



CL320201119.2 Rev. 0

19-11-2020

Informe Determinación de Potencia
Máxima

Parque Eólico Cabo Leones III

Contenidos

Contenidos	2
1.1. Objetivos	3
1.2. Alcance	3
2. Diseño e Información Técnica del Parque Eólico Cabo Leones III.....	4
2.1. Unifilar Subestación Parque Eólico	4
2.2. Unifilar red de Media Tensión.....	5
2.3. Servicios Auxiliares de la subestación	7
2.4. Transformador de Poder	8
2.5. Aerogenerador	8
2.5.1. Datos del Generador	11
2.5.2. Datos del Convertidor	12
2.5.3. Transformador de aerogenerador	12
2.5.4. Curva de potencia	13
2.5.5. Curva de Generación de Potencia Reactiva	14
2.5.6. Estados del aerogenerador	16
3. Determinación de la Potencia Máxima.....	17
3.2. Potencia Máxima por unidades generadoras.	17
3.3. Potencia Máxima Bruta y Potencia Máxima Neta.....	18
4. Conclusiones	20
5. Referencias.....	21

1. Introducción

El presente estudio esta realizado en función a lo indicado por el Coordinador Eléctrico Nacional y la normativa vigente para la entrada en operación del Parque Eólico Cabo Leones III al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

1.1. Objetivos

El propósito de este informe es determinar la potencia máxima de operación del Parque Eólico Cabo Leones III según lo establecido por la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio [1], el Anexo Técnico Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras [2] y según lo indicado en el documento de Puesta en Servicio de Unidades Generadoras – Aplicación de Anexos Técnicos [3]

Para obtener el valor de potencia máxima será mediante el presente estudio de los datos obtenidos en las pruebas operacionales realizadas al parque, datos del recurso eólico, así como los registros de los consumos auxiliares y parámetros de fabricante de los aerogeneradores SG-132 3.465/3.55 MW y las instalaciones.

1.2. Alcance

La información y documentación proporcionada se limita únicamente a información técnica del Parque Eólico Cabo Leones III y el aerogenerador Siemens-Gamesa SG-132 MW de acuerdo con los apartados aplicables establecidos en el documento ***“ANEXO TÉCNICO: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”***.

Para la determinación de la potencia máxima del parque eólico Cabo Leones III se utilizarán los registros de operación disponibles hasta la fecha de acuerdo con lo establecido en el artículo 39 del título VIII del anexo técnico [3]:

“Artículo 39 Potencia Máxima en unidades generadoras cuya fuente es renovable no convencional sin capacidad de regulación.

Para las unidades generadoras que no tengan capacidad de regulación, y que por lo tanto no sea aplicable lo establecido en el Artículo 16 del presente Anexo, el valor de Potencia Máxima deberá ser obtenido en función de registros de operación y mediciones de los recursos naturales que inciden en la operación de estas tecnologías.”

Las restricciones operativas y consideraciones serán descritas y justificadas en los apartados correspondientes de este documento.

2. Diseño e Información Técnica del Parque Eólico Cabo Leones III

2.1. Unifilar Subestación Parque Eólico

A continuación, se presenta el unifilar de la subestación del Parque Eólico Cabo Leones III. En el mismo se pueden apreciar las protecciones a nivel de parque eólico y la potencia instalada por circuito.

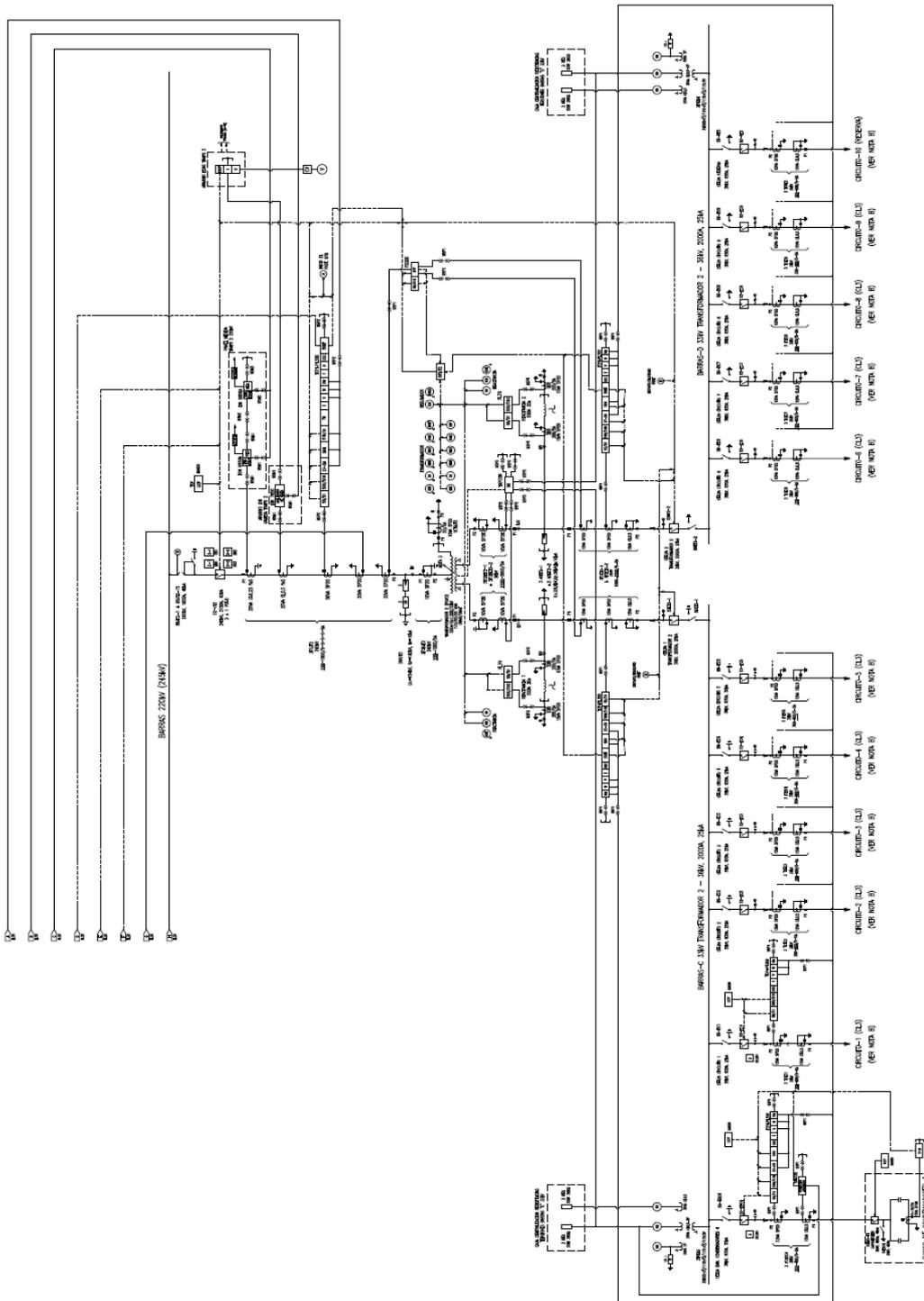


Figura 1. Esquema Unifilar Parque Eólico Cabo Leones III.

