



estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

INFORME DE DETERMINACIÓN DE MINIMO TÉCNICO

Parque Eólico Malleco Sur



Agosto 2021

A 0609 / R 1207-20

Tabla de contenido

REGISTRO DE COMUNICACIONES	5
SECCIÓN PRINCIPAL	6
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Marco normativo	6
1.2. Descripción de la planta	6
2. DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE PLANTA Y FUNCIONALIDADES	10
2.1. Funcionalidades del control de planta	12
2.2. Descripción de las pruebas	15
3. RESULTADOS OBTENIDOS	16
3.1. Mínimo técnico en el punto de conexión	16
3.2. Pérdidas y consumos propios.....	17
4. CONCLUSIONES	22
5. REFERENCIAS	22

Índice de tablas y gráficos

Tabla 1. Valores máximos de pendiente y consigna de potencia activa.....	12
Tabla 2. Valores sugeridos de pendiente para la función limitación de rampa.	12
Tabla 3. Parametrización del modo LFSM-O.....	13
Tabla 4. Parametrización del modo <i>FSM-O-U</i>	14
Tabla 5. Configuración de los límites PQ del control de potencia reactiva.....	15
Tabla 6. Tiempos asociados a la dinámica del control de potencia reactiva.	15
Tabla 7. Consumos servicios auxiliares aerogeneradores.....	19
Gráfico 1. Esquema Unilineal de interconexión con el sistema.	7
Gráfico 2. Esquema unilineal de la zona de influencia del PE Malleco Sur.	8
Gráfico 3. Esquema unilineal del sistema colector en 33 kV.....	9
Gráfico 4. Curva de capacidad WTG Vestas V136-3.45 MW.....	10
Gráfico 5. Curva de capacidad WTG Vestas V136-3.6 MW.....	10
Gráfico 6. Esquema de control y medición del PE Malleco.	11
Gráfico 7. <i>Característica</i> LFSM-O.....	13
Gráfico 8. <i>Característica</i> <i>FSM-O-U</i>	14
Gráfico 9. Límite PQ del control de potencia reactiva.....	15
Gráfico 10. Potencia activa en el punto de conexión.....	16
Gráfico 11. Potencia reactiva en el punto de conexión.	16
Gráfico 12. Tensión en el punto de conexión.	17
Gráfico 13. Cálculo de flujo de potencia en el transformador de potencia de la SE Surco y semilla.	18
Gráfico 14. Placa característica del transformador de potencia de la SE Surco y Semilla.	18
Gráfico 15. Modelo PowerFactory del transformador de potencia de la SE Surco y Semilla.	19
Gráfico 16. Potencia en mínimo técnico para aerogeneradores 3.45 MW y 3.6 MW.	20
Gráfico 17. Aporte de potencia de los circuitos colectores en barra de MT de la SE Surco y Semilla.	21

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	24/08/2021	Emisión original	V1	Preparó RP - FG	FM
2	23/11/2021	Correcciones en función e los comentarios del CEN "COR-GO-DCO-MT- _PE_Malleco_Sur"	V2	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 Malleco Sur, durante los días 23 y 24 de julio de 2021, en relación al proceso de determinación del mínimo técnico de la planta.

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 las turbinas eólicas, 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 PE Malleco Sur se ubica a 15 km al sureste de la ciudad de Collipulli, Comuna de Collipulli (en el Fundo Agua Buena), Provincia de Malleco, IX región de La Araucanía, Chile. Está conformado por 38 aerogeneradores pertenecientes a la marca Vestas, contando con dos modelos, **V136 Mk3B 3.45 MW** (11 aerogeneradores) y **3.6 MW** (27 aerogeneradores) del tipo Full-Scale Converter Induction Generator, totalizando una potencia de 135.15 MW. En el Gráfico 4 y en el Gráfico 5 se muestran las curvas de capacidad PQ para ambos modelos de aerogenerador.

La distribución en media tensión se realiza mediante un sistema colector en 33 kV formado por 7 circuitos que recolectan la potencia de los aerogeneradores. Cada aerogenerador cuenta con su transformador de bloque de 0.65/33 kV de una potencia de 4 MVA.

Los circuitos colectores acometen a la barra de 33 kV del transformador de potencia de 230/33 kV 170 MVA (ONAF), ubicado en la SE Surco y Semilla.

El punto de conexión del parque es en barra de 220 kV de la SE Surco y Semilla. Desde la SE Surco y Semilla parte una línea subterránea que la interconecta con la SE Rio Malleco. Adicionalmente en la zona, se emplazará posteriormente el PE Malleco Norte de una potencia de 137.85 MW cuyo punto de conexión será la barra de 220 kV de la SE Agua Buena.

En el Gráfico 1 se muestra un esquema unilineal de la conexión del parque a la subestación Surco y Semilla, en el Gráfico 2 el esquema unilineal de la zona de influencia y en el Gráfico 3 se muestra un esquema unilineal del sistema colector en 33 kV

