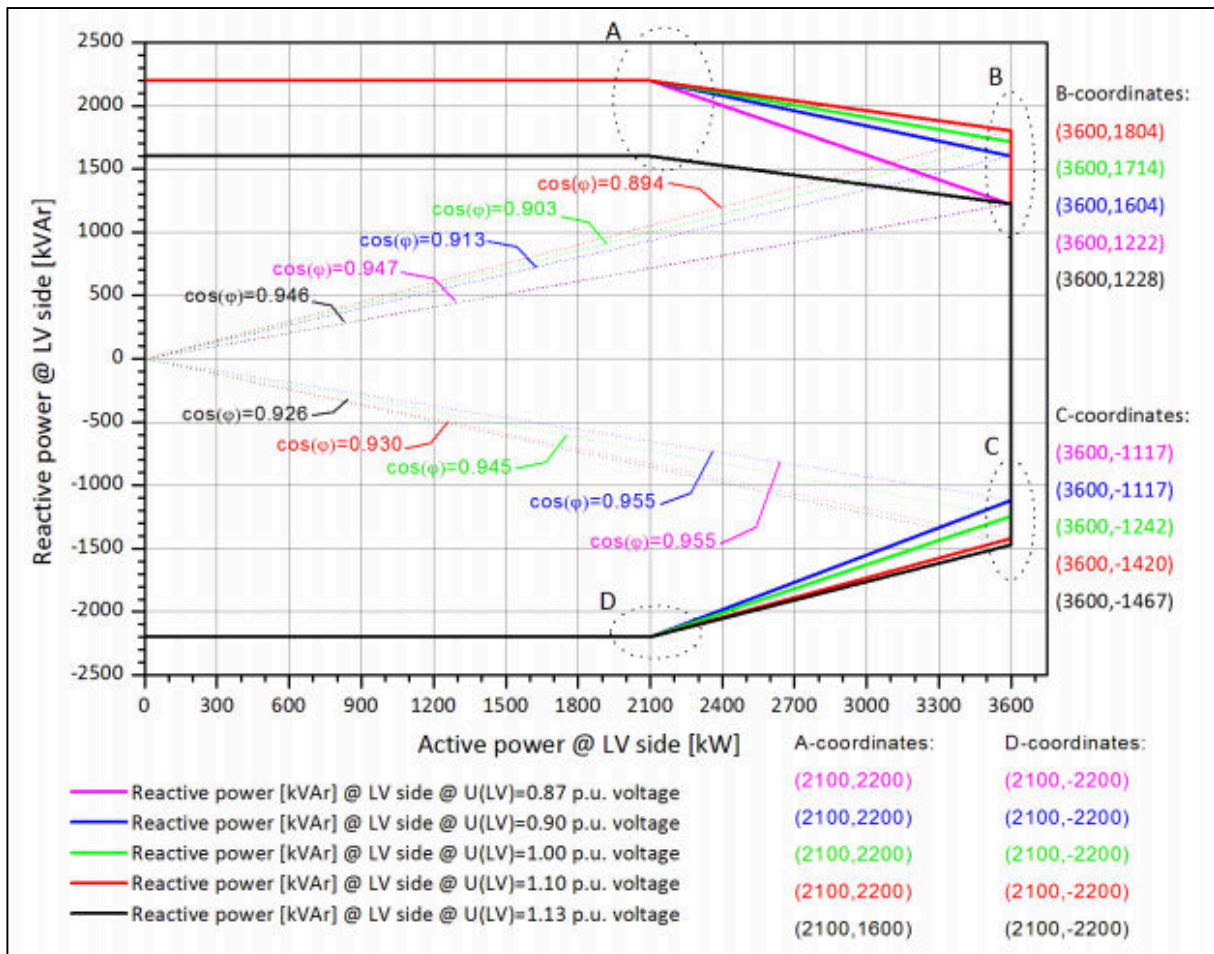


Gráfico 4. Curva de capacidad WTG Vestas V136-3.6 MW.

El control del PE Negrete se realiza a través de un único PPC (Power Plant Controller) de Vestas mediante el sistema SCADA, siendo la barra de control del parque la situada eléctricamente en la barra de 66 kV de la subestación Negrete.