2.2. Unifilar red de Media Tensión

El Parque Eólico Cabo Leones III está compuesto por 22 aerogeneradores SG-132 3,465/3,55 MW sumando una potencia neta de 78,1 MW. Estos aerogeneradores están distribuidos en 4 circuitos como se muestra en el diagrama unifilar de la red de media tensión. Para la conexión a la red de media tensión los aerogeneradores utilizan un transformador que eleva el voltaje de los 690 V a nivel de generador a los 33 kV a nivel de la red de media tensión. El conjunto del parque esta interconectado al Sistema Eléctrico Nacional por medio del transformador del parque eólico instalado en la subestación elevadora. Este transformador tiene una potencia nominal de 170 MVA y sube el voltaje de 33 kV a 220 kV.

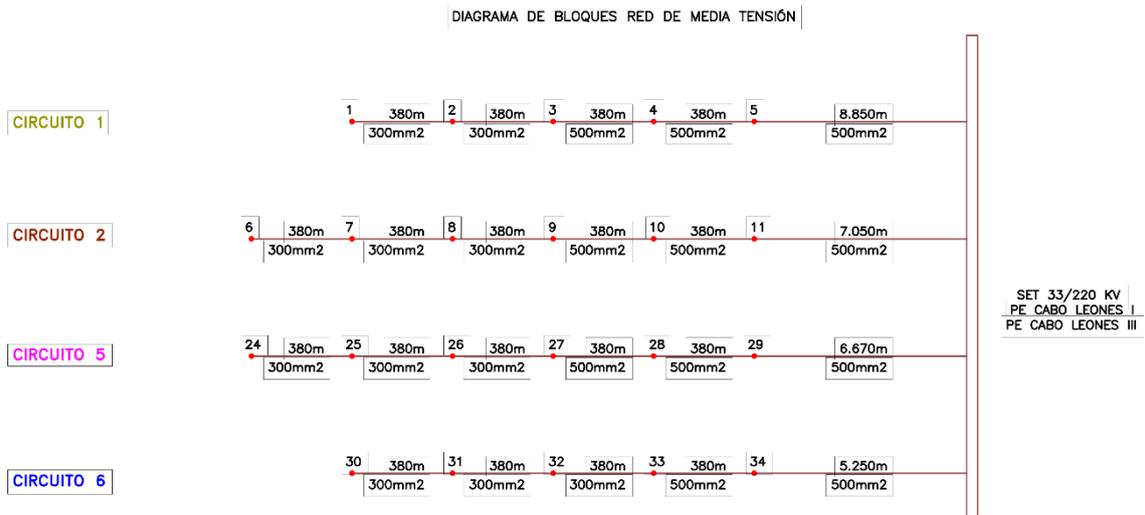


Figura 2. Esquema Sistema Colector Parque Eólico Cabo Leones III [5].

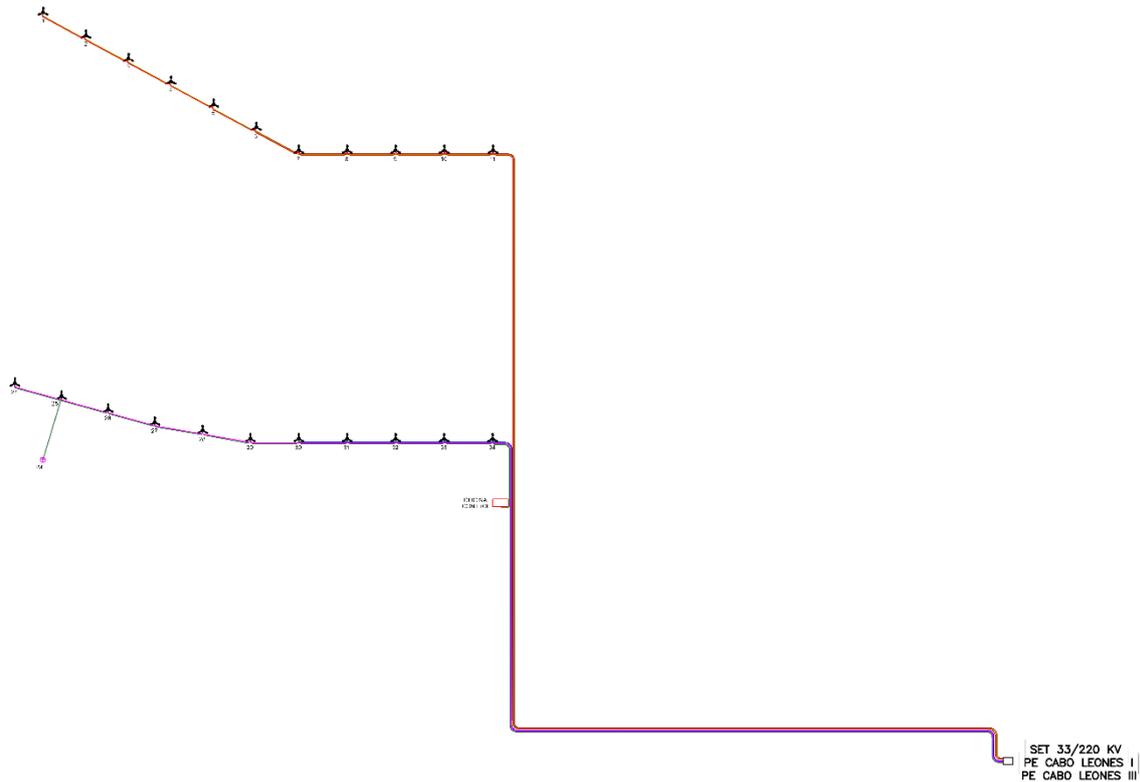


Figura 3. Implantación Sistema colector Parque Eólico Cabo Leones III.

