

---

# **Determinación de Mínimo Técnico**

**Parque eólico Punta Colorada**


**EnorChile S.A.**

---

Informe elaborado por EnorChile S.A.

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ALCANCES.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES DE DISEÑO .....</b>	<b>5</b>
3.1	PARQUE EÓLICO PUNTA COLORADA .....	5
3.2	DISEÑO .....	5
	<i>Góndola</i> .....	6
3.3	DISTRIBUCIÓN DE LA CENTRAL .....	7
<b>4</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>8</b>
4.1	DISEÑO .....	8
	ESPECIFICACIONES UNIDADES GENERADORAS .....	9
4.2	.....	9
4.3	ESPECIFICACIONES ALTERNADOR .....	9
4.4	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL INVERSOR .....	10
4.5	SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL .....	12
4.6	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.....	13
4.7	TRANSFORMADORES.....	13
	4.7.1 <i>Transformado de Poder</i> .....	13
<b>5</b>	<b>ANTECEDENTES UTILIZADOS PARA DETERMINAR EL MÍNIMO TÉCNICO. ....</b>	<b>14</b>
5.1	REFERENCIA DE ANTECEDENTES UTILIZADOS. ....	14
<b>6</b>	<b>LIMITACIONES TÉCNICAS OPERACIONALES RECOMENDADAS POR FABRICANTE. ....</b>	<b>14</b>
	INVERSOR ALSTOM PROWIND MD2000. ....	14
6.1	PARÁMETROS DE POTENCIA ACTIVA Y PÉRDIDAS DE PARQUE EÓLICO PUNTA COLORADA .....	18
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>22</b>

	<b>Gerencia de Generación Gestión de Activos</b>		<b>Central:</b> Parque Eólico Punta Colorada	
	<b>Determinación de Mínimo Técnico</b>	<b>Fecha</b> 24/06/2018	<b>Revisión:</b> 2	Página 3 de 22


## 1 Introducción

El Parque Eólico Punta Colorada, se encuentra ubicado en la IV Región, Provincia de Elqui, Comuna de La Higuera, considera la inyección de energía eléctrica al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) para el suministro de la demanda de consumo eléctrico y responder eficazmente a los requerimientos del sistema a corto, mediano y largo plazo. Su rol fundamental será el de un despachador de energía y operará conforme a las normas generales de operación del Coordinador, entidad que tiene a cargo la coordinación de la operación de las instalaciones eléctricas de los concesionarios que operen interconectados entre sí, con el fin de preservar la seguridad del servicio en el sistema eléctrico y garantizar la operación más económica para el conjunto de las instalaciones del sistema.

El proyecto contempló como principales actividades la instalación y operación de diez turbinas DeWind D8.2000 con una potencia instalada total de 20 MW.

Para la inyección de potencia y energía al SEN, la Central se conectará a la subestación Punta Colorada, en el tramo ubicado entre la subestación Pan de Azúcar y la Subestación Maintencillo, la cual posee las características técnicas necesarias para la transmisión de la energía y potencia que se incorpora al SEN.

El presente informe tiene la finalidad de establecer el mínimo Técnico del Parque eólico de Central de Generación Punta Colorada.

	<b>Gerencia de Generación Gestión de Activos</b>		<b>Central:</b> Parque Eólico Punta Colorada	
	<b>Determinación de Mínimo Técnico</b>	<b>Fecha</b> 24/06/2018	<b>Revisión:</b> 2	Página 4 de 22

## 2 Alcances

Según lo establecido en los anexo de Mínimos Técnicos coordinado propietario de unidades generadoras debe enviar un informe técnico donde respalde el valor solicitado

El Informe Técnico que respalda el valor de Mínimo Técnico o Informe de Mínimo Técnico, cómo lo estipula el artículo 9 deberá contar con la siguiente información:

- a) Antecedentes técnicos de diseño.
- b) Recomendaciones del fabricante y antecedentes nacionales o internacionales de unidades de similares características.
- c) Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- d) Justificaciones que describan las eventuales fuentes de inestabilidad en la operación de la unidad generadora, que impidan que la unidad pueda operar en un valor menor potencia activa.
- e) Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.