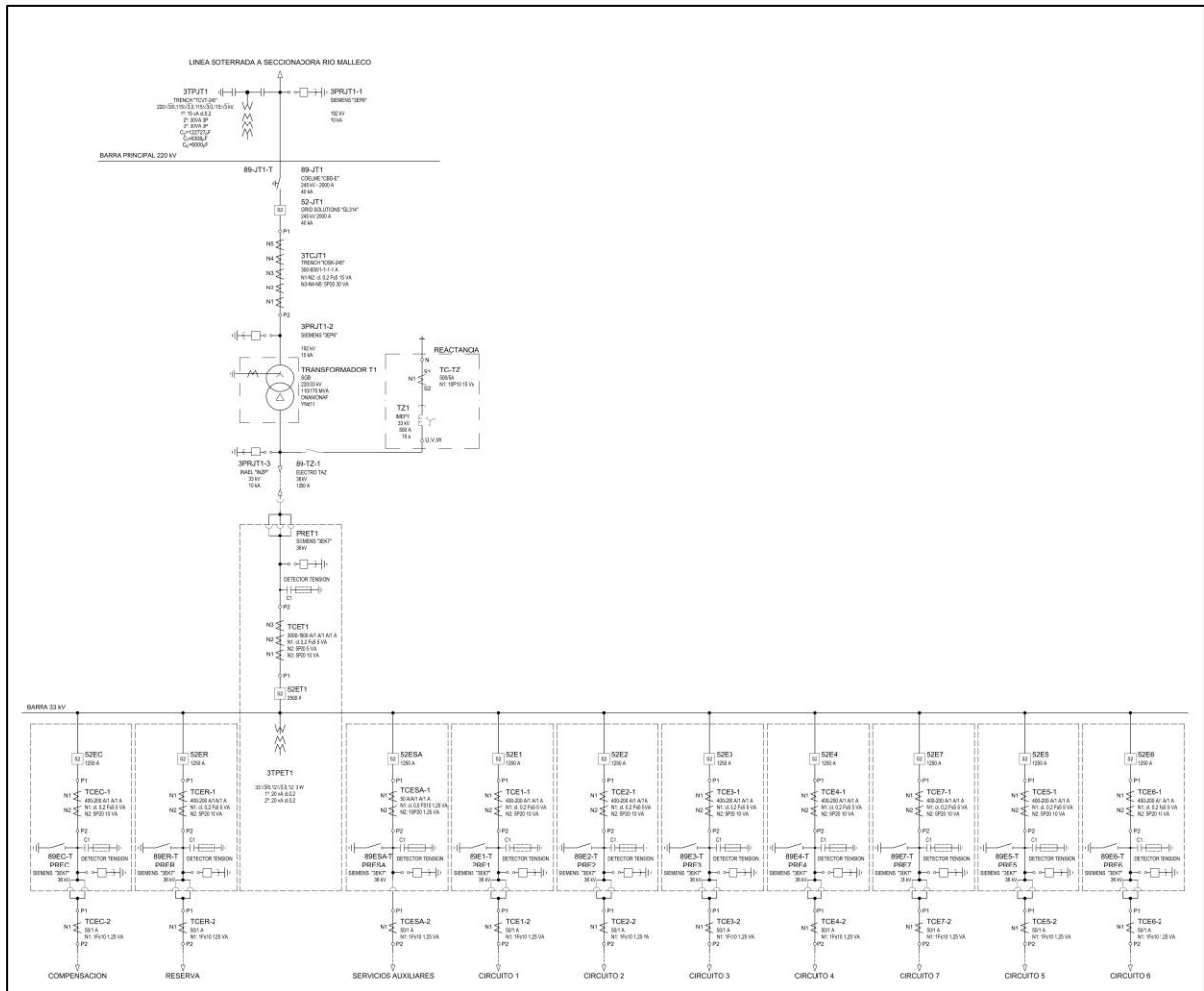


Gráfico 1. Esquema Unilineal de interconexión con el sistema.

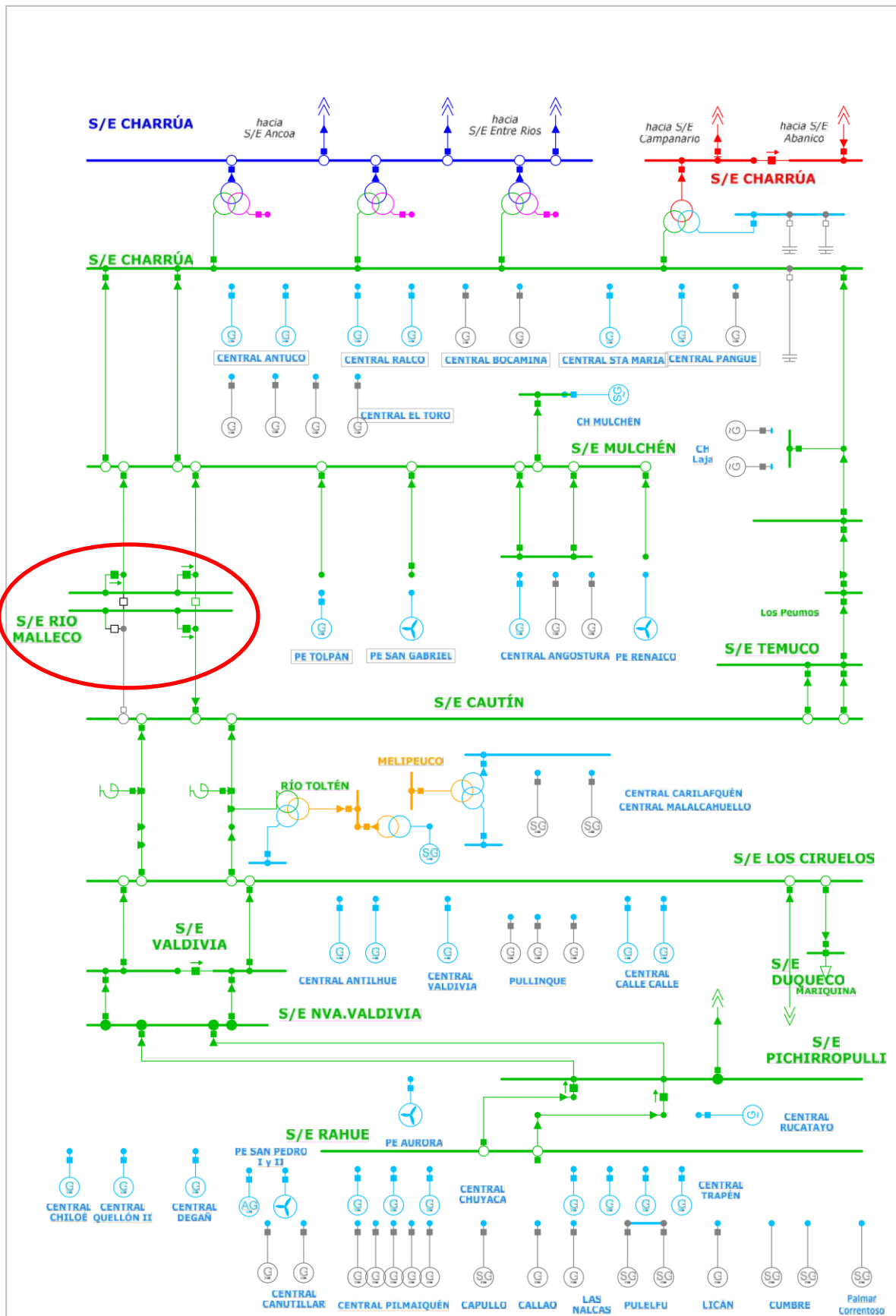


Gráfico 2. Esquema unilíneal de la zona de influencia del PE Malleco Sur.