El detalle de los conductores utilizados en cada circuito [6], el cual se resume a continuación:

Conductores por circuito	Distancia [m]	Resistencia [ohm/m]	R [ohm]
3x(1x300 mm ²) HEPRZ1 20/35 kV Al+H16	385	0,0001	0,0385
3x(1x300 mm ²) HEPRZ1 20/35 kV Al+H17	385	0,0001	0,0385
3x(1x500 mm ²) HEPRZ1 20/35 kV Al + H16 BR	385	0,0000605	0,0232925
3x(1x500 mm ²) HEPRZ1 20/35 kV Al + H16 BR	385	0,0000605	0,0232925
3x(1x500 mm ²) HEPRZ1 20/35 kV Al + H16 BR	8850	0,0000605	0,535425

Tabla 1: Parámetros del Sistema Colector

Las pérdidas en el sistema colector, en condiciones de máxima potencia de generación, se determinó en 143,5 [kW]

2.3. Servicios Auxiliares de la subestación

Los servicios auxiliares correspondientes a la barra de media tensión de la subestación Cabo Leones I se alimentan desde un transformador de 250 kVA 33000±2,5+5%kV/400-230 V.

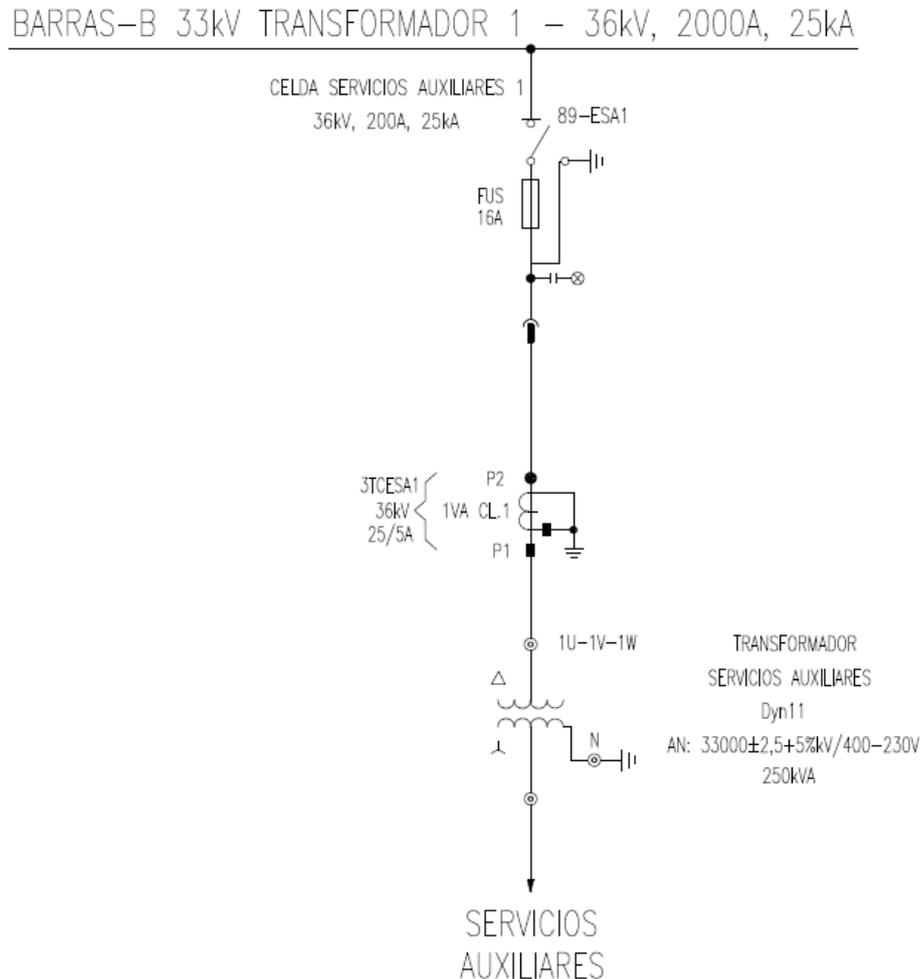


Figura 4. Transformador de SSAA de la subestación.

Respecto a los datos del consumo de SSAA de la central, distinguimos entre el consumo de los aerogeneradores en modo pausa o seguimiento y los consumos propios de la subestación, ya que hay una gran diferencia entre ambos valores. La subestación dispone de un transformador de servicios auxiliares alimentado de media tensión de 250 kW, sin medición, como se puede ver en la siguiente imagen. Pero disponemos de una indicación visual en el cuadro de Baja tensión y sin posibilidad de extracción de datos, cuyo valor es de 4 [kW][16]

2.4. Transformador de Poder

Según los datos presentados por el fabricante y garantizados mediante ensayos directos al equipo [7][8] y [9], el Transformador de Poder presenta los parámetros siguientes:

Ítem	Parámetro
Potencia nominal [MVA]	128/170
Clase de refrigeración	ONAN/ONAF
Voltaje Nominal [kV]	33/220
Cambiador de Derivación (lado AT)	21x1,25%
Grupo Vectorial	YNd11d11
Perdidas en carga [kW]	333
Corriente en Vacío [%]	89,6
Perdidas en Vacío [kW]	53
Perdidas Garantizadas Totales [kW]	386

Tabla 2: Parámetros del Transformador de Poder

2.5. Aerogenerador

La Máquina de Inducción Doblemente Alimentada (DFIM) es el sistema de conversión de energía mecánica en energía eléctrica, encargado de regular la potencia entregada a la red eléctrica y proporcionar funciones de protección y vigilancia.

El sistema DFIM está formado por un generador asíncrono trifásico con rotor bobinado accesible a través de anillos rozantes y de un convertidor de potencia (AC/DC/AC). El estator se conecta directamente a la red y el rotor a uno de los lados del convertidor (MSC), estando el otro lado conectado a la red (GSC). Este sistema consigue que el comportamiento del aerogenerador ante la red de distribución eléctrica sea similar al de un generador síncrono, más favorable para la red que un generador asíncrono convencional debido a que:

No existe pico de corriente en el momento de conexión a la red, a diferencia de los generadores asíncronos convencionales.

Existe un control de potencia reactiva continuo y regulable, a diferencia de los generadores asíncronos convencionales que consumen potencia reactiva lo que hace necesario el uso de bancos de condensadores para compensar. El controlador del convertidor de potencia (CCU) controla la potencia activa y reactiva permitiendo al usuario elegir el factor de potencia deseado de forma fija o dinámica a través de un controlador externo.

El rango de velocidad de funcionamiento es mucho mayor que en los generadores asíncronos convencionales, lo cual permite un mejor comportamiento tanto eléctrico como mecánico.

El sistema DFIM es capaz de trabajar con una velocidad de giro del rotor del generador superior a la velocidad de sincronismo. Asimismo, para optimizar la producción de energía con bajos vientos, el sistema es capaz de producir energía con una velocidad de giro del rotor por debajo de la velocidad de sincronismo. Este amplio rango dinámico de velocidad permite reducir las cargas que soporta el aerogenerador, así como mejorar la calidad de la energía inyectada a la red.