### 3 Antecedentes de Diseño

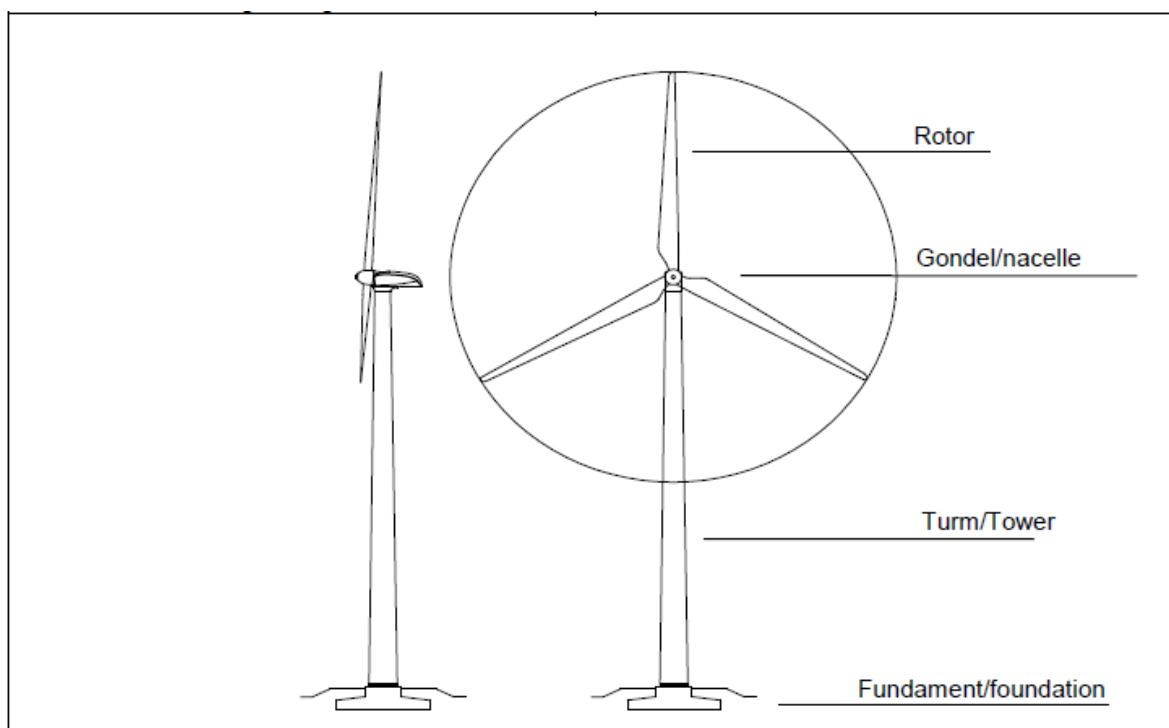
#### 3.1 Parque Eólico Punta Colorada

En línea con las acciones del Gobierno de Chile de promover el desarrollo de fuentes de energía renovables no convencionales, Barrick obtuvo la aprobación ambiental para la construcción de un parque eólico de 10 aerogeneradores.


La capacidad de generación total es de 20 megawatts (MW) y está ubicado en la comuna de La Higuera, Región de Coquimbo, 70 kms al norte de La Serena y a 3 km de la localidad de Punta Colorada.

#### 3.2 Diseño

Una turbina eólica es una instalación operativa eléctrica cerrada, consiste en una base, torre, góndola y rotor. Todos estos elementos funcionales se corresponden en su diseño a los estándares generalmente establecidos de tecnología. El uso de acuerdo con los requerimientos garantiza la seguridad operacional de la turbina.



**Ilustración 3.1.** Vista general turbina D8.2000

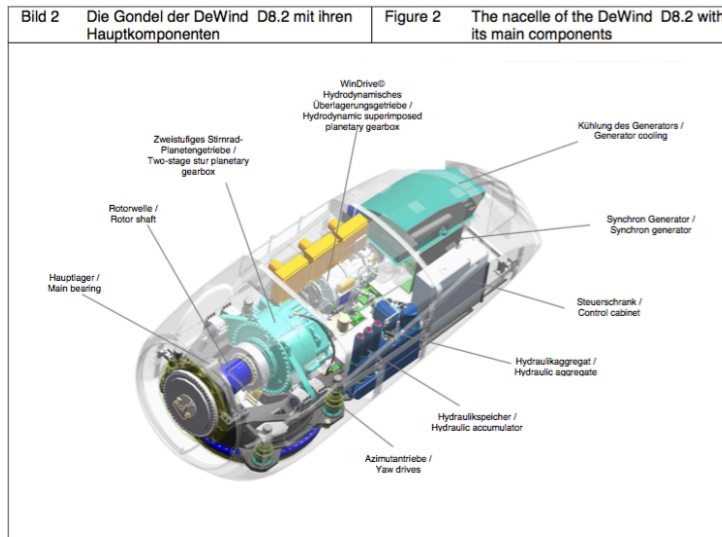
	<b>Gerencia de Generación Gestión de Activos</b>		<b>Central:</b> Parque Eólico Punta Colorada	
	<b>Determinación de Mínimo Técnico</b>	<b>Fecha</b> 24/06/2018	<b>Revisión:</b> 2	Página 6 de 22

La torre de acero tubular consta de varios segmentos, que están conectados por bridas apernadas. La parte inferior de la torre se llama fondo de la torre (bottom). Contiene un gabinete de control, el sistema de control de medio voltaje y transformador auxiliar. El dispositivo de escalada con varias plataformas de descanso está ubicado dentro de la torre y está equipado con un sistema de protección, que garantiza un ascenso seguro. El cable de media tensión y los cables de control van a lo largo de la pared de la torre paralela a la escalera. A nivel de las plataformas, se encuentran gabinetes, que contienen, entre otras cosas, la iluminación de emergencia. La parte superior de la torre se llama torre cabeza (top). La cabeza de la torre contiene el rodamiento y reductores del movimiento azimutal, y la corona dentada, que se usa para guiar automáticamente la góndola con el viento. La góndola se alcanza a través de una plataforma en la torre cabeza (top), independiente de su alineación.

El rotor consiste en un cubo de fundición reforzado, al cual se encuentran unidas las tres palas que giran cada una en su eje longitudinal. El sistema hidráulico para el ajuste de pala se encuentra dentro del cubo del rotor. Las palas del rotor están diseñadas para un óptimo retorno de energía y tienen una protección contra rayo integrado.

### 3.2.1 Góndola

La góndola (nacelle) de la turbina DeWind D8.2 consiste en una placa base y una cubierta de fibra de vidrio que encapsula todos los equipos. Los componentes esenciales de la turbina se encuentran en la placa base. Estos son: el tren de fuerza con rodamiento, eje y caja amplificadora, el generador, el sistema de enfriamiento, el sistema hidráulico, las unidades motrices del mecanismo azimutal y el gabinete de control con un panel de operador. La góndola se puede girar en la cabeza de la torre. De esta manera la góndola se puede alinear con la dirección del viento por medio del sistema motriz azimutal. Un freno está integrado en cada una de los reductores de giro, que tiene un efecto permanente y se libera solo si el sistema motriz del movimiento azimutal está activado. Si estas unidades no están activadas, la góndola también se mantiene en su respectiva posición por varios frenos hidráulicos.



**Ilustración 3.2.** Principales componentes Nacelle.

### 3.3 Distribución de la Central

La central se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de Compañía Barrick Chile Generación Ltda., la cual se dispone de la siguiente manera:



**Ilustración 3.3.** Vista general de distribución Parque eólico Punta Colorada

## 4 Especificaciones Técnicas

### 4.1 Diseño

El parque Eólico Punta Colorada lo conforman 10 aerogeneradores de fabricación alemana, marca DeWind, modelo D8.2 que tiene su capacidad nominal de 2000 kW y en conjunto capaz de generar 20000 kW.