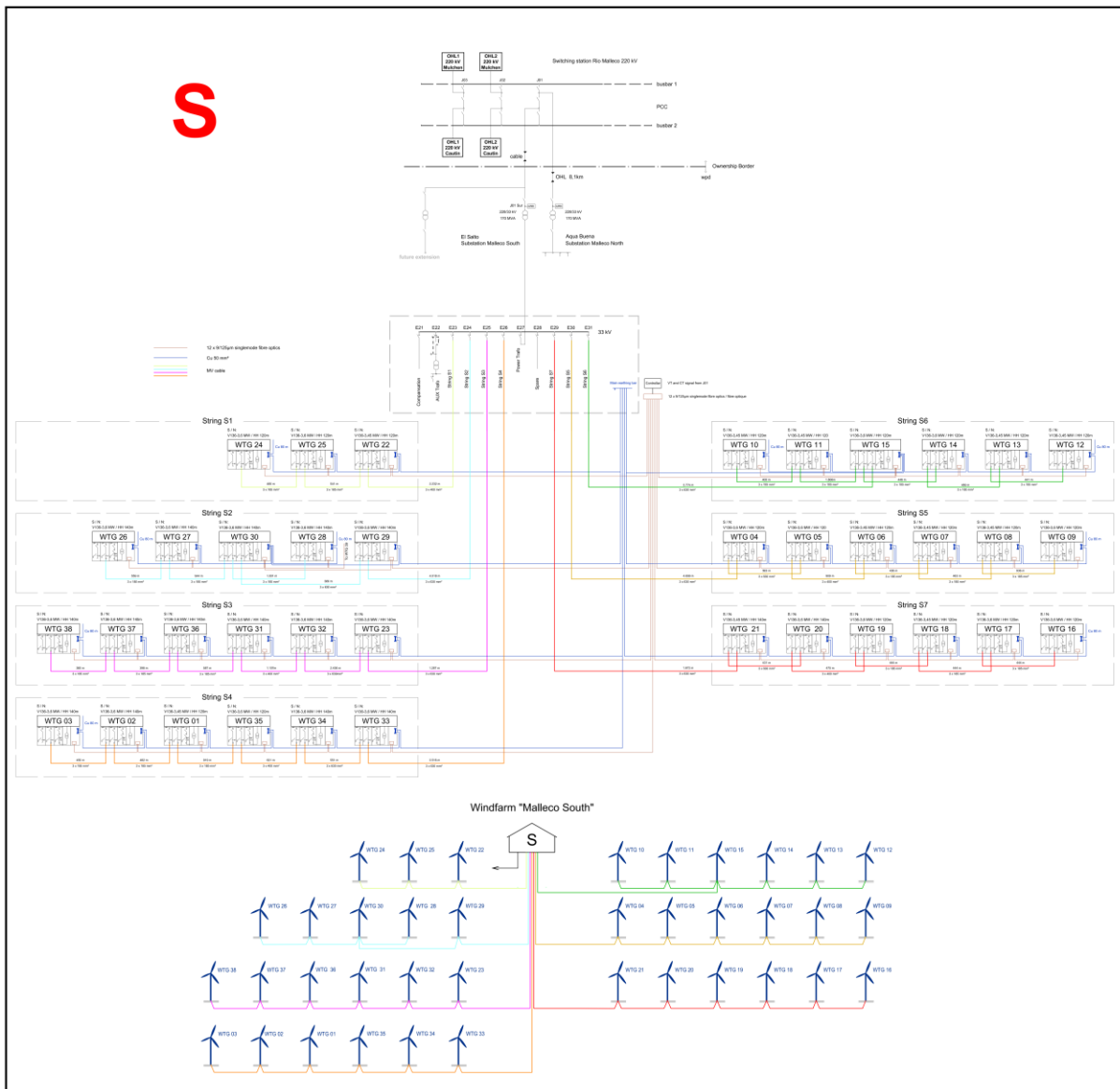


Gráfico 3. Esquema unilíneal del sistema colector en 33 kV.

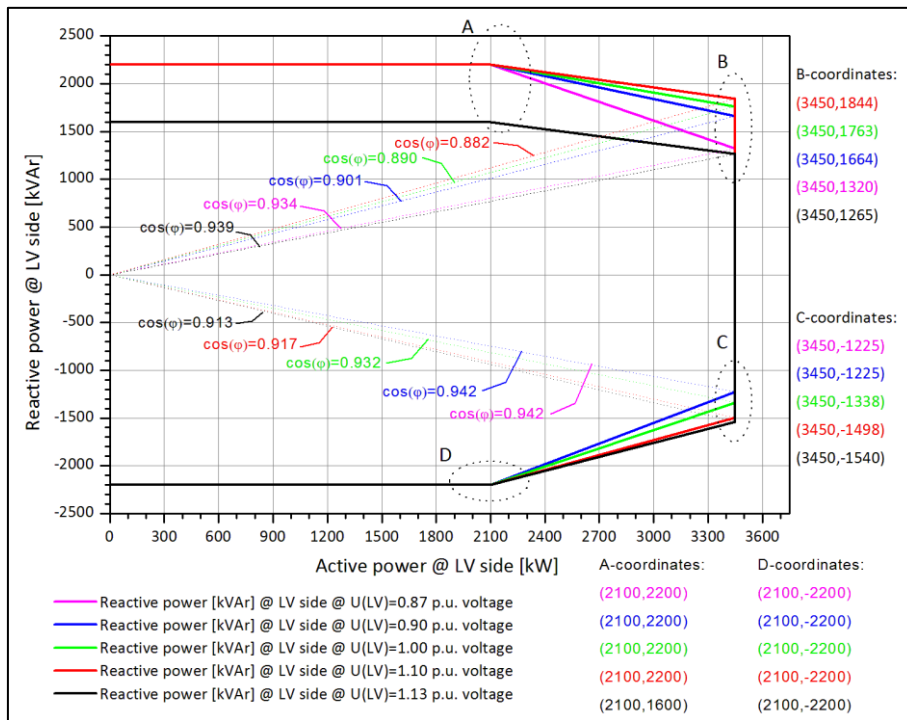


Gráfico 4. Curva de capacidad WTG Vestas V136-3.45 MW.

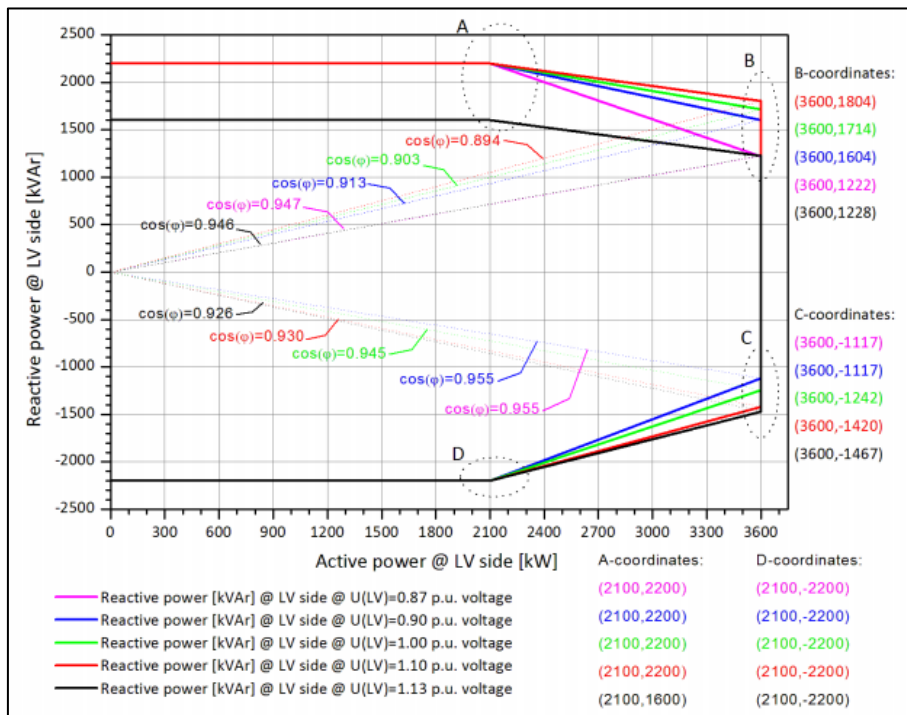


Gráfico 5. Curva de capacidad WTG Vestas V136-3.6 MW.

2. DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE PLANTA Y FUNCIONALIDADES

El control del PE Malleco Sur 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 220 kV de la SE Surco y Semilla. En el siguiente gráfico se muestra un esquema de los

puntos de medición (POM) y control del PE.