En la configuración de conexión utilizada en el aerogenerador SG-132 3,465/3,55, el estator se conecta al secundario del transformador (690Vac) por medio de un interruptor de estator. Se instala un estator principal automático del circuito como elemento de protección contra episodios de sobrecorriente. La conexión de los bobinados del estator del generador se conecta en triángulo. El rotor se conecta al inversor del convertidor, mientras que el rectificador del convertidor se conecta al secundario del transformador de potencia (690Vac) mediante un contactor protegido por un interruptor principal.

Pese a que la tecnología del generador es de tipo asíncrono, el acoplamiento o conexión del aerogenerador a la red se realiza de forma suave, sin intercambio de energía activa o reactiva entre la instalación y la red.

Esto se debe a que el circuito magnético del generador ha sido previamente energizado, de forma controlada, desde el rotor por medio del convertidor. La perturbación de la tensión de la línea provocada por el acoplamiento a la red del aerogenerador es nula.

El convertidor electrónico de potencia garantiza un modo de funcionamiento síncrono con respecto a la red. La tensión y la frecuencia inducidas en el estator coinciden, en todo momento, con las mismas variables de la red. Si la tensión o frecuencia de línea varían, las del estator del generador lo hacen en el mismo sentido y proporción.

El comportamiento del convertidor en su conexión con la red es idéntico, ajustando la frecuencia de conmutación para que la forma de onda de la tensión resultante coincida en todo instante con la de la línea.

El esquema hardware del sistema es:

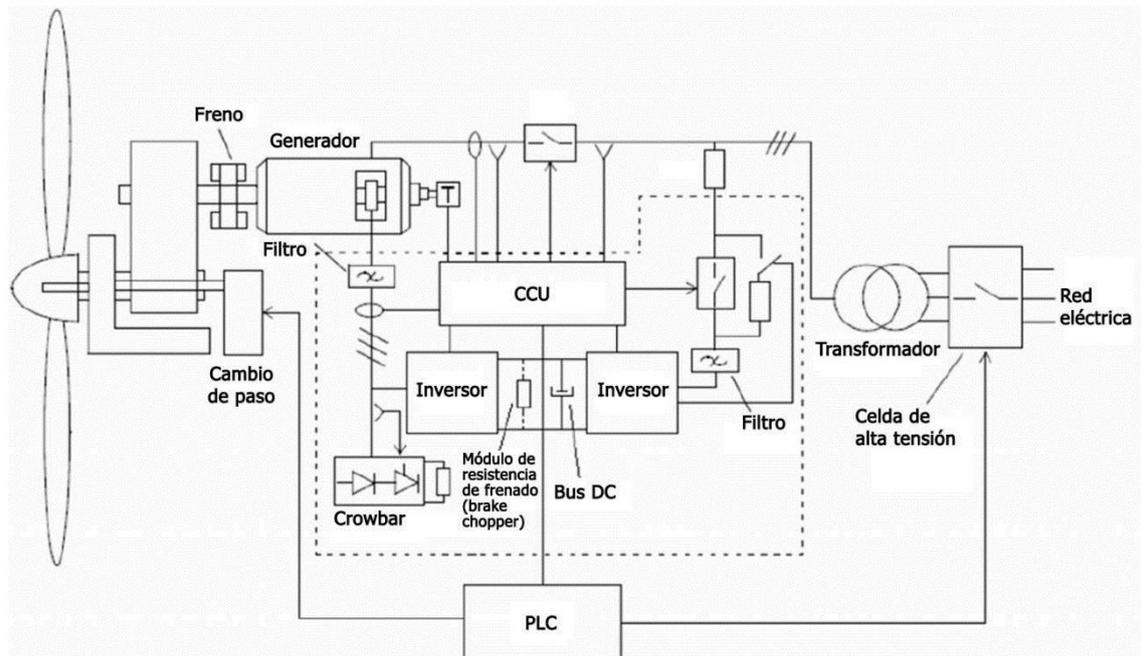


Figura 4. Esquema de hardware del aerogenerador SG-132 3,465/3,55

El convertidor de potencia se compone de unos componentes principales y una serie de protecciones que se describen brevemente a continuación:

Principales particiones:

- **Inversor (conectado al rotor).** Este convertidor DC/AC inyecta o extrae corriente en el rotor con frecuencia variable. Esta frecuencia es la necesaria para que en el estator se obtenga una tensión generada a 50 o 60Hz. Independiente de la velocidad de giro del rotor. Las consignas de corriente están gobernadas por la CCU, comunicándose vía bus de campo con el controlador PLC.
- **Rectificador (conectado a la red).** Este convertidor AC/DC regula la tensión del bus de continua para alimentar al inversor, además de transferir la potencia necesaria entre la red y el rotor del generador.
- **Bus de continua.** Estos son los condensadores que filtran la tensión obtenida por el rectificador para obtener una tensión continua sin fluctuaciones que alimente el inversor.
- **CCU.** Unidad de control del convertidor. Monitoriza los parámetros de la red y es la responsable de las alarmas.

Protección del convertidor ante fallos del aerogenerador:

Ante fallos que provoquen el paso a emergencia, la CCU abre todas las protecciones que conectan el convertidor con la red. Si el aerogenerador estaba vertiendo energía a la red, este corte provocaría que la energía que se encuentra en el rotor del generador cause una brusca subida de la tensión que llevaría a la destrucción de los condensadores e IGBTs del convertidor.

Para evitar este problema el sistema dispone de un equipo denominado crowbar. Este sistema, ante una brusca subida de tensión en el bus de continua, cortocircuita los devanados del rotor para que la energía sobrante se disipe en ellos.

Protección del convertidor ante incrementos de temperatura:

Durante el funcionamiento se producen aumentos de temperatura en los distintos componentes. El sistema mide las temperaturas en los devanados y anillos rozantes del generador, en los disipadores de calor de los IGBTs del convertidor, en el embarrado, en el transformador y en la tarjeta de control de los convertidores. Cuando la temperatura supera los parámetros preestablecidos, el aerogenerador pasará a un estado de operación que salvaguarde la integridad de este.

Protección ante cortocircuitos:

El convertidor está protegido ante cortocircuitos, fallos de red y otros con interruptores automáticos y térmicos, tanto en el circuito de estator como en el del rotor.