Como se aprecia en la Ilustración 4.1. (*mayor detalle revisar Anexo G, Digrama Unilineal*), estos aerogeneradores se conectan en 11 [kV] a la red interna en 2 anillos o circuitos colectores de igual voltaje, los cuales a su vez se conecta a un transformador elevador de 31/220 [kV] de 35/45 MVA por donde finalmente es evacuada la Energía hacia el Sistema Nacional.

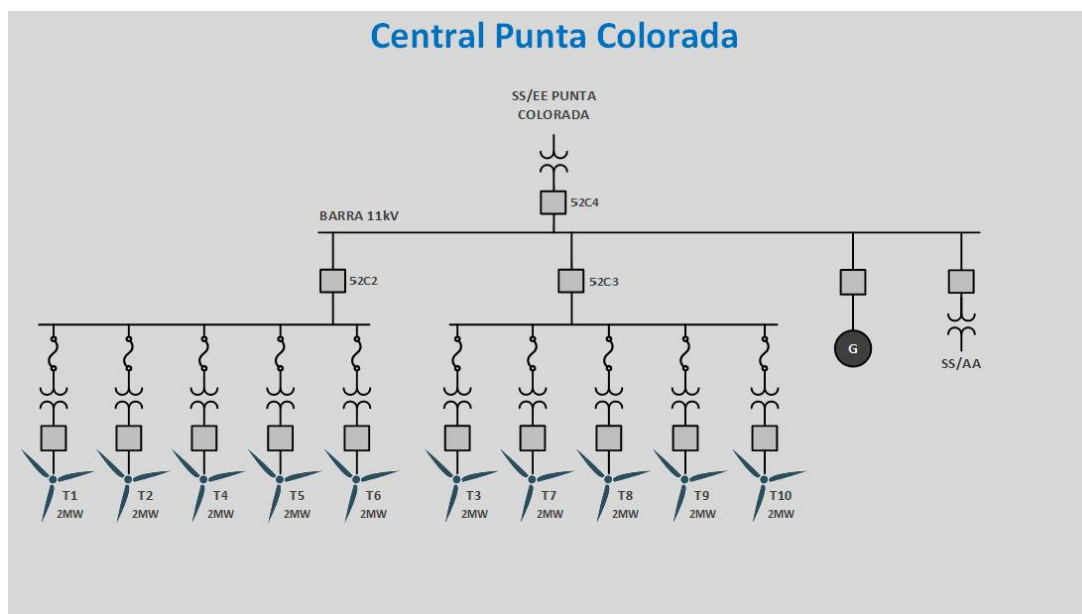



Ilustración 4.1. Esquema conexión Central Punta Colorada



	<b>Gerencia de Generación Gestión de Activos</b>		<b>Central:</b> Parque Eólico Punta Colorada	
	<b>Determinación de Mínimo Técnico</b>	<b>Fecha</b> 24/06/2018	<b>Revisión:</b> 2	Página 9 de 22

## 4.2 Especificaciones Unidades generadoras

La Turbina D8.2 tiene una capacidad nominal de 2000 kW y está diseñada como una turbina de tres palas y góndola. Posee control de ángulo de pala y movimiento horizontal.


- Capacidad Nominal: 2000 kW
- Frecuencia: 50 Hz
- Altura de Rotor: 80 m
- Diámetro de rotor: 80 m
- Zona de viento DIBt: III
- Clase de viento IEC: II
- Control de Capacidad: Control de ángulo de pala
- Velocidad de viento de inicio: 3 m/s
- Velocidad de viento nominal: 13,5 m/s
- Velocidad de viento de desconexión: 25 m/s
- Velocidad de giro nominal del rotor: 18,3
- Rango de velocidad de giro de rotor: 11,5 – 20 rpm

## 4.3 Especificaciones Alternador

El generador de turbina eólica D8.2, es un generador Laurence & Scott D8 de 2000 kW, de inducción de anillo deslizante con doble alimentación, diseñado para funcionar a velocidad variable junto con un convertidor trifásico de frecuencia variable ajustado por separado.

La máquina comprende un rotor soportado en rodamientos lubricado con grasa. En el extremo libre del rotor está montado el conjunto de anillo deslizante y el codificador. El núcleo del estator está montado en un robusto marco de acero fabricado con protecciones desmontables que soportan los rodamientos del eje. Los calentadores anti-condensación están instalados en cada extremo del estator. El sistema de refrigeración emplea un intercambiador de calor aire-aire montado en la parte superior. El circuito de aire es forzado por un ventilador centrífugo de eje y el circuito de aire externo es forzado por un ventilador accionado por un motor eléctrico.

- Tipo: Inducción por anillo rozante
- Encapsulamiento: CACA, IP55
- Tamaño de marco (frame): 500
- Capacidad: 2000 kW
- Alimentación: 690V, 3 fases; 50Hz.
- Corriente de línea: 1920 A

	<b>Gerencia de Generación Gestión de Activos</b>		<b>Central:</b> Parque Eólico Punta Colorada	
	<b>Determinación de Mínimo Técnico</b>	<b>Fecha</b> 24/06/2018	<b>Revisión:</b> 2	Página 10 de 22