El control de planta posee las siguientes funcionalidades:

- **Funciones de control de potencia activa.** El PPC podrá operar en 2 modos diferentes de control:
  - **Control de potencia activa 0-100%.** Permite ajustar la consigna de potencia activa. Las rampas de subida y bajada están limitadas a la velocidad de respuesta máxima de las turbinas. La velocidad mínima configurable resulta de 0,02 pu/s.
  - **Control de potencia por sobrefrecuencia (LFSM-O).** Permite la reducción de potencia activa ante eventos de sobrefrecuencia. El control se encuentra ajustado con los mismos parámetros para todos los aerogeneradores de acuerdo a la característica potencia-frecuencia indicada en el Gráfico 5, a continuación y que se corresponde con la configuración mostrada en el Gráfico 6.

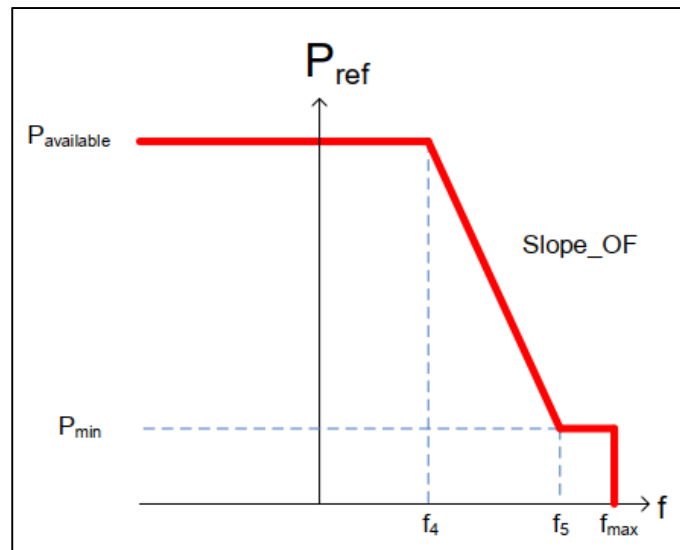


Gráfico 5. Característica control potencia-frecuencia.

$f_4$	50.2 Hz
$f_{max}$	52Hz
$f_5$	51.5 Hz
$P_{min}$	28.5% of Pavailable
SLOPE_OF	3.64%
P ramp rate limit (default)	0.025pu/s

Gráfico 6. Configuración de modo de control potencia-frecuencia.

- **Funciones de control de potencia reactiva.** En este caso el PPC podrá operar en 3 modos diferentes de control:
  - **Control de tensión PI.** Permite definir un valor de consigna de tensión en el punto de conexión. Mediante un controlador de tipo proporcional-integral (PI) envía consignas de potencia reactiva a los aerogeneradores para mantener la tensión en el valor definido.
  - **Control de potencia reactiva.** Permite definir un valor de consigna de potencia reactiva en el punto de conexión, la cual es distribuida entre todas las unidades.
  - **Control de factor de potencia.** Permite definir un valor de consigna de factor de potencia en el punto de conexión, controlando la inyección de potencia reactiva para mantenerlo constante.

### 1.3. Descripción de las pruebas

De acuerdo con el Artículo 4 “Definiciones” del Anexo Técnico, se determinó “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”.

Para ello, se procedió a reducir la consigna de generación por medio del comando del operador al mínimo valor configurable, el cual se determinó en 3.6 MW. Posteriormente, se evaluó la estabilidad de operación de la planta realizando cambios en la consigna de potencia reactiva, verificándose un correcto desempeño y control, sin desconexión de los aerogeneradores.

## 2. RESULTADOS OBTENIDOS

### 2.1. Registros

Se obtuvieron los registros de potencia activa (Gráfico 7), potencia reactiva (Gráfico 8) y tensión en el punto de conexión (Gráfico 9), para un valor mínimo de potencia activa configurable en 3,6 MW desde el control de planta. En este estado de carga se realizó un escalón en la potencia reactiva de +5 MVar (capacitivo) y - 2,5 MVar (inductivo).