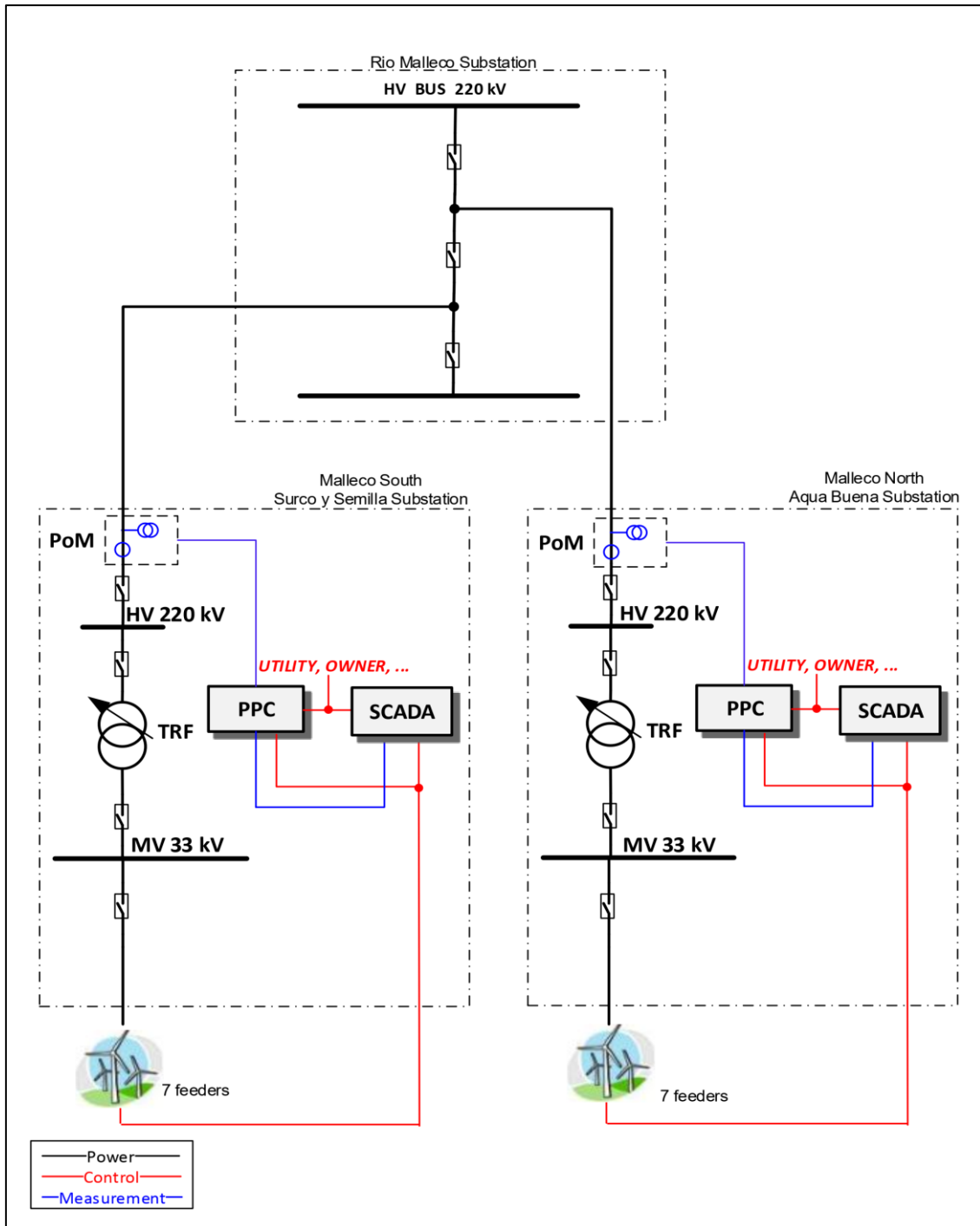


Gráfico 6. Esquema de control y medición del PE Malleco.

2.1. Funcionalidades del control de planta

El control de planta posee las siguientes funcionalidades:

- Funciones de control de potencia activa:
 - Control de potencia activa 0-100%.
 - Control de frecuencia.
- Funciones de control de potencia reactiva:
 - Control de tensión.
 - Control de potencia reactiva.
 - Control de factor de potencia.

El PPC envía las consignas de potencia activa y reactiva a los aerogeneradores. Además, el sistema SCADA permite enviar consignas de potencia activa y potencia reactiva individualmente a cada aerogenerador sin la participación del control del PPC (PPC desactivado).

2.1.1. Funciones de control de potencia activa

El PPC podrá operar en dos modos diferentes de control:

- **Control de potencia activa de 0-100%:** Permite ajustar la consigna de potencia activa a un valor determinado. Si se activa la función de limitación de rampa, tanto la rampa de bajada como de subida o toma de carga quedarán limitadas a una tasa de crecimiento determinada (en %/min). Si la función está desactivada, la reducción y la toma de carga se harán a una tasa que estará dada por la pendiente natural de los aerogeneradores (PrampLimit).

Con respecto al valor máximo de potencia activa, para el PE Malleco sur este es del 100% de la potencia nominal de la planta (135.15 MW).

En la sección 7.2 del documento de referencia del fabricante se detalla la configuración sugerida y las limitaciones en el control de potencia activa como se muestra a continuación:

Tabla 1. Valores máximos de pendiente y consigna de potencia activa.

P_{ref} maximum	Malleco South	135.15 MW
	Malleco North	137.85 MW
P_{ramp} limit (internal)		0.02 pu/s

A nivel PPC la tasa por defecto sugerida en este documento se muestra a continuación:

Tabla 2. Valores sugeridos de pendiente para la función limitación de rampa.

Active power output ramp	Malleco South	27030 kW/min (0.2 pu/min)
	Malleco North	27570 kW/min (0.2 pu/min)

- **Control de Frecuencia:** Esta función contempla la respuesta de la potencia activa en función a las fluctuaciones de frecuencia respecto a la frecuencia nominal (50 Hz). La respuesta del parque estará dada por una curva de potencia frecuencia que posee una pendiente y

una banda muerta. En las secciones 7.1.1 y 7.1.2 del documento de referencia, se establece la configuración sugerida por el fabricante VESTAS para los modos LFSM-O y LFSM-O-U. En los siguientes gráficos y tablas se detallan las curvas características y parametrización para ambos modos de control.

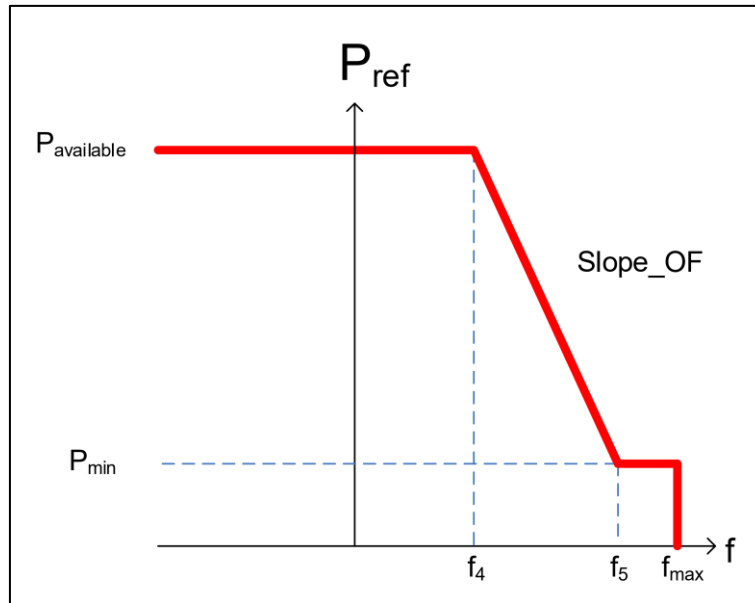


Gráfico 7. Característica LFSM-O.

Tabla 3. Parametrización del modo LFSM-O.

f4	50.2 Hz
fmax	52 Hz
f5	51.5 Hz
Pmin	28.5% of Pavailable
Slope_OF	3.64%
P ramp rate limit (default)	0.02 pu/s

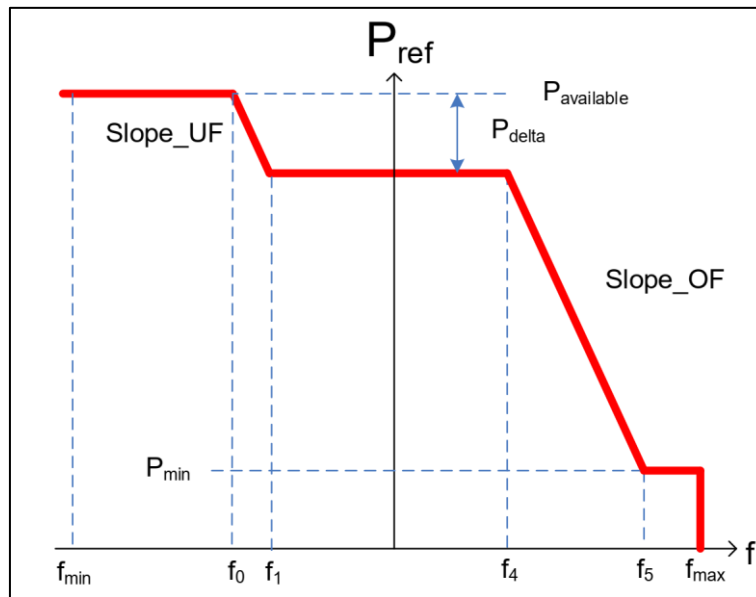


Gráfico 8. Característica FSM-O-U.