- Conexión primaria: Estrella
- Aislación: Clase F  
Temperatura ambiente: 25°C

#### 4.4 Características Principales del Inversor

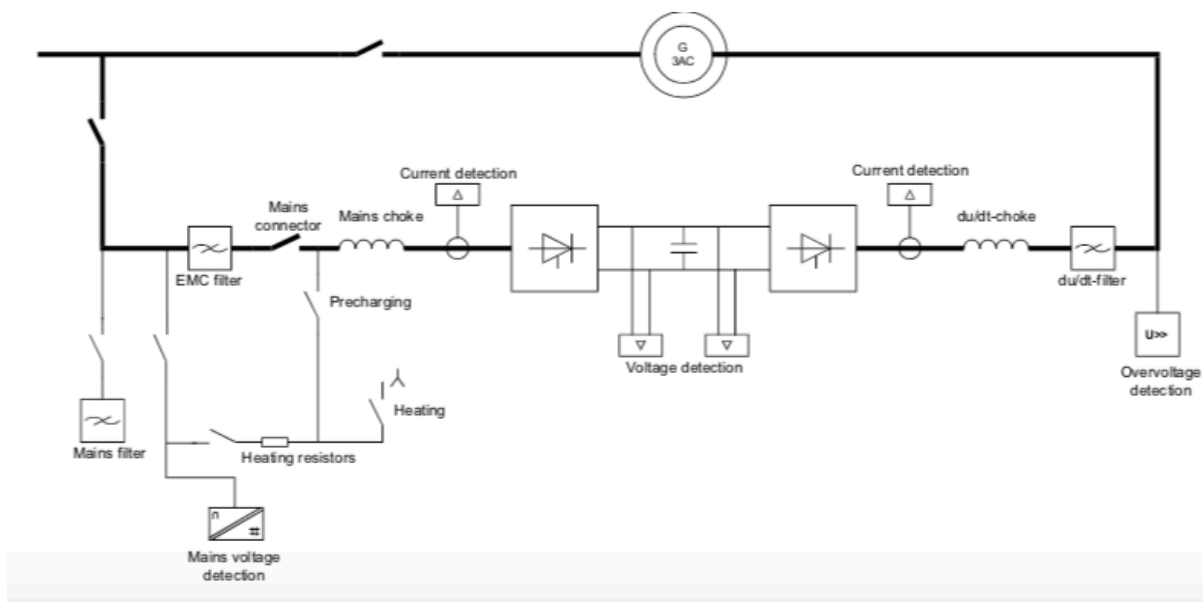
- Voltaje de alimentación: 690 V +10 %/-10 %
- Frecuencia red: 50 Hz + 1 %/-1 %
- Vector de frecuencia: 6 kHz correspondiente a frecuencia de pulso de 3 kHz
- Dimensiones: (L/D/H) 3000/900/2200 mm
- Aprobaciones: prEN50179:1994 / VDE0160; CE marking to Low Voltage Directive
- Eficiencia a la potencia nominal del inversor > 0.97
- Corriente nominal NPR: 580 A
- Corriente máxima NPR: 640 A (dependiente de la temperatura)
- Corriente Nominal MPR: 780 A
- Corriente máxima MPR: 850 A (dependiente de la temperatura)
- Ruido < 82 db (A)
- Apagado por sobre temperatura > 85°C (temperatura del disipador de calor)
- Temperatura ambiente
- Operación -20 °C +45 °C
- Almacenamiento -25 °C ... +60 °C
- Condiciones medioambientales
- Climatic0 3K3
- Mecánico 3M3
- Transporte Mecánico 2M1
- Método de enfriamiento: Enfriado por aire
- Altura ≤ 1000 m sobre el nivel del mar a máximo. 2200 m sobre el nivel del mar con reducción de potencia de 1.2 %/100 m
- Grado de protección: Electrónica de potencia: IP21
- Control IP54
- Alimentación IP21

#### 4.4.1 Sistema

Tal como se indica en el anexo I, Las señales de control junto con los “setpoints” para el torque y el factor de potencia están programados en la tarjeta de control del inversor de la turbina (MPR). La velocidad y potencia reactiva están integrado en la lógica de control de esta tarjeta. Así, la velocidad y el torque se retroalimentan a través de datos reales.

Dicho esto y como se presenta en ilustración 4.2, este tipo de Aerogeneradores no pueden regular potencia reactiva cuando no existe recurso eólico.

En caso de un cortocircuito principal, el generador responderá con una alta sobre corriente. Esta corriente obligará al inversor a apagarse a través de la función de detección de sobrecorriente. Para proteger los componentes semiconductores en el MPR, las corrientes del rotor se cortocircuitan a través de lo que se conoce como la barra de cuervo hasta que la excitación del generador es casi cero. Al mismo tiempo, el generador se desconecta de la red eléctrica.



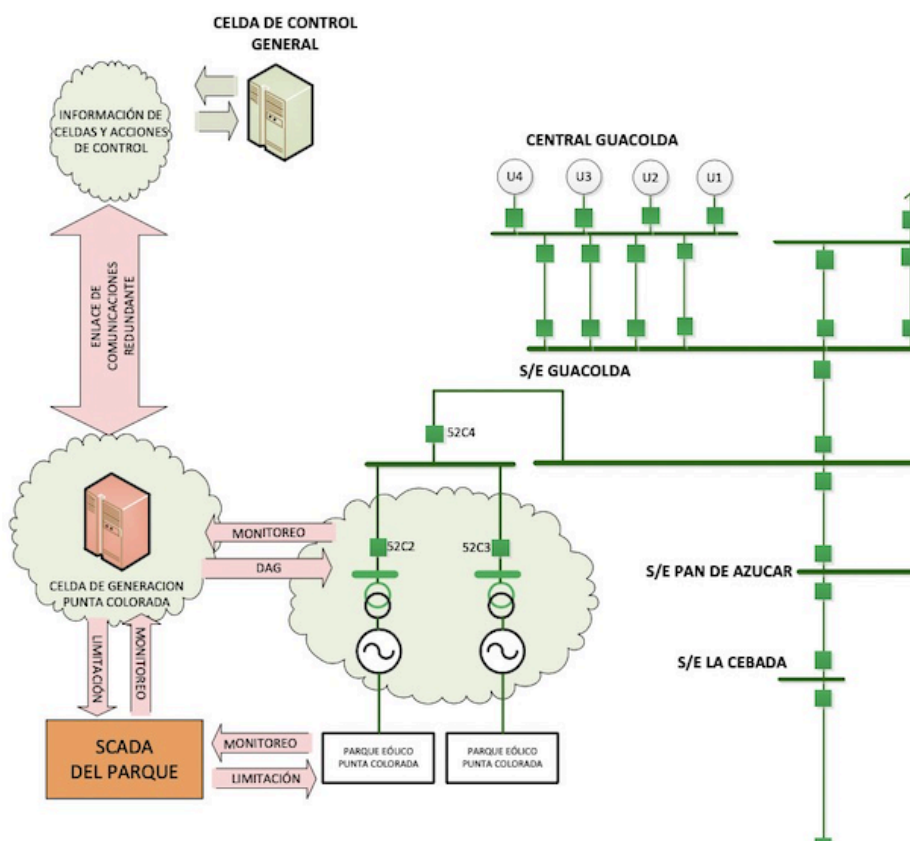
**Ilustración 4.2.** Diagrama de circuito

## 4.5 Sistema de monitoreo y control


El funcionamiento y la supervisión normal del parque eólico se realizan desde la sala de control mediante el SCADA EoSView. Cada turbina eólica es independiente en su funcionamiento y puede arrancar y detenerse en forma automática si existe recurso eólico y consigna apropiada del sistema EDAG-ERAG. No obstante a lo anterior, un equipo puede ser puesto en servicio o detenido manualmente a través del SCADA.