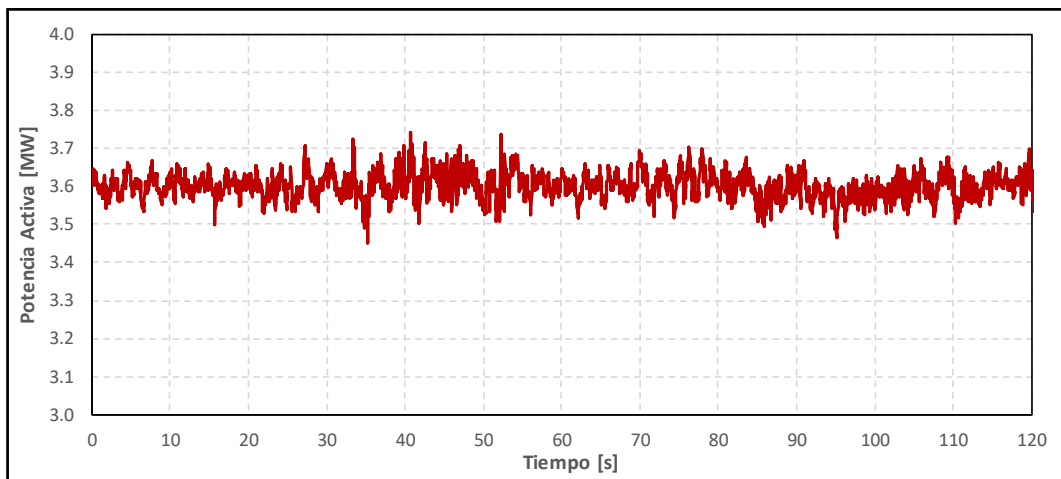


Gráfico 7. Potencia activa en el punto de conexión.

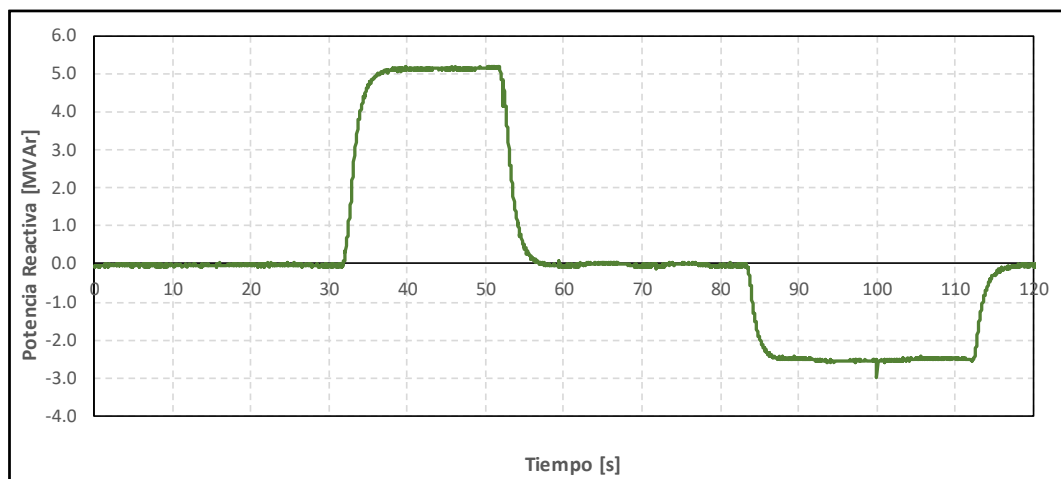
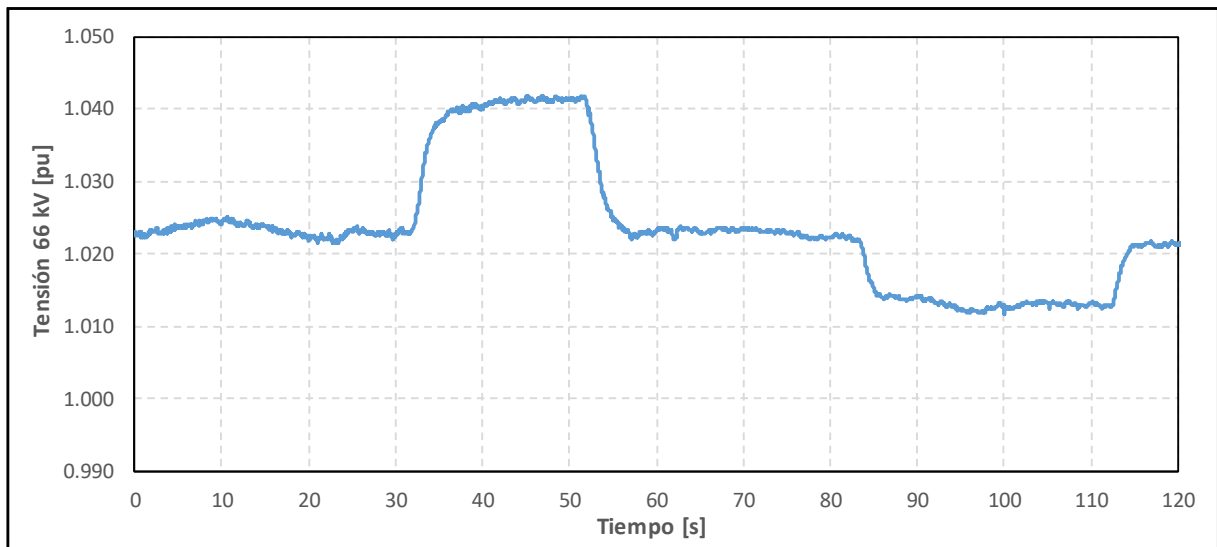


Gráfico 8. Potencia reactiva en el punto de conexión.