Tabla 4. Parametrización del modo FSM-O-U.

fmin	48 Hz
f0	$(f1 - (Pdelta [\%] \times Slope_UF / 100 / 100 \times 50))$ Hz
f1	49.8 Hz
SLOPE_UF	3.64%
Pdelta	Defined by WPP Operator or TSO (default: 3%)
f4	50.2 Hz
fmax	52 Hz
f5	51.5 Hz
Pmin	$((100 - 100 \times (f5 - f4) / 50 \times 100 / Slope_OF) \%) - Pdelta$ %
SLOPE_OF	3.64%
P ramp rate limit (default)	0.02 pu/s

2.1.2. Funciones de control de potencia reactiva

- Control de Tensión:** Permite definir un valor de consigna de tensión en el punto de conexión del PE. En el caso particular del PE Malleco el control de tensión es del tipo proporcional integral (PI). Esto implica que, ante una consigna de tensión, el PPC ajustará la inyección / absorción de potencia reactiva del PE en el punto de conexión mediante un algoritmo PI que tiene por objetivo reducir el error entre la tensión medida y la consigna o referencia a un valor de 0. Cabe señalar que este modo de control no asegura que se pueda lograr el valor consignado. El PPC saturará su acción de control de potencia reactiva en los límites

definidos por el bloque de control de potencia reactiva.

- **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.

La sección 5.1 del documento de referencia del fabricante, establece límites máximos de potencia reactiva según se detalla a continuación:

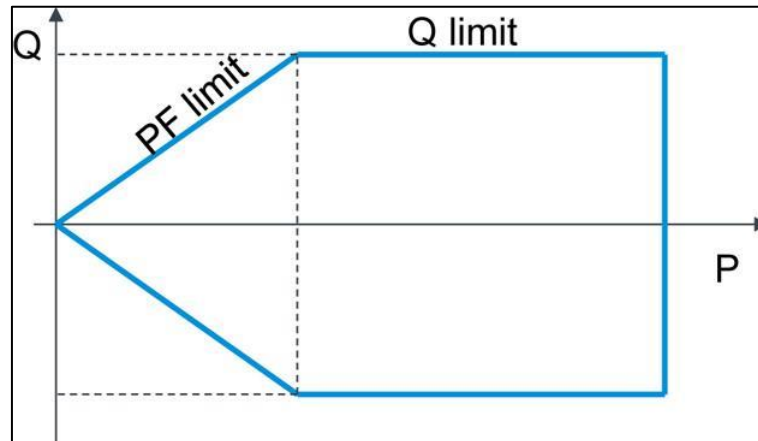


Gráfico 9. Límite PQ del control de potencia reactiva.

Tabla 5. Configuración de los límites PQ del control de potencia reactiva.

PF limit capacitive		0.51
PF limit inductive		0.83
Q limit capacitive	Malleco South	45 MVar
Q limit inductive	Malleco South	45 MVar
Q_{ref} ramp rate limit		0.1 pu/s

Tabla 6. Tiempos asociados a la dinámica del control de potencia reactiva.

T₀	Typical performance around 0.2 s
T_{rise}	3 s
T₂	< 5 s

- **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. Los límites de este modo de control están en función de los mostrados para el control de potencia reactiva

2.2. 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 13.515 MW en el punto de conexión del PE (esto es en la barra de 220 kV de la SE surco y semilla). 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.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Mínimo técnico en el punto de conexión

Se obtuvieron los registros de potencia activa (Gráfico 10), potencia reactiva (Gráfico 11) y tensión en el punto de conexión (Gráfico 12), para un valor mínimo de potencia activa configurable en 13,515 MW (10% Pn) desde el control de planta. En este estado de carga se realizaron dos escalones en la potencia reactiva de +5 MVar (capacitivo e inductivo).

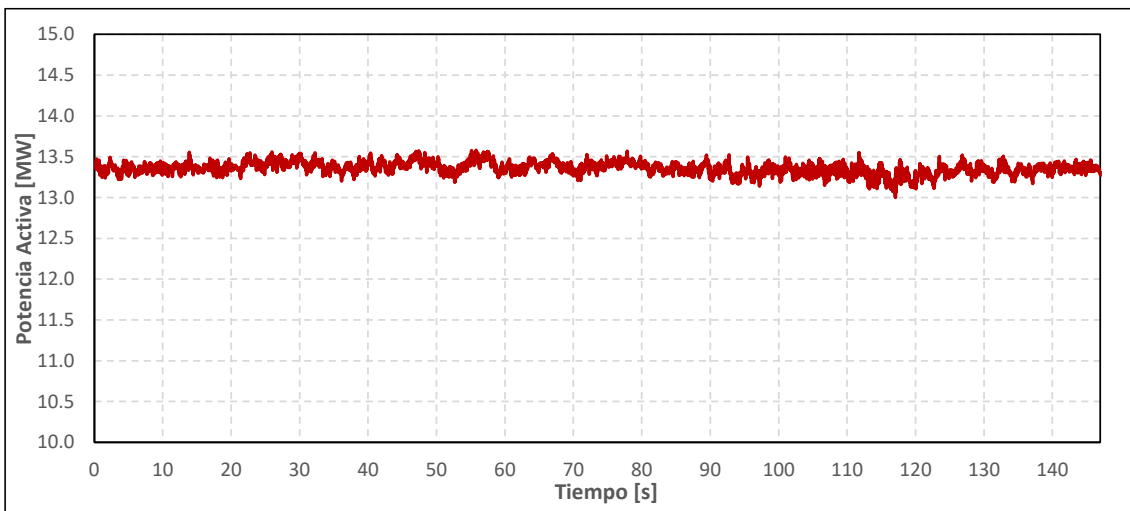


Gráfico 10. Potencia activa en el punto de conexión.

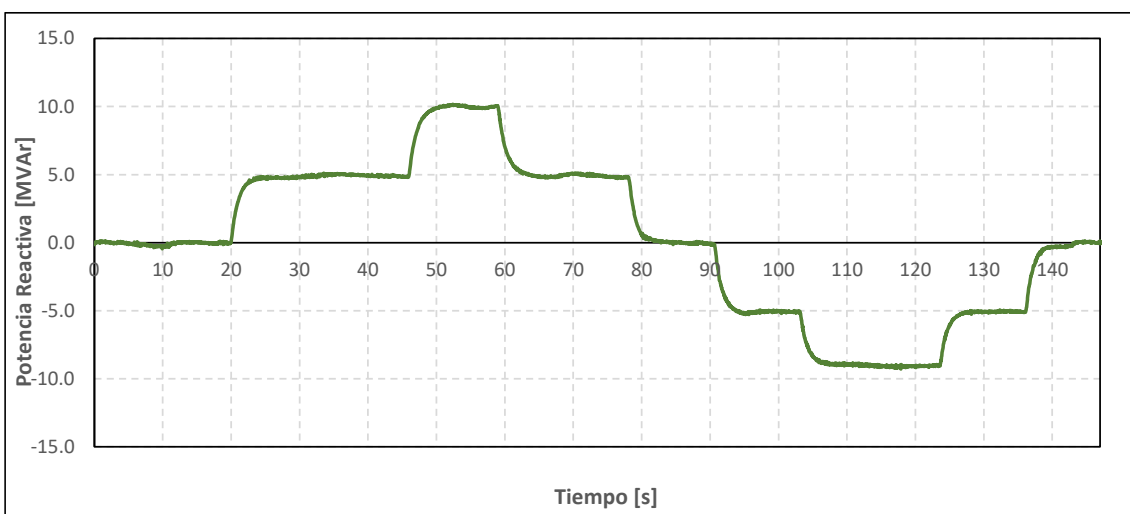


Gráfico 11. Potencia reactiva en el punto de conexión.