El software llamado EoS SCADA Office permite al operador concentrar información de proceso de cada unidad en una plataforma común, se puede acceder a algunos parámetros del proceso, eventos, e información operacional.

Aunado a esto es válido señalar que, el punto del Parque Eólico respecto al cual se controla e ingresan las consignas de potencia activa es en cada torre, conforme a la regulación automática descrita en el párrafo anterior. El punto de conexión del Parque Eólico se encuentra en el sistema colector como se aprecia en la siguiente ilustración.



**Ilustración 4.3.** Esquema de conexión de Celda de generación, Central Punta Colorada

	<b>Gerencia de Generación</b> <b>Gestión de Activos</b>		<b>Central:</b> Parque Eólico Punta Colorada	
	<b>Determinación de Mínimo Técnico</b>	<b>Fecha</b> 24/06/2018	<b>Revisión:</b> 2	Página 13 de 22

En el anexo F, capítulo 9 se especifica que las turbinas eólicas fueron diseñadas para una operación automática y se limitan las operaciones manuales sólo para realizar mantenimiento o en condiciones especiales.

Por ende, el sistema de control del parque fue diseñado en forma escalonada, es decir si la generación del parque está sobre la consigna el sistema de control retira automáticamente una unidad para cumplir con la condición designada.

## 4.6 Sistema de distribución eléctrica

El interruptor principal o interruptor de tensión media (MV) es un sistema de 11 kV que se utiliza para proporcionar a los clientes electricidad a través de los transformadores de distribución.


El interruptor de baja tensión (LV) es un sistema de 400 V que distribuye electricidad de baja tensión a consumidores eléctricos en la planta generadora para garantizar un funcionamiento fiable e ininterrumpido de los equipos auxiliares.

La electricidad para el consumo propio de la planta es suministrada generalmente por el grupo electrógeno a través de los transformadores auxiliares de la estación, conectados al sistema MV de la planta.

## 4.7 Transformadores

### 4.7.1 Transformado de Poder

- Marca: TRAFO
- Número de serie: XA2025A001
- Tipo de equipo: Transformador de potencia
- Conexión: YNd-11
- Frecuencia: 50 Hz
- Voltaje nominal primario: 220 kV
- Voltaje nominal secundario: 11 kV
- Potencia nominal: 30/45 MVA

	<b>Gerencia de Generación Gestión de Activos</b>		<b>Central:</b> Parque Eólico Punta Colorada	
	<b>Determinación de Mínimo Técnico</b>	<b>Fecha</b> 24/06/2018	<b>Revisión:</b> 2	Página 14 de 22

## 5 Antecedentes Utilizados Para Determinar El Mínimo Técnico.

En esta sección se presentará la información recopilada de manuales y recomendaciones del fabricante, pruebas de funcionalidad, datos operacionales, para la validación del mínimo técnico establecido por el Coordinador Eléctrico Nacional.

### 5.1 Referencia De Antecedentes Utilizados.

A continuación listado de los documentos utilizados en los equipos estudiados para determinar las restricciones operacionales.

- 02-14-SW-ES-E\_028\_Rev\_1\_Electrical\_Characteristic\_D8-2000.
- Exhibit\_S\_Measured\_Power\_Curve.
- Instruction manual for 2000kw d8 wind turbine generator.
- Manual general de instrucciones y operación transformadores tipo subestación.
- Operating\_Manual\_D8\_2\_ENG\_1.
- Real Performance Curve PCWF.

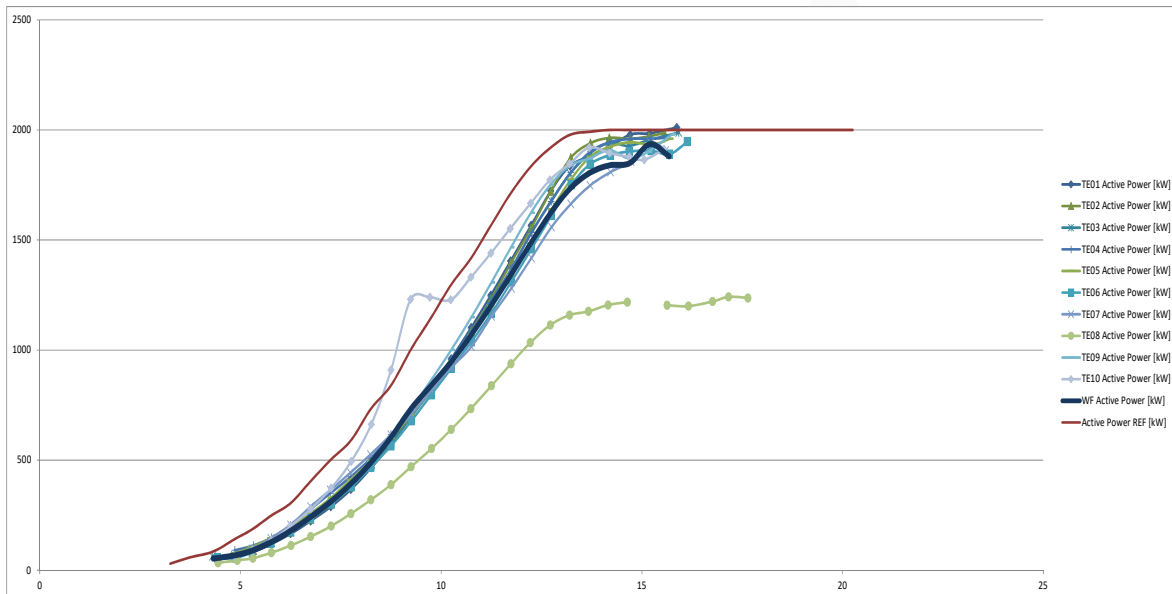
## 6 Limitaciones Técnicas Operacionales Recomendadas Por Fabricante.