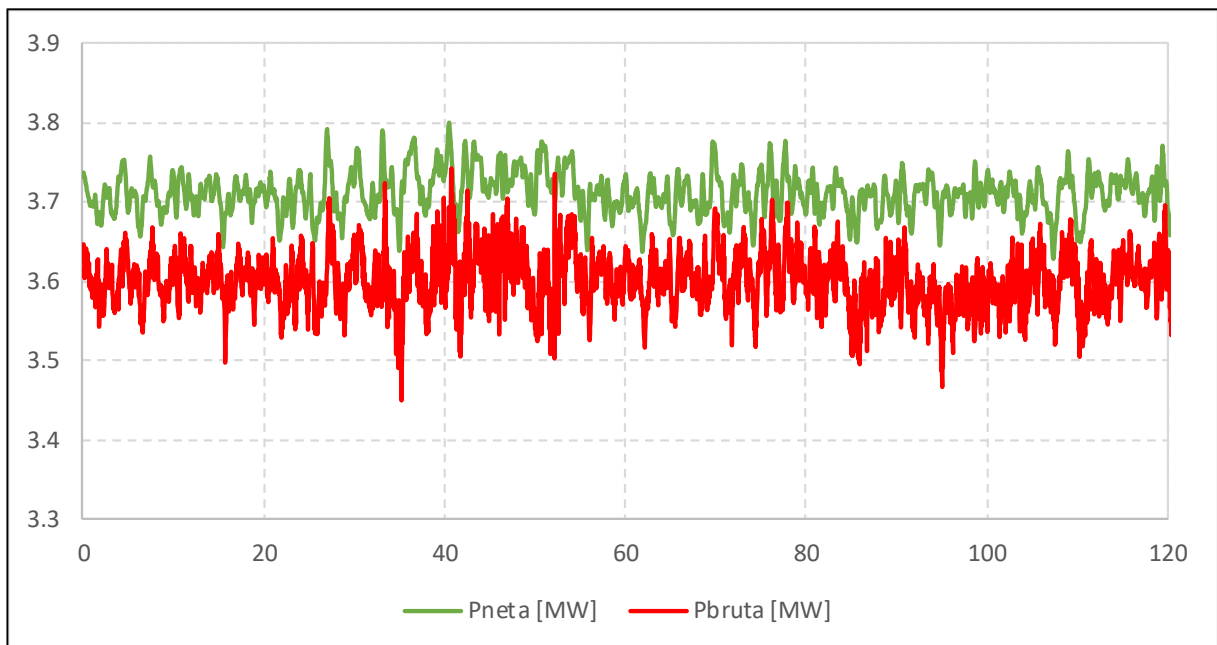


**Gráfico 9. Tensión en el punto de conexión.**

El parque operó satisfactoriamente sin presentar inestabilidades y manteniendo el soporte de potencia reactiva y tensión a la red sin desconexión de aerogeneradores.

## 2.2. Pérdidas y consumos propios

En el Gráfico 10 se observa la comparación entre la potencia bruta generada y la potencia neta inyectada en el punto de conexión del parque.



**Gráfico 10. Potencia bruta y potencia neta durante la prueba de mínimo técnico.**

De lo anterior la potencia bruta promedio es de  $P_{bruta} = 3,71$  MW, la potencia neta en el punto de conexión es  $P_{neta} = 3,6$  MW. Las pérdidas promedio en este estado de carga serán entonces  $P_{perd} = 110,8$  kW, que corresponden a las pérdidas en transformadores y el circuito colector variables con la carga.

### 3. CONCLUSIONES

Dada la mínima consigna operable del parque eólico de 3.6 MW en el punto de conexión (Barra de 66 kV de la ET Negrete), y considerando una pérdida promedio de 110,8 kW en ese estado de carga, se determinó una **potencia mínima bruta de 3,71 MW** para Parque Eólico Negrete.