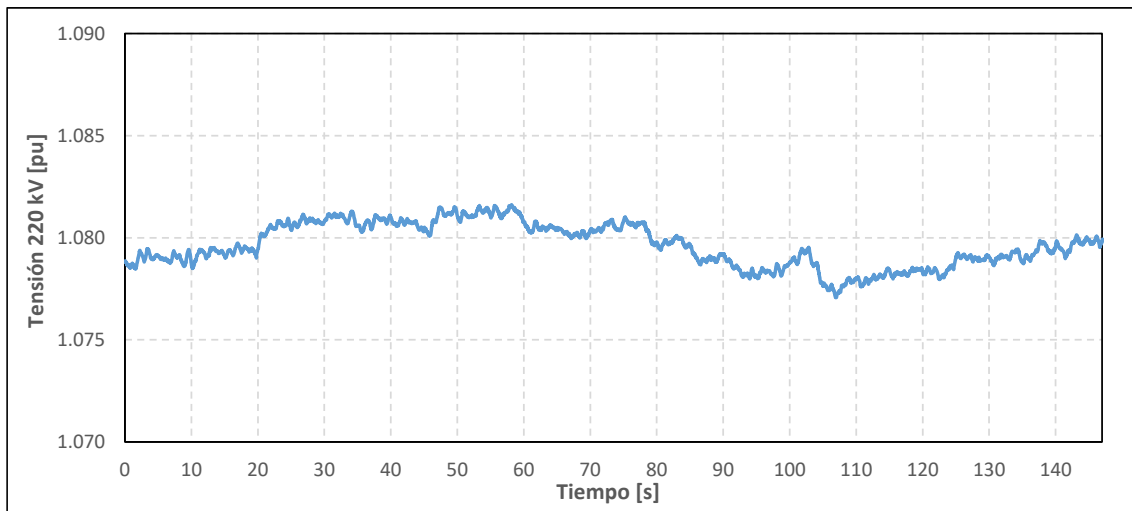


Gráfico 12. Tensión en el punto de conexión.

3.2. Pérdidas y consumos propios

Las componentes que generan pérdidas respecto a la potencia bruta generada en el parque se pueden enumerar a continuación:

- Red de media tensión (7 circuitos colectores en 33 kV + transformadores de bloque de los aerogeneradores).
- Transformador de potencia de la subestación.
- Servicios auxiliares (aerogeneradores + subestación).

Para poder calcular las pérdidas de los elementos anteriores y poder obtener la potencia nominal bruta de la planta se procede a considerar una simulación estática (flujo de potencia) en el software PowerFactory, tomando el modelo empleado en el estudio de validación [1].

3.2.1. Cálculo de pérdidas asociadas al transformador de potencia 220/33 kV de la subestación

Considerando la simulación de flujo de potencia mencionada en 3.2 se pueden determinar las pérdidas de potencia asociadas al transformador elevador de la subestación surco y semilla, como la diferencia entre la potencia que recibe la barra colectora de 33 kV y la potencia en el lado de 220 kV del transformador.