En Virtud de lo descrito en el artículo 4 del ANEXO TÉCNICO: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras, el mínimo técnico, se entiende por la Potencia mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable, inyectando energía al SI en forma continua.

Los principales equipos que influyen en la determinación del mínimo Técnico, en cuanto a su limitación y variación corresponden a generador Laurece & Scott D8 2000 kW e inversor Alstom ProWind MD2000, en específico se hará referencia a este último debido a que dentro de su parametrización se encuentra la curva de potencia de la turbina eólica Inversor Alstom ProWind MD2000.

De acuerdo a la curva de potencia nominal del equipo, referenciada en el ANEXO B Exhibit\_S\_Measured\_Power\_Curve, el equipo comenzará una producción de 49 kW cuando el recurso eólico alcance los 3.7 m/s. No obstante, el comportamiento real de un equipo alcanza valor de producción de 34 a 63 kW dependiendo de la ubicación de la turbina a una velocidad de viento de 4.3 m/s (ANEXO F Real Performance Curve PCWF).

TE01		TE02		TE03		TE04		TE05		TE06		TE07		TE08		TE09		TE10	
Windspeed [m/s]	TE01 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE02 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE03 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE04 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE05 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE06 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE07 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE08 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE09 Active Power [kW]	Windspeed [m/s]	TE10 Active Power [kW]
3.25		3.25		3.25		3.25		3.25		3.25		3.25		3.25		3.25		3.25	
3.75		3.75		3.75		3.75		3.75		3.75		3.75		3.75		3.75		3.75	
4.25		4.25		4.3	63	4.25		4.4	57	4.43	56	4.25		4.44	34	4.37	54	4.25	
4.89	66	4.88	76	4.85	67	4.86	91	4.84	76	4.86	56	4.91	71	4.92	45	4.85	72	4.85	63
5.3	83	5.32	90	5.29	90	5.33	113	5.27	105	5.29	82	5.3	98	5.31	55	5.29	92	5.3	92
5.76	119	5.77	125	5.76	127	5.78	149	5.76	145	5.76	124	5.76	145	5.77	80	5.75	130	5.77	135
6.25	166	6.26	175	6.24	175	6.25	205	6.25	198	6.25	175	6.25	206	6.26	113	6.25	180	6.25	201
6.75	224	6.75	233	6.75	236	6.75	278	6.76	260	6.75	234	6.75	289	6.75	153	6.75	241	6.75	278
7.25	289	7.26	301	7.25	302	7.24	350	7.26	330	7.26	301	7.24	364	7.26	201	7.26	312	7.26	373
7.75	367	7.76	380	7.76	382	7.75	425	7.74	411	7.76	379	7.74	443	7.75	257	7.75	395	7.76	495
8.3	466	8.3	474	8.3	478	8.3	510	8.3	497	8.3	469	8.2	526	8.3	320	8.3	494	8.3	683
8.75	573	8.74	578	8.75	583	8.75	616	8.75	601	8.75	565	8.75	616	8.75	389	8.74	608	8.75	910
9.25	697	9.25	698	9.25	701	9.25	720	9.25	706	9.26	679	9.25	708	9.25	470	9.25	733	9.24	1231
9.76	825	9.77	823	9.75	818	9.76	838	9.76	829	9.75	797	9.76	818	9.76	553	9.75	864	9.72	1240
10.25	961	10.25	950	10.25	939	10.25	958	10.26	948	10.25	917	10.26	923	10.25	640	10.25	1001	10.24	1229
10.75	1103	10.75	1088	10.75	1074	10.75	1086	10.75	1068	10.75	1038	10.75	1015	10.74	734	10.75	1149	10.74	1331
11.24	1250	11.24	1231	11.24	1225	11.25	1217	11.24	1198	11.25	1168	11.25	1153	11.25	838	11.25	1307	11.24	1441
11.73	1405	11.74	1396	11.74	1384	11.74	1389	11.74	1339	11.75	1311	11.75	1281	11.74	938	11.74	1467	11.72	1552
12.24	1567	12.24	1554	12.24	1531	12.25	1534	12.23	1485	12.25	1460	12.25	1419	12.22	1034	12.24	1625	12.23	1667
12.73	1723	12.73	1722	12.74	1678	12.74	1675	12.75	1639	12.75	1612	12.75	1559	12.72	1114	12.72	1751	12.71	1773
13.21	1837	13.23	1874	13.21	1802	13.23	1807	13.23	1775	13.24	1751	13.23	1664	13.2	1159	13.22	1839	13.2	1847
13.72	1881	13.72	1940	13.72	1895	13.72	1902	13.71	1878	13.71	1845	13.71	1748	13.67	1176	13.7	1871	13.69	1920
14.17	1920	14.19	1964	14.19	1942	14.2	1944	14.19	1923	14.21	1886	14.22	1809	14.16	1205	14.19	1908	14.2	1895
14.71	1979	14.71	1960	14.67	1928	14.71	1960	14.71	1944	14.69	1902	14.73	1857	14.64	1218	14.7	1870	14.69	1877
15.2	1985	15.18	1971	15.21	1956	15.21	1960	15.28	1934	15.23	1906	15.22	1942	15.25		15.16	1902	15.06	1865
15.87	2011	15.56	1987	15.92	1988	15.56	1964	15.7	1961	15.69	1890	15.59	1906	15.63	1204	15.75	1980	15.55	1912
16.25		16.25		16.25		16.25		16.25		16.13	1947	16.25		16.16	1200	16.25		16.25	
16.75		16.75		16.75		16.75		16.75		16.75		16.75		16.76	1221	16.75		16.75	
17.25		17.25		17.25		17.25		17.25		17.25		17.25		17.16	1242	17.25		17.25	
17.75		17.75		17.75		17.75		17.75		17.75		17.75		17.64	1237	17.75		17.75	
18.25		18.25		18.25		18.25		18.25		18.25		18.25		18.25		18.25		18.25	
18.75		18.75		18.75		18.75		18.75		18.75		18.75		18.75		18.75		18.75	
19.25		19.25		19.25		19.25		19.25		19.25		19.25		19.25		19.25		19.25	
19.75		19.75		19.75		19.75		19.75		19.75		19.75		19.75		19.75		19.75	
20.25		20.25		20.25		20.25		20.25		20.25		20.25		20.25		20.25		20.25	