Emisión de armónicos:

El convertidor utiliza IGBTs que conmutan a una frecuencia muy superior a la de la red (50/60Hz), lo que, unido a los filtros empleados, consigue que la potencia que se vierte a la red eléctrica tenga un contenido armónico que cumple con la normativa vigente de Calidad de Energía. [10][11]

La información técnica más relevantes del aerogenerador se muestra en las siguientes tablas:

2.5.1. Datos del Generador

Los datos que se presentan a continuación para el Generador Eléctrico de 6 polos son obtenidos de la información entregada por el fabricante [10]

ítem	Valor
Potencia Nominal [kW]	3465
Tipo Generador	Generador Asíncrono Doblemente Alimentado
Conexión Estator	Triángulo
Conexión Rotor	Estrella
Número de Polos	6
Sentido de Giro	En sentido agujas del reloj visto desde el eje del lado acoplamiento
Sondas Pt100	6 en devanados del estator
	1 en el rodamiento del lado acoplamiento
	1 en el rodamiento del lado sin acoplamiento
	1 en el cuerpo de anillos
Temperatura Ambiente [°C]	-20 a +45
Altitud sobre Nivel del Mar [m]	0 a 1000
Frecuencia Nominal [Hz]	50 / 60
Velocidad Nominal [rpm]	1120
Rango de Velocidad [rpm]	700/1332
Tensión Nominal [V]	690
Tensión Máxima del Rotor [V]	775
Factor de Potencia	0,95 cap – 1 – 0,95 ind
Grado de Protección (IEC 60034)	IP54 Máquina – IP23**** Cuerpo de anillos
Aislamiento Estator / Rotor	F ó H / F ó H
Peso [kg]	≤ 10450
Pre-instalación Acelerómetros del Sistema Mantenimiento Predictivo	Incluido
Posibilidad Instalación Engrasador Automático	Sí

Tabla 3: Parámetros del Generador Eléctrico [10][11]

2.5.2. Datos del Convertidor

Los datos que se presentan a continuación para la unidad convertidora son obtenidos de la información entregada por el fabricante [12]:

ítem	Valor
Tecnología	Back to Back basado en IGBTs
Temperatura funcionamiento [°C]	-25 a 50
Altitud sobre Nivel del Mar [m]**	0 a 1000
Nivel de Protección Atmosférica (IEC 61439-1)	≥3
Tipo de Refrigeración	Aire - Agua/Glicol
Temperatura Máxima Aire Refrigeración [°C]	50
Temperatura Máxima Líquido Refrigerante [°C]	60
Frecuencia Nominal [Hz]	50Hz (±6%)
Tensión Nominal [V]	690 (±10%)
Potencia nominal [kW]	3000/3465
Nivel de Armónicos (IEC 61400-21)	THC ≤ 2

Tabla 4: Parámetros del Convertidor

2.5.3. Transformador de aerogenerador

Los datos que se presentan a continuación para la unidad convertidora son obtenidos de la información entregada por el fabricante [13]:

Ítem	Valor
Potencia [kVA]	3900
Tipo Transformador	Transformador Trifásico, devanado encapsulado seco
Condición de Servicio	Interior
Tipo de Ventilación*	AF (Forzada)
Clase Ambiental (IEC 60076-11)	E2
Clase Climática (IEC 60076-11)	C2
Comportamiento frente al Fuego (IEC 60076-11)	F1
Altitud sobre Nivel del Mar [m]**	0 a 1000
Clase de Aislamiento/Térmico	F o H
Tensión Devanados de Baja Tensión [V]	3x690
Conexión Devanados de Baja Tensión	Estrella, neutro conectado directamente a tierra
Tensión Devanados de Media Tensión [kV]	Dependiente de la tensión de la red o subestación (por ejemplo, 3x20-3x30-3x33-3x34.5-3x35kV)
Conexión Devanados de Media Tensión	Triángulo
Tomas intermedias Media Tensión	+/-2,5% +/-5%
Grupo de Conexión	Dyn11
Frecuencia de Red [Hz]	50/60

Tensión más Elevada para el Material, Um, en Devanado MT (IEC 60076-3) [kV]	Dependiente de la tensión de la red o subestación (por ejemplo, 3x33kV ⇒ 36kV valor eficaz)
Nivel de Aislamiento Asignado de Corta Duración a Frecuencia Industrial en Devanado MT (IEC 60076-3) [kV]	Dependiente de la tensión más elevada del material (por ejemplo, 36kV ⇒ 70kV valor eficaz)
Nivel de Aislamiento Asignado a Impulsos Tipo Rayo en Devanado MT (IEC 60076-3) [kV]	Dependiente de la tensión más elevada del material. Columna 2 (por ejemplo, 36kV ⇒ 170kV valor cresta)
Sondas Pt-100	2 por fase en cada devanado de baja, en puntos calientes
Dimensiones Máximas (L*W*H) [mm]	2400*1200*2400 (valores aproximados)
Peso [kg]	< 7500

Tabla 5: Parámetros del Transformador del aerogenerador

2.5.4. Curva de potencia

La siguiente tabla muestra la potencia eléctrica [kW] como función de la velocidad del viento [m/s] horizontal referida a la altura del buje, ponderada en diez minutos, para diferentes densidades de aire [kg/m³]. La curva de potencia no incluye las pérdidas del transformador ni de los cables de alta tensión. La curva de potencia corresponde a la clase S del aerogenerador.

P [kW]	Densidad [kg/m ³]										
	Ws [m/s]	0,95	1,165	1,18	1,195	1,21	1,225	1,24	1,255	1,27	1,285
3	23	34	35	36	36	37	38	39	39	40	41
4	120	158	161	164	167	169	172	175	178	181	184
5	316	409	415	422	428	434	441	447	454	460	467
6	617	773	784	794	805	816	826	837	848	859	869
7	1018	1260	1277	1294	1311	1327	1344	1361	1378	1395	1412
8	1541	1897	1922	1946	1971	1996	2019	2043	2068	2092	2116
9	2171	2622	2650	2678	2705	2734	2757	2782	2807	2831	2854
10	2804	3187	3205	3223	3240	3258	3271	3285	3299	3312	3324
11	3252	3448	3456	3462	3468	3475	3480	3484	3489	3493	3497
12	3459	3527	3529	3531	3533	3534	3536	3537	3538	3539	3540
13	3527	3546	3546	3546	3547	3547	3547	3548	3548	3548	3548
14	3545	3549	3549	3549	3549	3550	3550	3550	3550	3550	3550
15	3549	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550
16	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550
17	3548	3548	3548	3548	3548	3548	3548	3548	3548	3548	3548
18	3538	3538	3538	3538	3538	3538	3538	3538	3538	3538	3538
19	3501	3501	3501	3501	3501	3502	3501	3501	3501	3501	3501
20	3418	3418	3418	3418	3418	3418	3418	3418	3418	3418	3418
21	3278	3278	3278	3278	3278	3278	3278	3278	3278	3278	3278
22	3095	3095	3095	3095	3095	3095	3095	3095	3095	3095	3095
23	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896
24	2711	2711	2711	2711	2711	2711	2711	2711	2711	2711	2711

25	2562	2562	2562	2562	2562	2562	2562	2562	2562	2562	2562
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 6: Potencia calculada en función de la velocidad del viento a la altura del eje Ws del aerogenerador SG-132 3.465-3.55 MW, para diferentes densidades

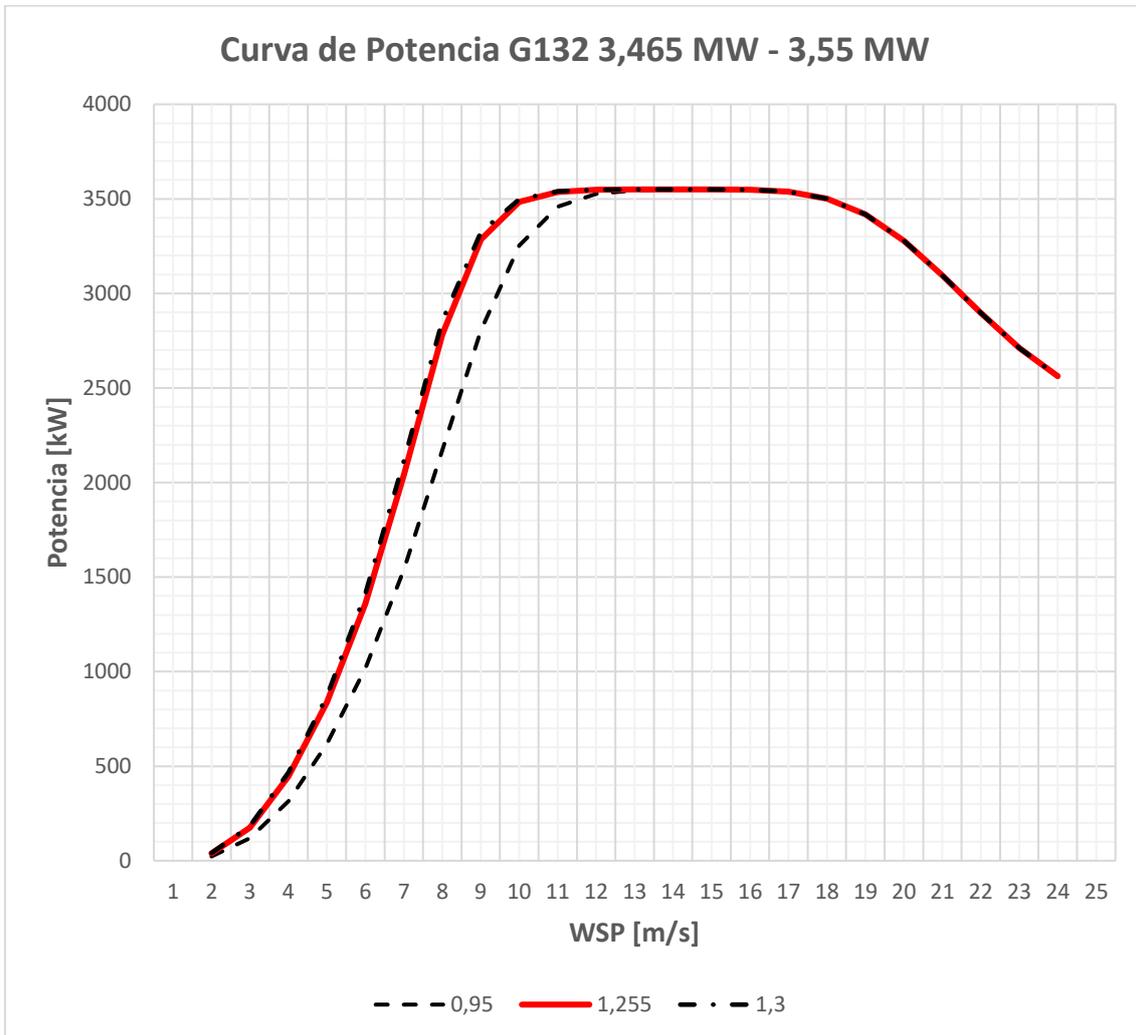
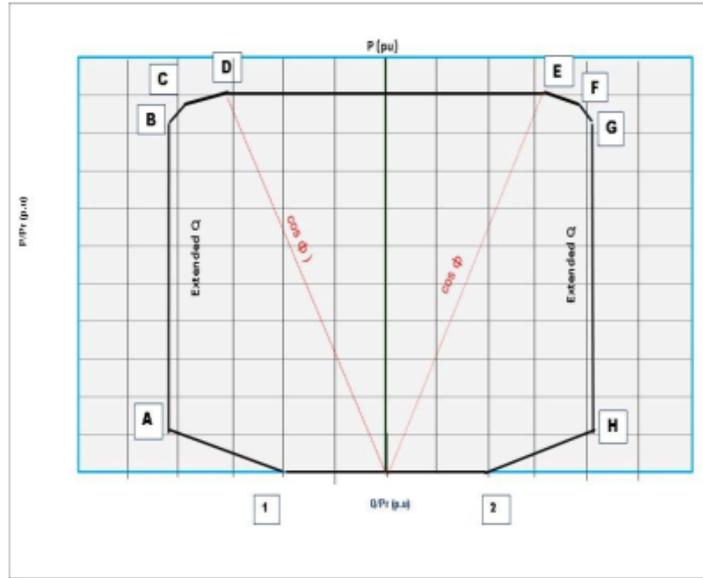


Figura 5. Curva de Potencia del aerogenerador SG-132 3.465-3.55 MW

2.5.5. Curva de Generación de Potencia Reactiva

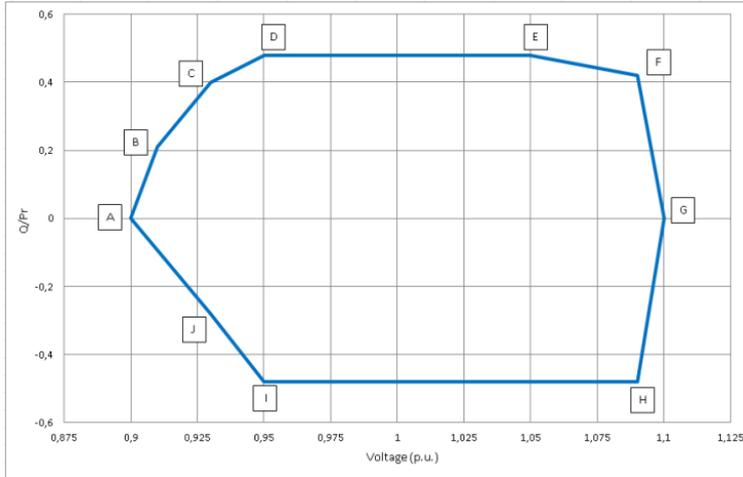
Los límites de la producción de potencia reactiva son 690 kVAr, considerando siempre como referencia el lado de BT del transformador principal. En la envolvente siguiente se muestra la curva de reactiva del aerogenerador SG-132. Estos aerogeneradores son capaces de generar o consumir hasta 690 kVAr de potencia reactiva respectivamente. Estas capacidades de producción/consumo de reactiva se pueden mantener en un rango de 5 a 100% de la producción de potencia activa en las terminales de bajo voltaje del aerogenerador como se muestra en la Figura 6. Al llegar a la potencia activa de 5% hasta llegar al 0% la capacidad de potencia reactiva disminuye linealmente hasta llegar a cero.



	Q/Pr(pu) / kVAr	P/Pr (pu)/ kW
1	-0.197pu/-700 kVAr	0
A	-0.45pu/-1600kVAr	0.05 pu/ 177 kW
B	-0.45pu/-1600kVAr	0.93pu/3300kW
C	-0.4pu / -1423kVAr	0.976pu/3465 kW
D	-0.326 pu/ -1160 kVAr	1pu/3550 kW
E	0.326 pu/ 1160 kVAr	1pu/3550 kW
F	0.4pu / 1423kVAr	0.976pu/3465 kW
G	0.45pu/1600kVAr	0.93pu/3300kW
H	0.45pu/1600kVAr	0.05 pu/ 177 kW
2	0.197pu/700 kVAr	0

Figura 6. Curva generación de potencia reactiva aerogenerador SG-132 para Power Boost 3.55 MW; $\cos(\phi)=0.95$, a T° -20°C a 25°C

Fuera del rango de tensión de -5% / $+10\%$ la potencia reactiva está limitada conforme a la tensión de la red eléctrica en el lado de BT del transformador. El límite viene impuesto por la máxima clasificación de intensidad y tensión del aerogenerador. Por tanto, el límite de potencia reactiva, en función de la tensión de la red, se define en la siguiente figura. [14][15]



Q-V	Standard 3.465Mw cos φ @Pr =±0.925		Power Boost 3.55Mw cos φ @Pr =±0.95	
	Q/Pr pu	Voltage pu	Q/Pr pu	Voltage pu
A	0	0.9	0	0.9
B	0.19	0.91	0.17	0.91
C	0.3	0.93	0.25	0.93
D	0.41	0.95	0.32	0.95
E	0.41	1.05	0.32	1.05
F	0.35	1.09	0.27	1.09
G	0	1.1	0	1.1
H	-0.41	1.09	-0.32	1.09
I	-0.41	0.95	-0.32	0.95
J	-0.24	0.93	-0.19	0.93

Figura 7. Curva Generación de potencia reactiva aerogenerador SG-132 en función de la tensión.

2.5.6. Estados del aerogenerador

Para propósito de este documento el aerogenerador para su operación puede estar dentro de cualquiera de los siguientes estados de operación:

RUN CONNECTED (5)

Una vez que la velocidad del generador excede la velocidad de referencia del acoplamiento, el generador puede conectarse y comenzar a funcionar. Después de esto, la referencia de velocidad del generador se incrementa de nuevo para obtener el valor de referencia nominal. Al mismo tiempo, la producción máxima permisible de energía total aumenta de 0 al valor nominal si no se aplica ninguna limitación.

RUN (4)

El control de velocidad del generador está habilitado y su referencia aumenta de 0 a un valor ligeramente superior a la velocidad de referencia del acoplamiento. Al mismo tiempo, el valor de paso mínimo se reduce dinámicamente a medida que aumenta la velocidad del rotor.

PAUSE (3)

La posición de pitch de todas las cuchillas se incrementa con una tasa fija al valor de referencia de pitch de pausa. De esta forma, el par aerodinámico, la producción de potencia y la velocidad del generador disminuyen lentamente. Al final, el generador se desconecta de la red y la velocidad del rotor disminuye a un valor mínimo.

STOP (2)

El grupo hidráulico de emergencia incrementa la posición de pitch de todas las cuchillas con una velocidad constante hasta el valor de posición de pitch máximo.

Al mismo tiempo, la producción de potencia total máxima permitida se incrementa desde el valor actual a cero a una velocidad constante.

EMERGENCY (1)

El grupo hidráulico de emergencia incrementa la posición de paso de todas las cuchillas con una velocidad constante hasta el valor de posición de pitch máximo. El generador se desconecta inmediatamente desde el momento en que se solicita el estado operativo de emergencia.

La acción del freno hidráulico solo se nota a baja velocidad del generador.

3. Determinación de la Potencia Máxima

3.2. Potencia Máxima por unidades generadoras.

Para determinar la Potencia Máxima, se seleccionó un día representativo en cuanto a la generación, con la finalidad de obtener el valor empírico de la generación del parque, este se resume en el siguiente gráfico:

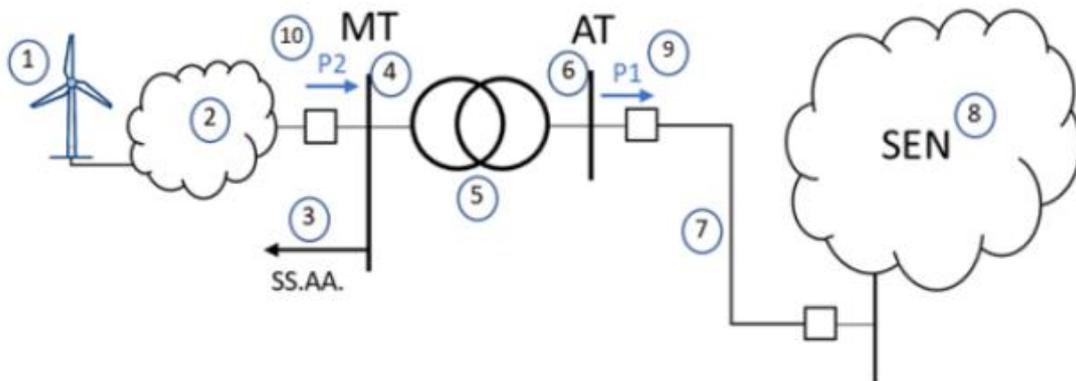


Luego de analizar los valores del SCADA del Coordinador Eléctrico Nacional [17], se observa que el valor máximo por aerogenerador es de 3,667 [MW], teniendo un promedio de Potencia Máxima por aerogenerador en horas de recurso de 3,663 [MW], siendo cualquiera de estos valores superior a los 3,550 [MW] teóricos.

Por otra parte, a nivel de parque eólico de los datos se observa que el valor promedio máximo bruto del parque es de 81.132 [kW] y el de potencia neta es de 80.598,2 [kW].

3.3. Potencia Máxima Bruta y Potencia Máxima Neta

Dentro de este punto mostraremos los valores de acuerdo con lo solicitado en el Anexo Técnico “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”. Para ello primero se obtendrán las pérdidas de M.T. del parque, que se adjunta como anexo, obteniendo los siguientes resultados:



En donde los componentes se identifican como:

1. Parque Eólico equivalente: Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del parque ERNC.
2. Pérdidas en sistema colector del parque: Corresponde a las pérdidas del sistema colector del parque eólico principalmente en cables de baja y media tensión.
3. Servicios Auxiliares (SS.AA.) de la central.
4. Barra de media tensión (MT): Corresponde a la tensión en el lado de baja tensión del transformador de poder.
5. Transformador de Poder: Equipo elevador presente en la subestación de salida del parque ERNC.
6. Barra de alta tensión (AT): Corresponde a la tensión en el lado de alta tensión del transformador de poder.
7. Línea dedicada de la central: Línea de alta tensión que vincula el parque ERNC con el Sistema Eléctrico.
8. Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
9. Potencia inyectada por el parque ERNC en la barra de 33kV de tensión.
10. Potencia inyectada por el parque ERNC en la barra de media tensión de su subestación de salida 220kV.

En donde los componentes se identifican como:

1. Parque Eólico equivalente: Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del parque ERNC.
2. Pérdidas en sistema colector del parque: Corresponde a las pérdidas del sistema colector del parque eólico principalmente en cables de baja y media tensión.
3. Servicios Auxiliares (SS.AA.) de la central.
4. Barra de media tensión (MT): Corresponde a la tensión en el lado de baja tensión del transformador de poder.
5. Transformador de Poder: Equipo elevador presente en la subestación de salida del parque ERNC.
6. Barra de alta tensión (AT): Corresponde a la tensión en el lado de alta tensión del transformador de poder.
7. Línea dedicada de la central: Línea de alta tensión que vincula el parque ERNC con el Sistema Eléctrico.
8. Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
9. Potencia inyectada por el parque ERNC en la barra de 33kV de tensión.
10. Potencia inyectada por el parque ERNC en la barra de media tensión de su subestación de salida 220kV.

Posteriormente se definen las siguientes variables:

- a) P_1 : Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) de la central [kW].
- b) P_{trafo} : Pérdidas activas en el transformador de poder [kW].
- c) *SS. AA*: Servicios Auxiliares de la central [kW].
- d) $P_{colector}$: Pérdidas en el sistema colector del parque ERNC [kW]

La potencia máxima activa bruta ($P_{Max-Bruta}$) en 220 [kV] de la central quedará definido por:

$$P_{Max-Bruta} = P_1 + P_{trafo} + SS.AA + P_{colector}$$

1.	Máxima potencia aerogeneradores	81.132 [kW]
2.	Pérdidas en el sistema colector	143,5 [kW]
3.	Servicios Auxiliares de la central	4 [kW]
5.	Pérdidas activas en Trans. de Poder	386 [kW]
6.	Potencia Activa inyectada en la barra AT 220 kV	80.598,2 [kW]
	Potencia Máxima Activa Bruta (Pmaxbruta)	81.131,7 [MW]
	Potencia Máxima Activa Neta (Pmaxneta)	80.566,5 [MW]

Tabla 7 Tabla de Resultados

4. Conclusiones

De acuerdo con lo expuesto en el presente informe, se concluye que el parámetro de potencia máxima neta de parque eólico Cabo Leones III es de 81.132 [MW], mientras que la potencia máxima Bruta del parque es de 80.598,2 [MW].

5. Referencias

- [1] Comisión Nacional de Energía (2020). Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. Recuperado de <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2020/09/NTSyCS-Sept20.pdf>
- [2] Comisión Nacional de Energía (2020). Anexo Técnico: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras. Recuperado de <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2019/12/PRUEBAS-DE-POTENCIA-M%C3%81XIMA-EN-UNIDADES-GENERADORAS.pdf>
- [3] Coordinador Eléctrico Nacional (2019). Puesta en Servicio de Unidades Generadoras– Aplicación de Anexos Técnicos- Recuperado de <https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2019/03/PES-de-UUGG-Aplicaci%C3%B3n-de-Anexos-T%C3%A9cnicos.pdf>
- [4] SIEMSA, Grupo Ibereólica Renovables (2019). SET PE CABO LEONES I/III 33/220 kV. Cod.: 16009-12UNX0-R2
- [5] Ibereólica Cabo Leones III SpA (2019). Recorrido de Líneas del Sistema Colector de 33 kV. Diagrama de Bloques, Secciones y Longitudes. Cod.: PECLIII-5
- [6] Prysmian. Cables tipo EPROTENAX COMPACT (aislamiento de HEPR).
- [7] ABB (2017). Protocolo de Ensayos Placa de Características. Cod.: 1ZBR61691
- [8] ABB (2018). Protocolo de Ensayos. Cod.: 1ZBR61952
- [9] ABB (2019). Hoja de Características Garantizadas Transformador de Poder 128/64/64 MVA; 170/85/85 MVA
- [10] Siemens Gamesa (2019). Technical data generator. Cod.: GD280007-en
- [11] Siemens Gamesa (2019). Soluciones de conexión a red. Cod.: GD314947-ES R3
- [12] Siemens Gamesa (2016). AA2401 y AA2408 – Características Eléctricas del Convertidor. Cod.: GD278677-ES R1
- [13] Siemens Gamesa (2017). Características Generales del Transformador. Cod.: GD313752-ES R3
- [14] Siemens Gamesa (2018). Power Curve G132 IIA 3.465 MW – 3.55 MW Power Upgrade. Cod.: GD337068 R5
- [15] Siemens Gamesa (2018). Grid Interconnection Performance Description. Cod.: GD357927-en R1
- [16] Cabo Leones III. Analizador instalado en el cuadro principal de Baja tensión.



Ilustración 1 Dato empírico de los Consumos Auxiliares

El valor promedio de los consumos de auxiliares es de **4,02KW**. Sin consumo de ventiladores transformador.

[17] (2020). Datos Anexos.