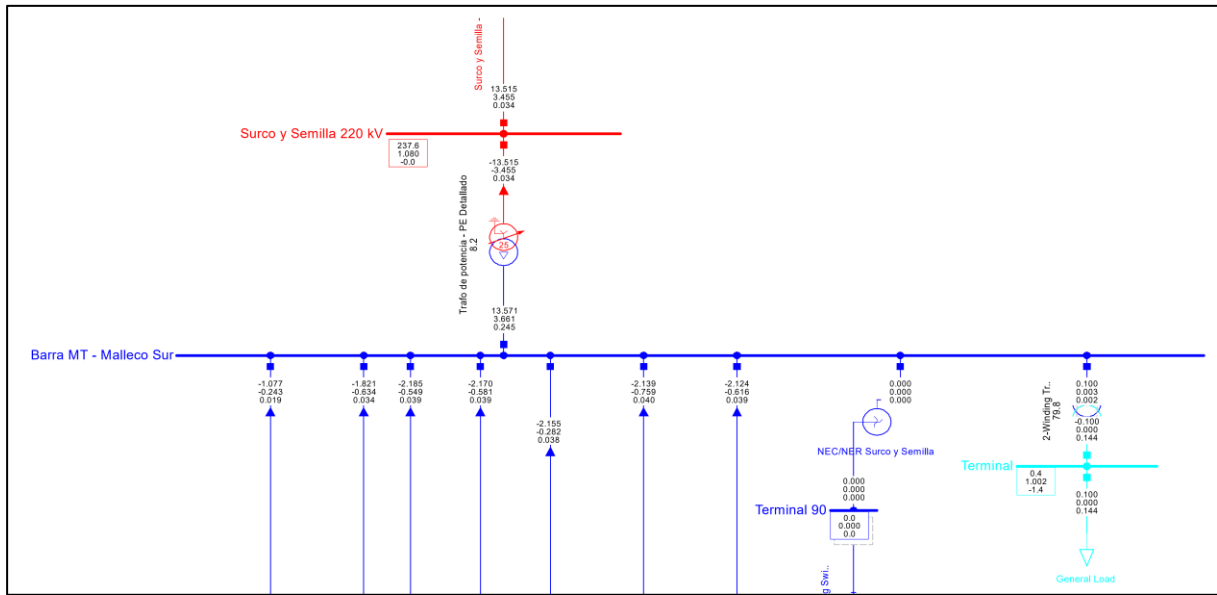


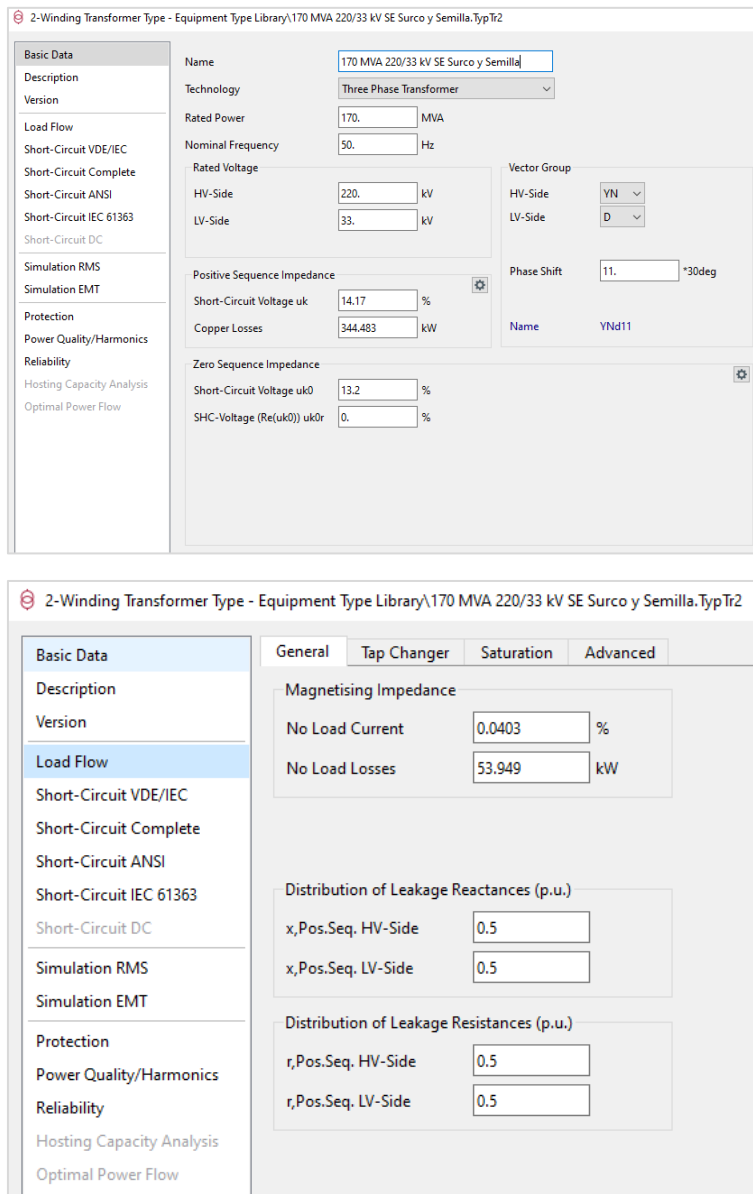
Gráfico 13. Cálculo de flujo de potencia en el transformador de potencia de la SE Surco y semilla.

$$Pp Tr SE Surco y Semilla = 13.571 MW - 13.515 MW = 56 kW$$

Los datos de placa y el modelo Powerfactory del transformador se muestran a continuación:

Potencia asignada MVA		Tensión asignada kV		Corriente asignada A			
A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	ONAF	ONAN
170	110	220,00	33,000	446,1	288,7	2974,2	1924,5
Relación		Tensión de cortocircuito directa Ohmio / Fase	Impedancia de secuencia directa Ohmio / Fase	Perdidas debidas a la carga W	Perdidas en vacío W	Corriente de cortocircuito max. kA	Duración del cortocircuito max. s
A.T. / B.T. / ONAF	220 / 33 kV / 170MVA	15,7 / 14,2 / 13,1	80,3 / 40,3 / 26,3	389.690 / 383.671 / 364.966	53.944	4,06	22,8
Transformador de Intensidad		1N	2V				
Relación de Transformación		A	3000 / 2001A				
Potencia asignada		VA	15				
Clase de Precisión		SP20 est. 1,20%	3 est. 1,20%				
Atención: Cortocircuitar los transformadores de intensidad cuando no estén en uso.							
Regulador en carga	No.	288 2369	FRD	39.821	%	HEP	57,9
Tipo	M III 800 Y - 245D-18 15 30		Consumo transformador ONAF	0,5 kW			
Resistencia de conmutación cada fase / Ohmios	2,8		PCD	0,5 kW			
Presión acústica ONAN	72,9 dB(A) / 1m		Consumo del equipo de refrigeración ONAF	6,56 kW			
Presión acústica ONAF	75,7 dB(A) / 2m						
Cubos, radiadores y depósito de expansión, cambiador de tomas, resistentes al vacío 100 Pa							
Desarrollado A.T. / Conector a 50, 10, 100, 10k				Masa total			
170	220,00	288,7	446,1	12,14	10,14	10,14	179.598
110	33,000	446,1	288,7	10,14	12,14	10,14	122.598
220	220,00	288,7	446,1	10,14	10,14	10,14	107.598
33	33,000	446,1	288,7	10,14	10,14	10,14	88.598
110	33,000	446,1	288,7	10,14	10,14	10,14	44.798
220	220,00	288,7	446,1	10,14	10,14	10,14	22.152
33	33,000	446,1	288,7	10,14	10,14	10,14	88.797
Naturaleza conductor				cable			
Naturaleza bobinado				grano orientado			
Centro de fabricación: REGENBURGERWERKE							
NC-PCB en el momento del envío							
Elevación media de temperatura en el cobre		K 78					
Elevación de temperatura de punto más caliente de los alrededores		K 85					
Elevación de temperatura aceite superior		K 88					
Desarrollado B.T. / Conector a 20, 20, 20M							
110	33,000	446,1	288,7	10,14	10,14	10,14	122.598
220	220,00	288,7	446,1	10,14	10,14	10,14	107.598
33	33,000	446,1	288,7	10,14	10,14	10,14	88.598

Gráfico 14. Placa característica del transformador de potencia de la SE Surco y Semilla.



2-Winding Transformer Type - Equipment Type Library\170 MVA 220/33 kV SE Surco y Semilla.TypTr2

Basic Data

Name: 170 MVA 220/33 kV SE Surco y Semilla

Technology: Three Phase Transformer

Rated Power: 170. MVA

Nominal Frequency: 50. Hz

Rated Voltage:

- HV-Side: 220. kV
- LV-Side: 33. kV

Vector Group:

- HV-Side: YN
- LV-Side: D

Phase Shift: 11. *30deg

Name: YNd11

Positive Sequence Impedance:

- Short-Circuit Voltage uk: 14.17 %
- Copper Losses: 344.483 kW

Zero Sequence Impedance:

- Short-Circuit Voltage uk0: 13.2 %
- SHC-Voltage (Re(uk0)) uk0r: 0. %

2-Winding Transformer Type - Equipment Type Library\170 MVA 220/33 kV SE Surco y Semilla.TypTr2

General | Tap Changer | Saturation | Advanced

Magnetising Impedance:

- No Load Current: 0,0403 %
- No Load Losses: 53.949 kW

Distribution of Leakage Reactances (p.u.):

- x,Pos.Seq. HV-Side: 0,5
- x,Pos.Seq. LV-Side: 0,5

Distribution of Leakage Resistances (p.u.):

- r,Pos.Seq. HV-Side: 0,5
- r,Pos.Seq. LV-Side: 0,5

Gráfico 15. Modelo PowerFactory del transformador de potencia de la SE Surco y Semilla.

3.2.2. Consumo de servicios auxiliares

El consumo de servicios auxiliares (SSAA) de cada aerogenerador se determinó de acuerdo con el documento del fabricante VESTAS “General Description 3MW Platform”. En la tabla a continuación se muestran los consumos de SSAA asociadas a los aerogeneradores del PE.

Tabla 7. Consumos servicios auxiliares aerogeneradores.

ELEMENTO	Consumo kW
Consumo motor hidráulico	30
Motor de ajuste	18
Calefacción de agua	10
Bombas de agua	6.2
Calefacción de aceite	7.9

Bombeo de lubricantes	10
Sistema de control	3
Perdidas en vacío transformador	6
Total	91.1
Total (38 Aerogeneradores)	3461.8

Estas pérdidas son las máximas, sin considerar factores de simultaneidad y consumos asociados a calefacción que en estado de carga no estarían presentes. Se estima un consumo de servicios auxiliares promedio de **342 kW** (con un consumo de SSAA por aerogenerador de **9 kW**), para la condición de mínimo técnico.

En cuanto al consumo de SSAA de la SE Surco y Semilla, se informó un valor de **100 kW**.