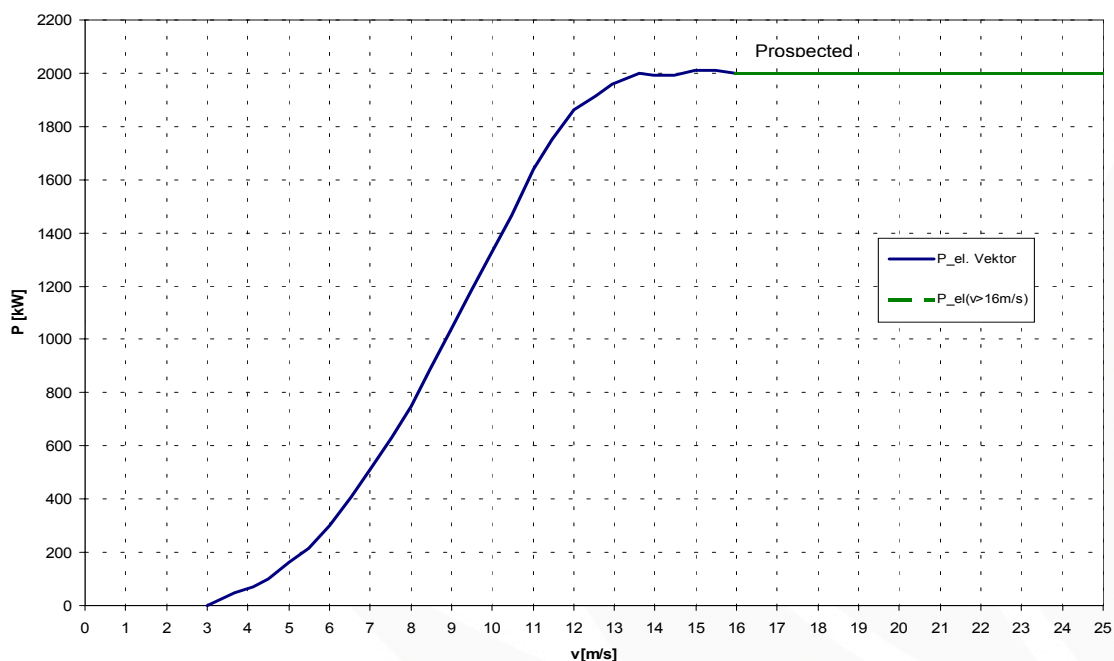


**Ilustración 6.1.** Curva de potencia nominal.

Type: D8 RotorØ: 80m Rated Power: 2000kW							
bin Nr.	V [m/s]	P [kW]	c_p	bin Nr.	V [m/s]	P [kW]	c_p
1	2,5	0	0,00	16	9,9	1314	0,44
2	3,0	0	0,00	17	10,5	1467	0,42
3	3,7	49	0,32	18	11,0	1639	0,40
4	4,1	71	0,33	19	11,5	1751	0,38
5	4,5	101	0,36	20	12,0	1863	0,35
6	5,0	162	0,42	21	12,5	1914	0,32
7	5,5	217	0,42	22	12,9	1958	0,30
8	6,0	301	0,45	23	13,6	1999	0,26
9	6,6	407	0,47	24	14,0	1993	0,24
10	7,0	514	0,48	25	14,5	1991	0,21
11	7,5	629	0,48	26	15,0	2012	0,20
12	8,0	750	0,47	27	15,5	2012	0,18
13	8,5	886	0,47	28	16,0	1998	0,16
14	9,0	1050	0,46	29	16,5	2012	0,15
15	9,5	1175	0,45				

**Tabla 6.1** Measured power curve D8

Power curves D8-2000 Siestedt  
(DASM mode; measured and prospected from 15.01.03 until 25.02.03)



**Ilustración 6.2.** Curva de generación



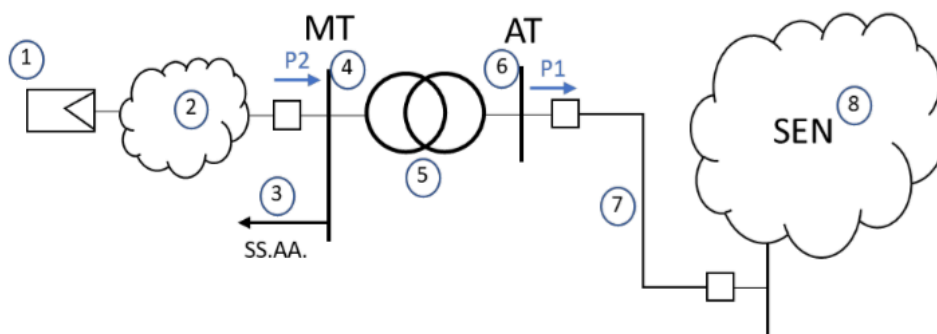
Anexo B y la ilustración 6.2 se presenta la curva de generación de una turbina modelo D8 entregada por el fabricante, la cual indica que sobre los 3 m/s, el parque tiene la capacidad de generar. No obstante a lo anterior, el comportamiento de cada turbina es determinado por factores internos como externos siendo configurados en base a un comisionamiento por parte de los fabricantes, como se observa en la siguiente tabla (ANEXO F Real Performance Curve PCW)

**Tabla 6.2 :** Mínima Generación según turbina

Torre	Active power min "KW"	wind "m/s"
TE01	66	4,89
TE02	75	4,88
TE03	63	4,3
TE04	91	4,86
TE05	57	4,4
TE06	56	4,43
TE07	71	4,91
TE08	34	4,44
TE09	54	4,37
TE10	63	4,85

## 6.1 Parámetros de Potencia Activa y Pérdidas del Parque Eólico Punta Colorada

Un sistema equivalente al Parque eólico Punta Colorada se representa de la siguiente forma:



**Ilustración 6.3.** Sistema Equivalente Parque Eólico

### 1. Potencia del Generador Equivalente ( $P_{\text{generador equivalente}}$ )

Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del parque. Tomando en consideración que la condición a mínimo técnico del parque es cuando se encuentran todos los aerogeneradores detenidos menos uno, en presencia de alto recurso eólico, entonces la  $P_{\text{generador equivalente}}$  corresponde a la potencia nominal de uno de los aerogeneradores, descontando los consumos propios de este, los cuales corresponden como máximo equivalen a 49 kW (Anexo A, página 23)

$$P_{\text{generador equivalente}} = 1.951 \text{ kW}$$

## 2. Pérdidas en el Sistema Colector ( $P_{\text{colector}}$ )

Las pérdidas se calcularon de manera teórica, las cuales se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 6.3.** Pérdidas del Sistema Colector

Torre	Distancia Generador - Barra 11 kV [m]	Resistencia conductor	Perdida Colector kW
1	3093,7	0,145	1,603
2	2713,7	0,128	1,406
4	2353,7	0,111	1,219
6	1586	0,075	0,822
5	1270	0,060	0,658
<b>Sistema Colector 1</b>			<b>5,708</b>
3	1574	0,074	0,815
7	922	0,043	0,478
10	360	0,017	0,187
9	677	0,032	0,351
8	206	0,010	0,107
<b>Sistema Colector 2</b>			<b>1,937</b>

Las características del cable son 15 kV, 750 MCM, 33%.

$$P_{\text{colector}} = 5,708 \text{ kW} + 1,937 \text{ kW}$$

$$P_{\text{colector}} = 7,645 \text{ kW}$$

## 3. Potencia de Servicios Auxiliares de la Central (SSAA)

Para el cálculo de la potencia de los servicios auxiliares de la central se considera el informe de consumo por horas del mes de junio/2019 de la Central Punta Colorada ubicado en el ANEXO J y la información de las cargas del transformador de auxiliares que se indican en el plano “CBCGL001-8400-E-DI-0001 Diagrama Unilineal General”, ubicado en el ANEXO G. Se destaca que tanto la central térmica como la eólica toman los SSAA en el mismo punto

De acuerdo con los datos del medidor, la energía consumida por los equipos auxiliares en el mes de junio/2019 es de 66.923,50 kWh, se estima que la potencia promedio es de 92,95 kW, de la cual 18,59 kW corresponden a los consumos esenciales que requiere sólo del Parque eólico, obteniéndose así el valor de SSAA [kW]

$$\text{SSAA} \approx 18,59 \text{ kW}$$

#### 4. Potencia Activa inyectada en la Barra de Media Tensión ( $P_2$ )

La potencia activa inyectada en la barra de media tensión de la central es igual al valor de la potencia del generador equivalente menos las pérdidas del sistema colector y la potencia consumida por los servicios auxiliares.

$$P_2 = P_{\text{generador equivalente}} - P_{\text{colector}} - \text{SSAA}$$

$$P_2 = P_{\text{generador equivalente}} - 26,235 \text{ [kW]}$$

$$P_2 = 1924,765 \text{ kW}$$

#### 5. Pérdidas activas en el Transformador de Poder de la Central ( $P_{\text{trafo}}$ )

Acorde al Anexo H, página 149, las pérdidas en el transformador son 159,222 kW.

$$P_{\text{trafo}} = 159,222 \text{ kW}$$

#### 6. POTENCIA ACTIVA INYECTADA EN LA BARRA DE ALTA TENSIÓN DE LA CENTRAL ( $P_1$ )

Se tiene que la potencia en la barra de alta tensión de la central es equivalente a la potencia de salida del transformador de poder de la central.


$$P_1 = P_2 - P_{\text{trafo}}$$

Entonces:

$$P_1 = P_{\text{generador equivalente}} - P_{\text{colector}} - \text{SSAA} - P_{\text{trafo}}$$

$$P_1 = 1.951 \text{ kW} - 26,235 \text{ kW} - 159,222 \text{ kW}$$

$$P_1 = 1.765,543 \text{ kW}$$

	<b>Gerencia de Generación</b> <b>Gestión de Activos</b>		<b>Central:</b> Parque Eólico Punta Colorada	
	<b>Determinación de Mínimo Técnico</b>	<b>Fecha</b> 24/06/2018	<b>Revisión:</b> 2	Página 21 de 22

## 7 Conclusiones

En el anexo E, capítulo 9 se da cuenta que las turbinas eólicas fueron diseñada para una operación automática y sólo se deben utilizar operaciones manuales en el caso de realizar mantenimiento o en condiciones especiales.

Dicho lo anterior, se establece que dado la incapacidad de regular carga bajo condiciones de alto recurso (Anexo E “*Operating\_Manual\_D8\_2\_ENG\_1, capítulo 7*”), pausando todos los aerogeneradores menos uno, el mínimo técnico es 1,765 MW.

## 8 ANEXOS

*ANEXO A: 02-14-SW-ES-E\_028\_Rev\_1\_Electrical\_Characteristic\_D8-2000*

*ANEXO B: Exhibit\_S\_Measured\_Power\_Curve*

*ANEXO C: Instruction manual for 2000kw d8 wind turbine generator*

*ANEXO D: Manual general de instrucciones y operación transformadores tipo subestación*

*ANEXO E: Operating\_Manual\_D8\_2\_ENG\_1*

*ANEXO F: Real Performance Curve PCWF*

*ANEXO G: Diagramas Unilineales*

*ANEXO H: Book\_XA2025*

*ANEXO I: Frequency Converter*

*ANEXO J: Informe de consumo por horas*