De lo anterior el consumo total de SSAA queda determinado como:

$$SSAA = SSAA_{SE} + SSAA_{ae} = 100 \text{ kW} + 342 \text{ kW} = 442 \text{ kW}$$

3.2.3. Cálculo de pérdidas en el circuito colector

Como se mencionó en 1.2, el PE Malleco Sur está formado por 11 aerogeneradores de 3.45 MW y 27 aerogeneradores de 3.6 MW. El control de planta distribuye las consignas de potencia activa en todas las unidades de manera proporcional a su potencia nominal. Según esto para la consigna de mínimo técnico en el punto de conexión, a nivel aerogenerador obtenemos el siguiente resultado.

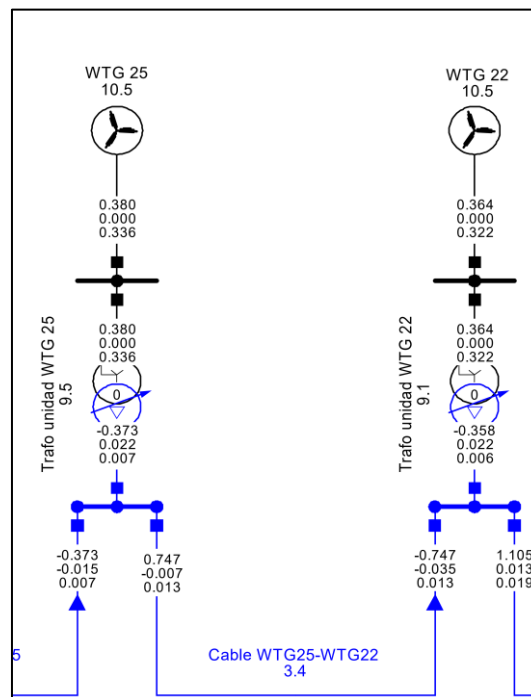


Gráfico 16. Potencia en mínimo técnico para aerogeneradores 3.45 MW y 3.6 MW.

De lo anterior la potencia bruta generada puede calcularse como sigue:

$$P_{bruta} = 11 \times 0.364 \text{ MW} + 27 \times 0.380 \text{ MW} = 14.264 \text{ MW}$$

Así mismo en la barra de 33 kV de la SE Surco y Semilla se tiene:

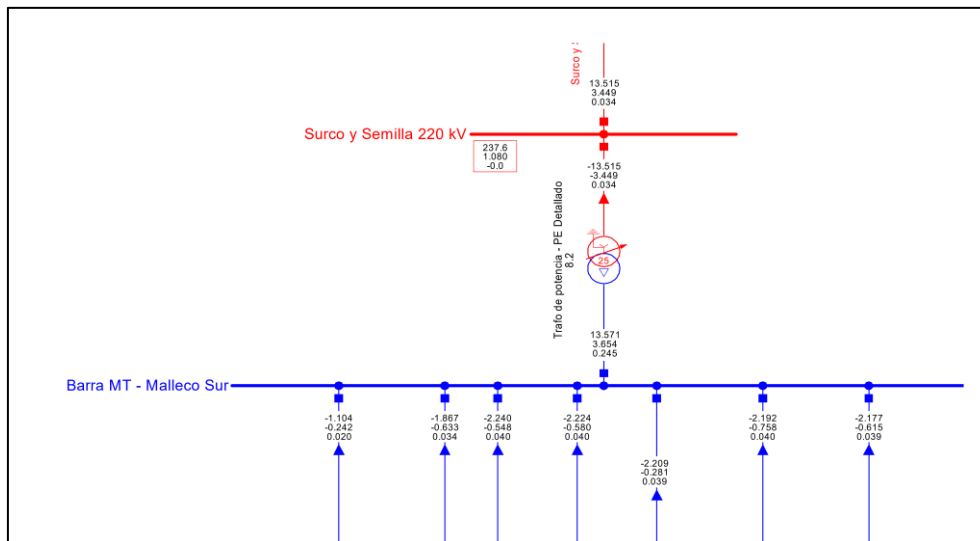


Gráfico 17. Aporte de potencia de los circuitos colectores en barra de MT de la SE Surco y Semilla.

De lo anterior, el aporte de los 7 circuitos colectores en la Barra de MT de la SE Surco y Semilla se puede calcular como.

$$P_2 = 1.104 \text{ MW} + 1.867 \text{ MW} + 2.240 \text{ MW} + 2.224 \text{ MW} + 2.209 \text{ MW} + 2.192 \text{ MW} + 2.177 \text{ MW} = 14.013 \text{ MW}$$

Considerando los resultados anteriores las pérdidas en el circuito colector quedan determinadas como:

$$P_{\text{colector}} = P_{\text{bruta}} - P_{\text{neta}} - P_{\text{trafo}} - SSAA$$

$$P_{\text{colector}} = 14.264 \text{ MW} - 13.515 \text{ MW} - 0.056 \text{ MW} - 0.442 \text{ MW} = 251 \text{ kW}$$

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos para el PE Malleco Sur:

ELEMENTO	POTENCIA [MW]
Potencia Activa inyectada en la barra de 220 kV de la SE Surco y Semilla (potencia medida en el punto de conexión del PE) – Potencia mínima neta	13.515
Potencia Activa inyectada en la barra de 33 kV de la SE Surco y Semilla	14.013
Pérdidas en el transformador de potencia del PE	0.056
Pérdidas totales estimadas en el circuito colector (transformadores de bloque + red colectora de MT)	0.251
Consumo total de SSAA	0.442
Potencia Bruta Mínimo técnico	14.264

A nivel aerogenerador según lo informado por el fabricante VESTAS en su documento de referencia [2] la potencia mínima es el 10% de Pn, esto es 0.345 MW (para los aerogeneradores de 3.45 MW) y 0.36 MW (para los aerogeneradores de 3.6 MW).

La potencia de un aerogenerador necesaria para que la potencia neta del parque no sea menor de 0 MW (sin absorber potencia) se determinó a partir de un flujo de potencia, considerando en servicio el aerogenerador más lejano (WTG38) con el resto en pausa y una consigna de 0 MW en el punto de conexión. La potencia mínima bruta en esta condición debe ser tal que compense las pérdidas en el circuito colector y los consumos de SSAA propios y de la central. El resultado se muestra a continuación:

ELEMENTO	POTENCIA [MW]
Potencia Activa inyectada en la barra de 220 kV de la SE Surco y Semilla.	0
Potencia Activa inyectada en la barra de 33 kV de la SE Surco y Semilla	0.163
Pérdidas en el transformador de potencia del PE	0.054
Pérdidas totales estimadas en el circuito colector (transformadores de bloque + red colectora de MT)	0.311
Consumo total de SSAA (SSAA de la SE + SSAA de 1 aerogenerador en servicio con el resto en pausa)	0.109
Potencia Bruta	0.474

4. CONCLUSIONES

- Dada la mínima consigna operable del parque eólico de **13.515 MW** (potencia neta mínimo técnico) en el punto de conexión (Barra de 220 kV de la SE Surco y Semilla), se determinó una **potencia mínima bruta de 14.264 MW** para Parque Eólico Malleco Sur.
- Se verificó que en la condición de mínimo técnico el parque operó satisfactoriamente sin presentar inestabilidades y manteniendo el soporte de potencia reactiva y tensión a la red sin desconexión de aerogeneradores.

5. REFERENCIAS

[1] A 0609 - WPD - PE Malleco Sur - Informe de Homologación de Modelos Dinámicos

[2] Power Plant Controller Functional Design Specification

[3] General Description 3MW Platform

[4] ANEXO TÉCNICO de la NTSyCS “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras”