

Proyecto Punta Sierra Chile

Proyecto Punta Sierra Chile
Informe de prueba de potencia
mínima de Turbinas

GW 121 / 2.5 MW

27 Noviembre 2018

Tabla de Contenidos

1.	Resumen Ejecutivo	3
2.	Introducción	4
2.1	Información General del Proyecto	4
2.2	Condiciones Ambientales en el Parque	4
2.3	Antecedentes.....	4
2.4	Antecedentes Técnicos del Parque.....	5
2.5	Antecedentes Técnicos de la Subestación.	10
3.	Prueba de Mínimo Técnico:	13
3.1	Metodología de la Prueba	13
3.2	Condiciones Previas a la Prueba.	13
3.3	Descripción de la Prueba	14
4.	Análisis de Resultados	16
5.	Conclusión.....	16
6.	ANEXO 1: Información Técnica Aerogenerador GW121/2500	17
7.	ANEXO 2: Resultados Prueba de Mínimo Técnico	18

1. Resumen Ejecutivo

El objetivo de este informe es describir las pruebas y resultados para establecer el mínimo técnico de generación del parque eólico Punta Sierra Chile y con el dar cumplimiento a normativa para la entrada en operación del mismo.

Las pruebas se realizaron conforme a las normas y los anexos establecidos en el punto 2.3 de este informe.

En base a las pruebas y análisis se obtiene que el mínimo técnico del parque eólico Punta Sierra Chile, debido a la indisponibilidad del viento, es 0 KW.

Por otro lado, la mínima potencia garantizada que el parque puede generar de manera estable por medio de un set point local, sin considerar la indisponibilidad de viento, corresponde a 100kW. El valor anterior es considerando solo una turbina en funcionamiento y sobre 3 m/s de velocidad de viento.

El mínimo setpoint remoto configurado, por seguridad, está establecido en 300kW.

2. Introducción

2.1 Información General del Proyecto

El proyecto Chile Punta Sierra es un parque con una subestación (SE) seccionadora Punta Sierra 31,5/220kV. La finalidad de dicha subestación es poder conectar el parque eólico Punta Sierra, con una capacidad instalada de 81.6 MW compuesto por 32 aerogeneradores de 2,5 MW cada uno en 31,5 kV, con el sistema de transmisión en 220 kV (Sistema Interconectado Central). Para ello, se conectó el parque eólico mediante un transformador elevador 31,5/220 kV en la subestación seccionadora Punta Sierra 31,5/220 kV en configuración interruptor y medio en 220 kV. La subestación seccionadora Punta Sierra 31,5/220 kV secciona la línea 2x220kV, que para el caso del circuito N°1 corresponde a Subestación Las Palmas y los Parques Eólicos Monte Redondo y Los Cururos (S/E Cebada). Para el circuito N°2 corresponde a Subestación Las Palmas y los Parques Eólicos Talinay y el Arrayán.

Las obras se desarrollaron en la costa de la IV Región de Coquimbo, Provincia del Limarí, Comuna de Ovalle y que puede ser accedida desde la Ruta 5 Norte, a 316 Km al norte de Santiago o a 143 Km al sur de Coquimbo. El Parque fue desarrollado totalmente dentro del terreno de un solo dueño.

2.2 Condiciones Ambientales en el Parque

Variables	Promedio	mínimo	máximo
Temperatura	14,4 ° C	6,6° C	30,6 ° C
Densidad del aire	1.184 kg / m3		
Velocidad del viento 90 m	7 m/s		

Tabla 1: Condiciones ambientales

2.3 Antecedentes

Para este informe se emplearon los siguientes antecedentes:

[1] Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. Comisión Nacional de Energía, Mayo de 2018.

[2] Anexo-NT-Determinación-de-Mínimos-Técnicos-en-Unidades-Generadoras.

[3] Anexo-NT-Requisitos-Técnicos-Mínimos-de-Instalaciones-que-se-Interconectan-al-SI].

[4] Goldwind 1.5MW/2.5MW Wind Turbine Compliance with the Chile Grid Code.

2.4 Antecedentes Técnicos del Parque

2.4.1 Topología del parque

El parque se encuentra constituido de cinco ramales en 31,5kV que parten desde el switchgear de la subestación hasta cada transformador de 0.69/31,5kV de cada aerogenerador. La subestación unitaria ubicada en las cercanías de su correspondiente torre contiene los equipos de protección, con apertura tanto del lado de baja como de alta del transformador de 0.69/31,5kV.

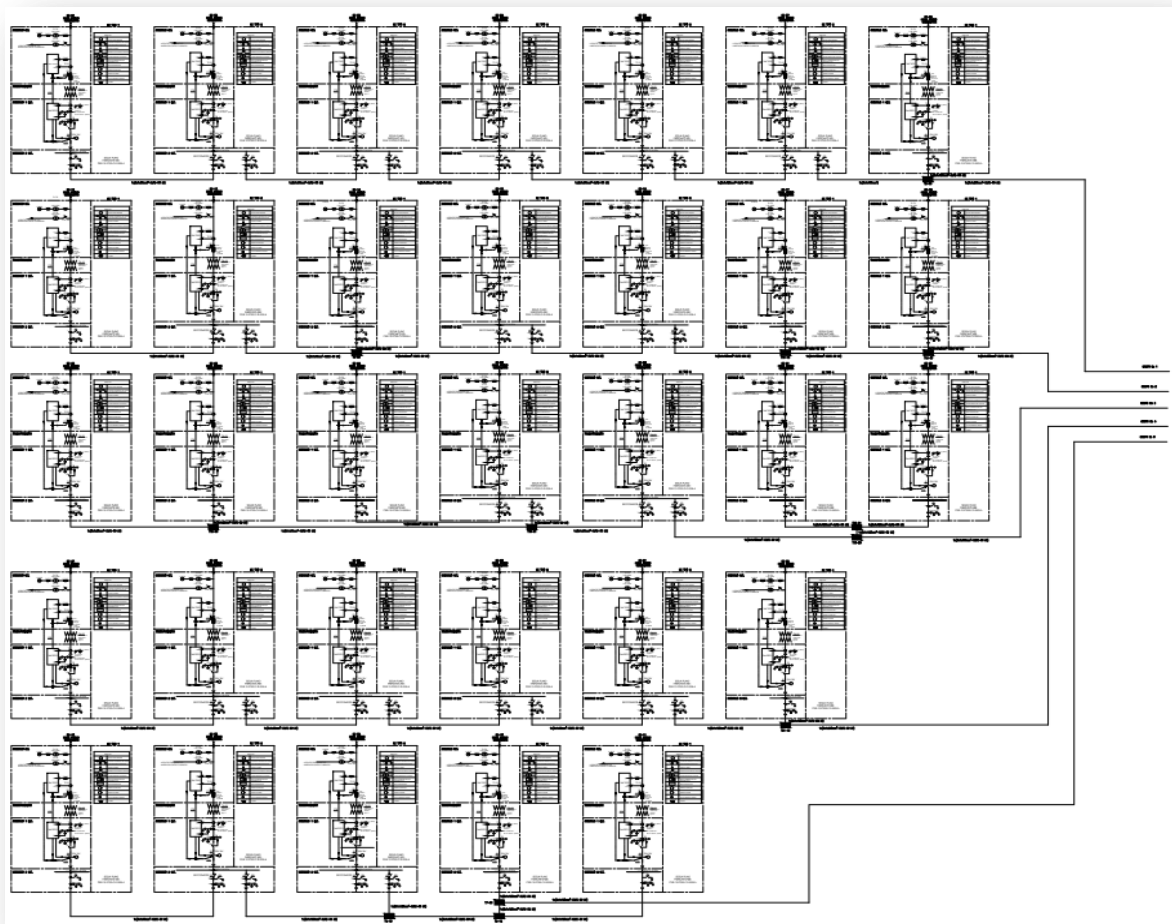


Ilustración 1: Distribución de los 32 aerogeneradores por circuito.

2.4.2 Descripción general del aerogenerador

El generador es marca GoldWind modelo GW 121/2500, es un generador síncrono de imanes permanente (PM) de 2.5MW, que no tiene engranajes y es impulsado directamente por un rotor de 3 palas. [Ilustración 2].

Los aerogeneradores tienen una altura de 90m al buje, Con capacidad de trabajar bajo rangos de viento entre 3 m/s a 25 m/s alcanzando la potencia nominal a 9.3 m/s. Para mayor información ver Anexo 1.

Las turbinas eólicas operan frecuentemente con carga parcial, un rango en el que los generadores de PM alcanzan su máxima eficiencia.

Cuentan con un sistema de refrigeración por aire activo de circuito cerrado con sus dos intercambiadores de calor aire-aire optimiza el rendimiento del generador.

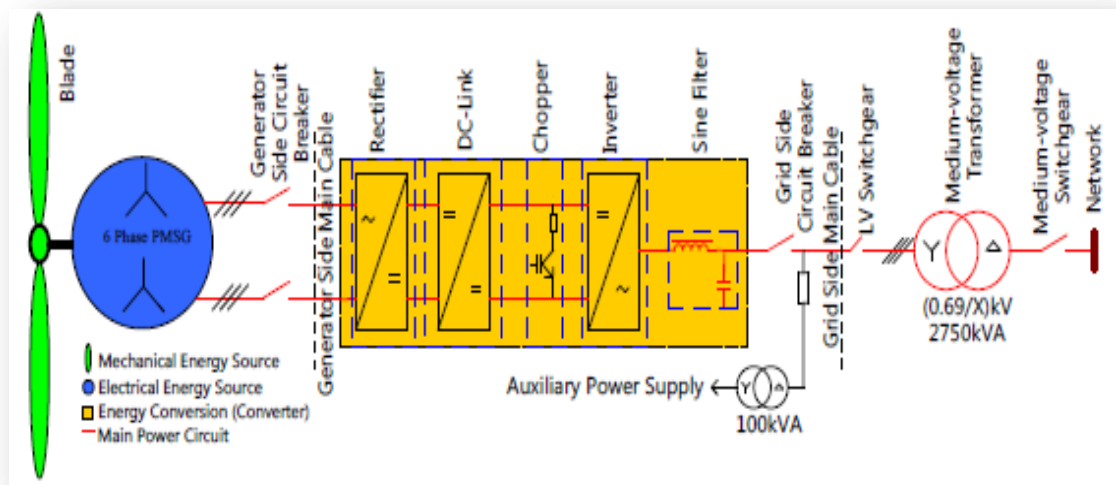


Ilustración 2: Unifilar tipo de generador/convertidor eólico.

La relación entre las velocidades indicadas y la potencia generada, se puede apreciar en la [Ilustración 3]

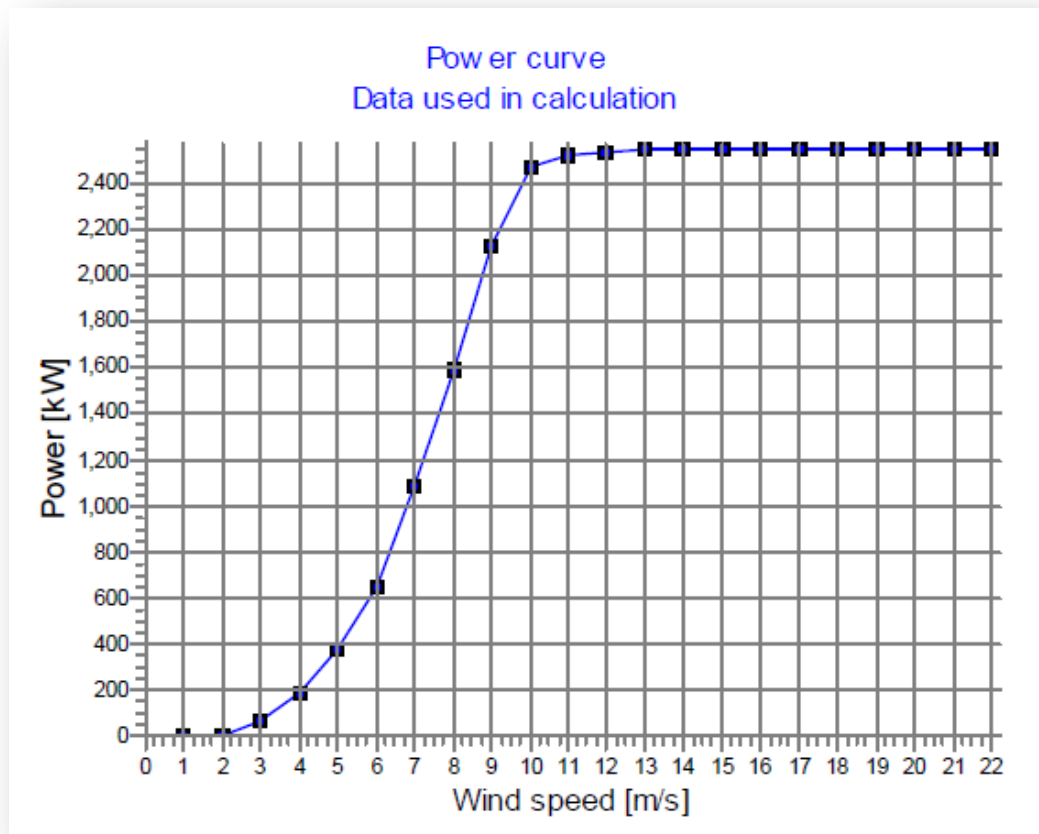


Ilustración 3 Curva de potencia teórica del aerogenerador

2.4.3 Descripción general del convertidor

El convertidor IGBT de carga completa permite una velocidad de rotor adaptable para lograr una eficiencia aerodinámica óptima a variadas velocidades de viento. Adicionalmente, da gran versatilidad al control de la potencia que será inyectada a la red por medio de un control retroalimentado desde el punto de inyección. Los principales parámetros se aprecian en la [Tabla 2]

El convertidor toma el voltaje en continua y genera la forma de onda necesaria para la conexión al sistema y el cumplimiento normativo, tanto en frecuencia (Ilustración 4, Ilustración 5) como en voltaje [Ilustración 7].

Parámetros	Unidad
Capacidad nominal	2600 KW está compuesto por dos convertidores de 1,5 MW se denominan maestro y esclavo.
Frecuencia	50 / 60 Hz
Voltaje	690 VAC (+/- 10%)
Factor de potencia	1.0
Temperatura trabajo	-30 ° C / 50 ° C
Sistema de enfriamiento	Sistema de circuito cerrado de agua forzado

Tabla 2: Parámetros del convertidor

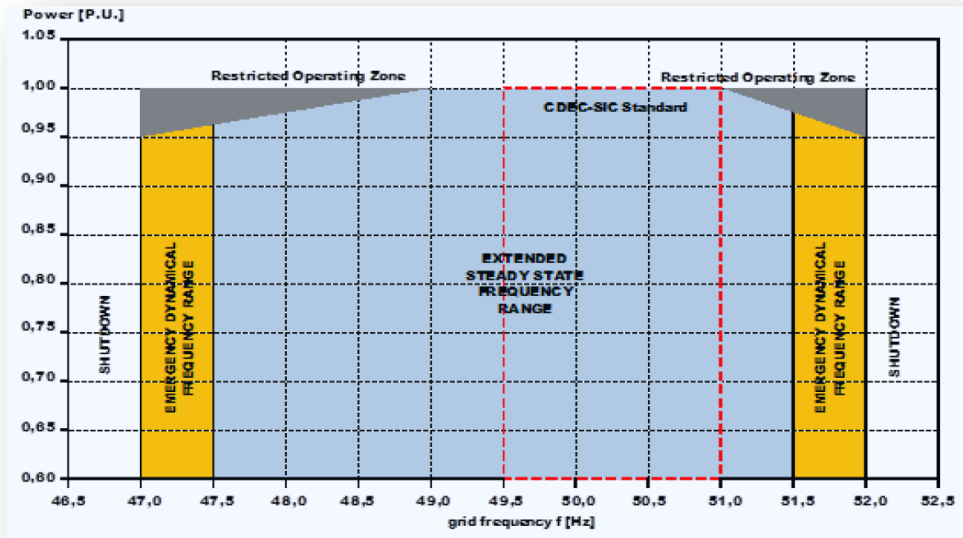


Ilustración 4: Rango de frecuencia normativa y funcional de la potencia..

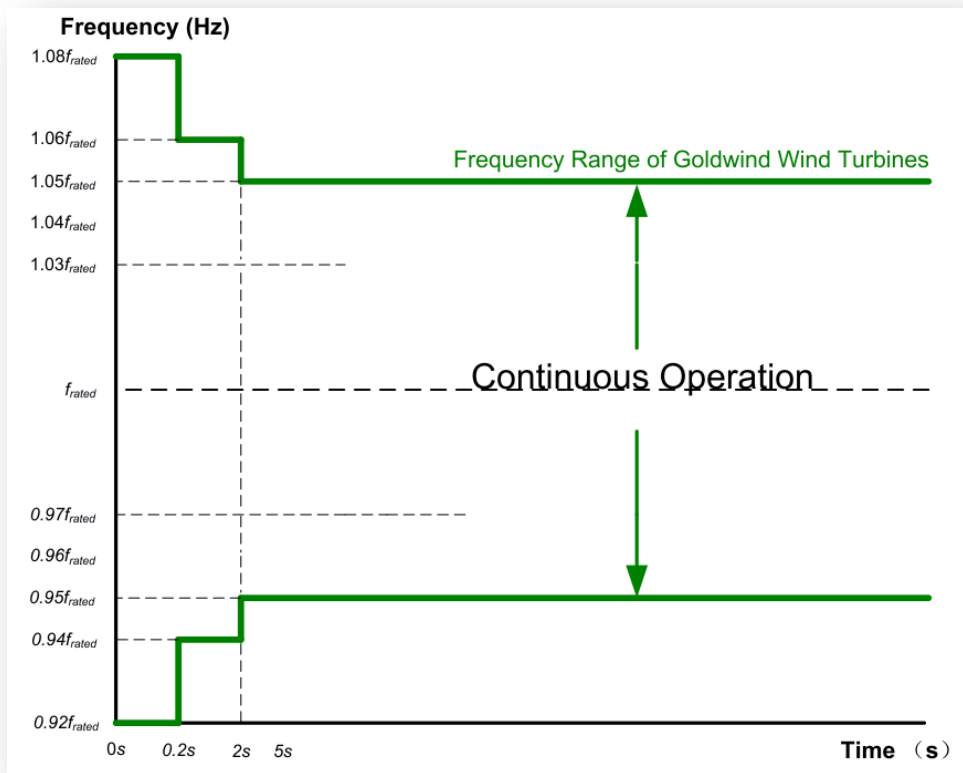


Ilustración 5: Rango de frecuencia en función del tiempo.

El convertor del aerogenerador permite un control de la potencia en un rango de 0 – 2.5 MW de potencia activa y desde -820 hasta 820kVAr, tal cual se indica en la [Ilustración 6]

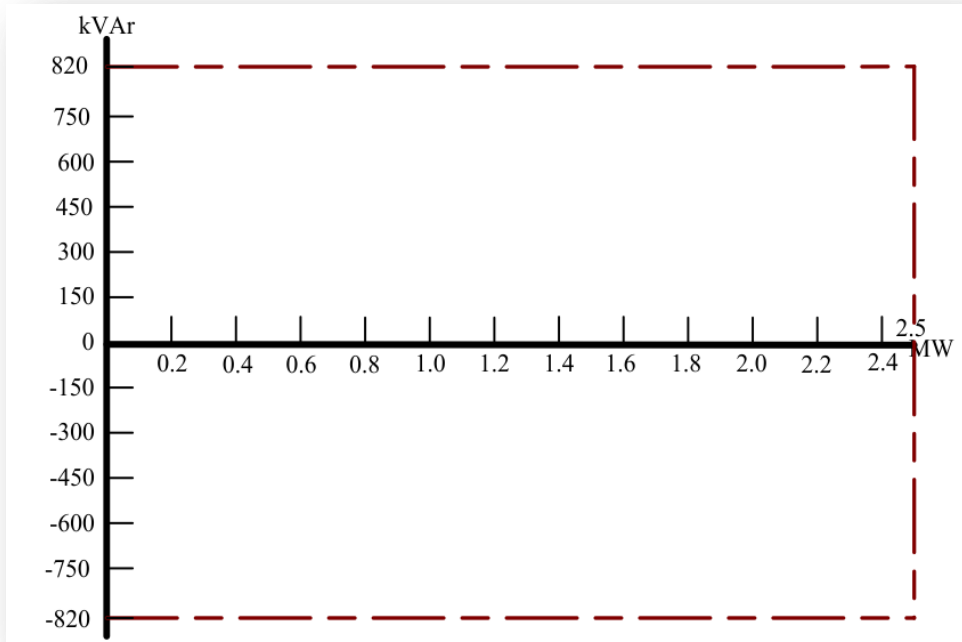


Ilustración 6: Área de control PQ

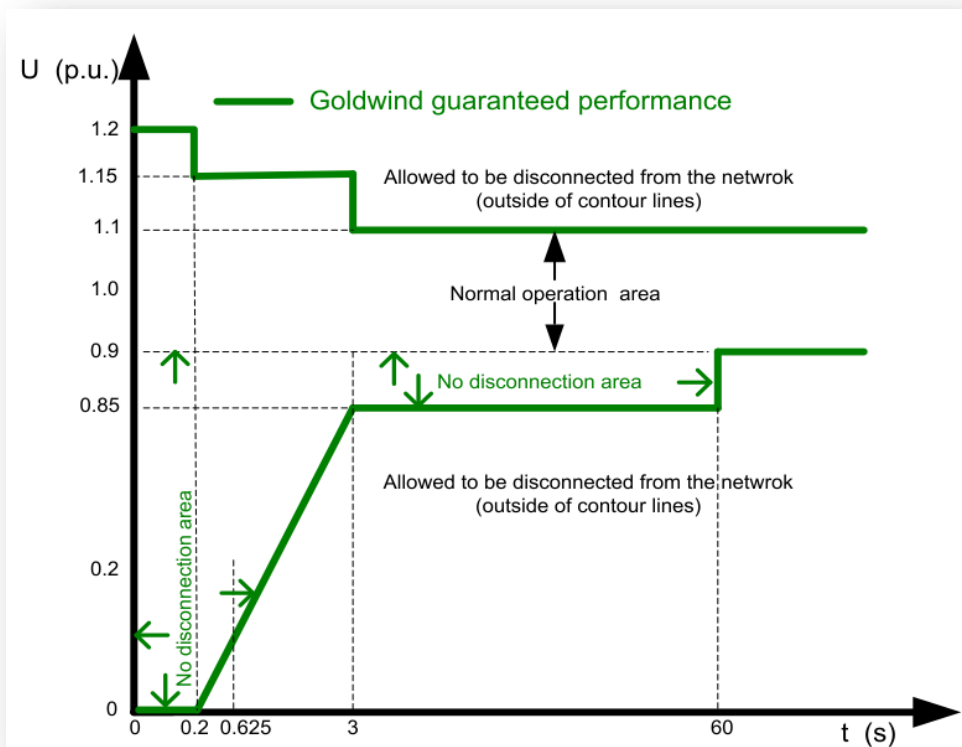


Ilustración 7: Capacidad del aerogenerador de estar conectado por cortos periodos de tiempo (LVRT/HVRT)

2.4.4 Valores garantizados por GoldWind.

Los valores que el aerogenerador pueda entregar varían según las condiciones de viento, por tanto tenemos una tabla de valores garantizados por GoldWind por contrato. Estos valores garantizados son valores promedio en un tiempo de 2 años de muestra. Es en base a estos valores que está considerado el set point máximo.

Los mínimos y máximos de potencia garantizados para PHC (Pacific Hydro Chile) a 1.225 Kg/m³:

- Máximo 2550 KW desde 13 m/s.
- Mínimo 63 (KW) a 3m/s.

2.4.5 Descripción general del sistema SCADA de generación

El proyecto Punta Sierra cuenta con dos sistemas SCADA, uno de generación que se encarga de controlar la potencia a inyectar al sistema y el de subestación. Este último es el punto de acceso para el exterior. La comunicación entre los SCADAs es por medio del protocolo 104.

Con respecto al SCADA de generación, cuenta con dos sistemas de control, uno para la potencia reactiva (VMP) y otro para la potencia activa (EMP).

Durante la prueba, todos los setpoint se realizaron de manera local en el gabinete SCADA de generación (EMP). Esto último nos permitió trabajar con un set point mínimo de 100kW, el cual es el mínimo permitido para efectos de comisionamiento y pruebas. Este valor de generación es el establecido como el valor mínimo estable por el parque eólico.

Para funcionamiento normal del parque, el mínimo permitido de manera remota es de 300kW.

2.5 Antecedentes Técnicos de la Subestación.

2.5.1 Topología de la switchgear 31,5kV

En la [Ilustración 8] puede apreciar el switch gear de 31,5kV con sus nueve celdas. Las primeras 5 corresponden a la conexión a los circuitos de generación. La celda seis es de salida y se conecta al transformador de poder. La celda 7, 8 y 10 son ZIGZAG, SSAA y Banco de condensadores

Cada aerogenerador tiene sus subestaciones unitarias de transformación (SUT) que se conectan a su correspondiente ramal. Cada ramal llega a un switchgear de 31,5kV que se conecta a su vez al transformador de potencia de 31,5/220kV

2.5.2 Topología de la subestación en 220kV

La topología de la subestación es en interruptor y medio. La SE Punta Sierra cuenta con dos diagonales completas, con redundancia de protección, control y telecomunicaciones. Una tercera media diagonal es la definida para la inyección de la potencia del parque a la red.

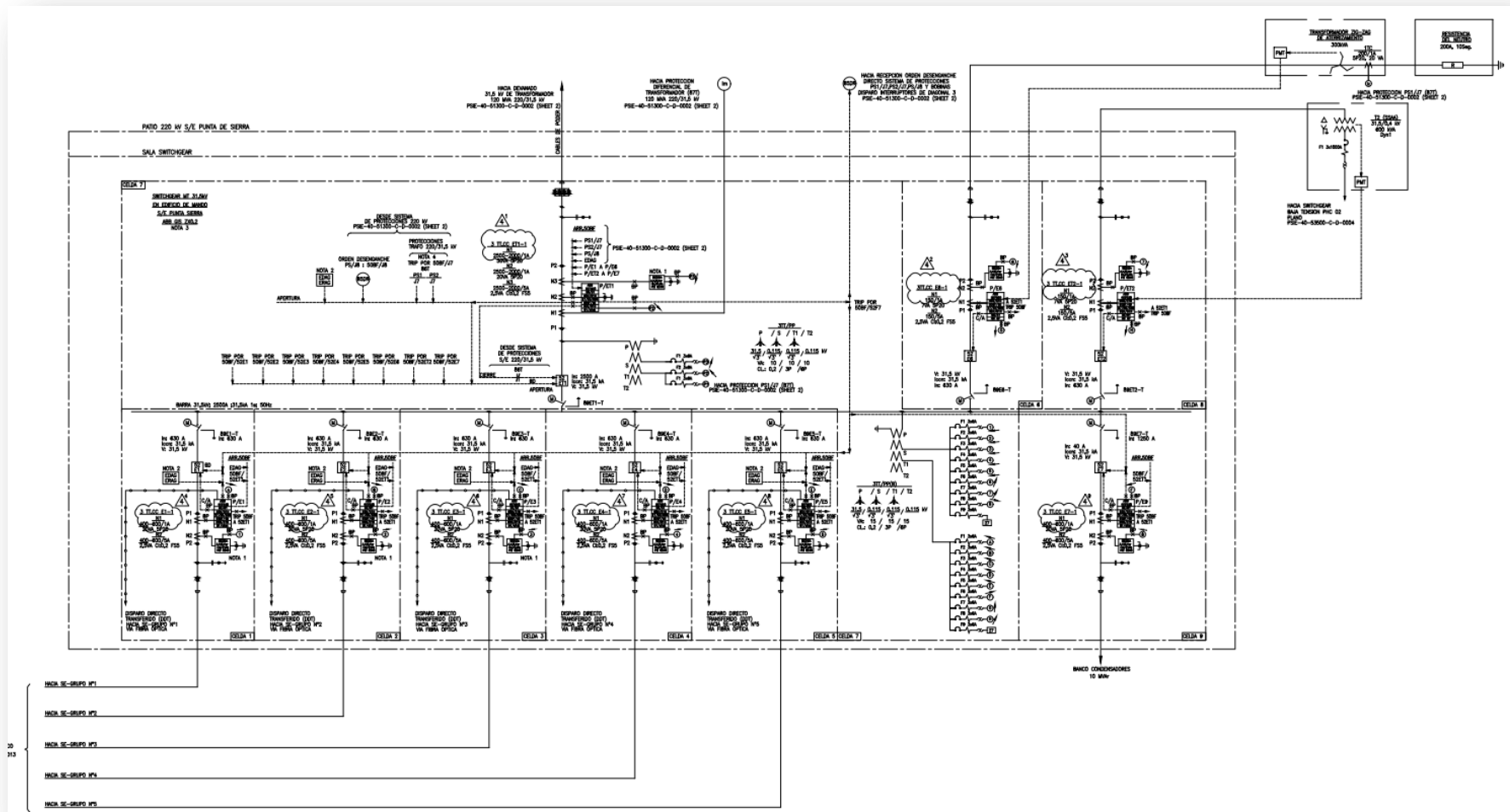


Ilustración 8: Switchgear de 31,5kV de izq. A der. Comienza la enumeración de las celdas, las primeras cinco corresponden a los circuitos de generación

2.5.3 Información Técnica del Transformador 0,690/31,5 KV

Transformador 3 fases	
Producto	TEV2750-00689
Número de serie	410067
Tipo	EV2750
Rango de potencia	2750 kVA
Temperatura de trabajo	85,0 °C
Frecuencia	50 Hz
Conexión	Dyn11

Tabla 3: Parámetros generales transformador de 0,690/31,5kV

Devanado Lado Alto Voltaje	
Clase voltaje	34,50 kV
BIL alto voltaje	150,00 kV
Voltajes	33075,0000 - 32287,5000 -
Rango de Corriente	50,4 [A]
Material conductor	Aluminio

Tabla 4: Parámetros devanado lado de alta

Devanado Lado Bajo Voltaje	
Clase de voltajes Lado baja	1,20 kV
BIL Lado Baja	30,00 kV
Voltajes LAdo baja	690 [V]
Rango de Corriente	2301,03 [A]
Material conductor	Aluminio

Tabla 5: Parámetros devanado lado de baja

2.5.4 Información Técnica del Transformador 31,5/220 KV

Datos Lado alto voltaje	
Fabricante	ABB
Tipo	GOE
Rango de capacidad	2500 A
Rango de voltaje	245 KV
Voltaje máximo del sistema	362 KV
1 minuto seco	505 KV

Tabla 6: Parámetros lado de alta.

Datos Lado Bajo Voltaje	
Fabricante	Zhida
Tipo	Porcelana solido
Rango capacidad	3150 A
Rango voltaje	35 KV
Voltaje máximo del sistema	40.5 KV
1 minuto seco	95 KV
10 minutos mojado	TBA KV

Tabla 7: Parámetros lado de baja

3. Prueba de Mínimo Técnico:

3.1 Metodología de la Prueba

Durante esta época se presentan condiciones óptimas de viento y los momentos de mínimo constante durante un día son difíciles de lograr. Por ende, se configuró el set point mínimo controlable y estable del parque eólico. Se condicionó una turbina a un máximo de 100kW durante el día. Se considera que el mínimo se alcanzará con solo una turbina en funcionamiento y por tanto las pruebas se ejecutan sobre solo una turbina.

La prueba consistió en monitorear la potencia mínima generada mediante los sistemas de control y adquisición de datos (SCADA) que cuenta el parque eólico Punta Sierra realizando mediciones para una turbina de viento en particular, de manera de contrastar los valores esperados con los obtenidos durante las pruebas.

Como resultado de estas pruebas será posible determinar la potencia mínima y estable a inyectar por el parque eólico Punta Sierra.

3.2 Condiciones Previas a la Prueba.

Con fecha 7 de noviembre de 2018 se realizaron pruebas para la determinación del mínimo técnico para el parque eólico.

Al momento de realizar las pruebas el parque eólico se encontraba con sus 32 aerogeneradores en funcionamiento sin presentar detenciones ni averías durante la prueba.

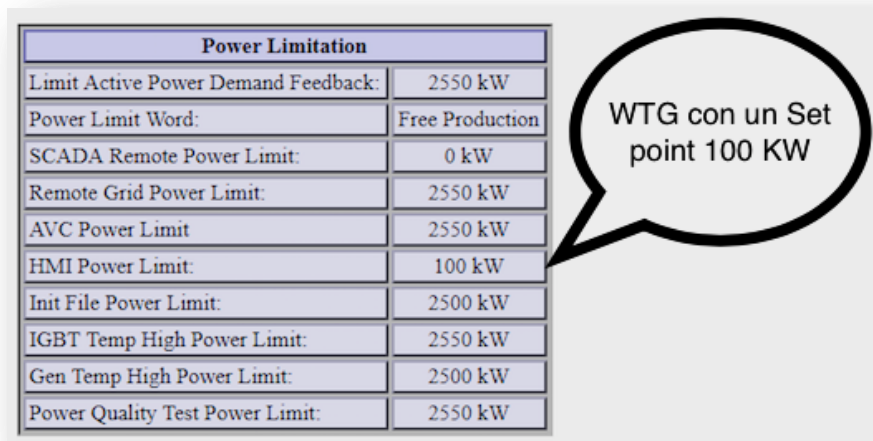
Durante las horas que duro es test las condiciones climáticas promedio fueron de 13,6 ° C temperatura ambiente y 4.06 m/s la velocidad del viento promedio a los 10 minutos.

El set point fue de manera local desde el gabinete de control de generación EMP.

3.3 Descripción de la Prueba

Se seleccionó la turbina numero 1 (WTG 01) para realizar las pruebas de mínimo técnico. Con esta turbina

En la Ilustración 9 se indica el ingreso de consigna de 100 KW de generación para WTG -01 mediante el sistema HMI. Lo cual se mantuvo desde las 18:00 de 07 Noviembre hasta las 9:00 horas de 08 Noviembre, produciendo a un mínimo de su capacidad nominal.



Power Limitation	
Limit Active Power Demand Feedback:	2550 kW
Power Limit Word:	Free Production
SCADA Remote Power Limit:	0 kW
Remote Grid Power Limit:	2550 kW
AVC Power Limit	2550 kW
HMI Power Limit:	100 kW
Init File Power Limit:	2500 kW
IGBT Temp High Power Limit:	2550 kW
Gen Temp High Power Limit:	2500 kW
Power Quality Test Power Limit:	2550 kW

Ilustración 9: Configuración local de la turbina.

En la [Ilustración 10] se muestra la generación y el viento en función del viento. Luego de ingresar el SET POINT de 100 KW se comienza a controlar la generación decreciendo su potencia de 50 KW/s hasta alcanzar el valor de consigna ingresado.

La prueba para el cálculo de mínimo técnico, comenzando a las 17:50 horas del día 7 Noviembre generando valores cercanos a la consigna ingresada. Potencia activa 93.87 KW, Velocidad del viento 5.13 m/s. Finalizando a las 03:00 horas del día 8 Noviembre generando valores cercanos al set point ingresado por al menos 9 horas continuas, luego desconectándose por falta de recurso eólico menores de 3 m/s. En el anexo 2 se encuentran los valores de la prueba de mínimo técnico.

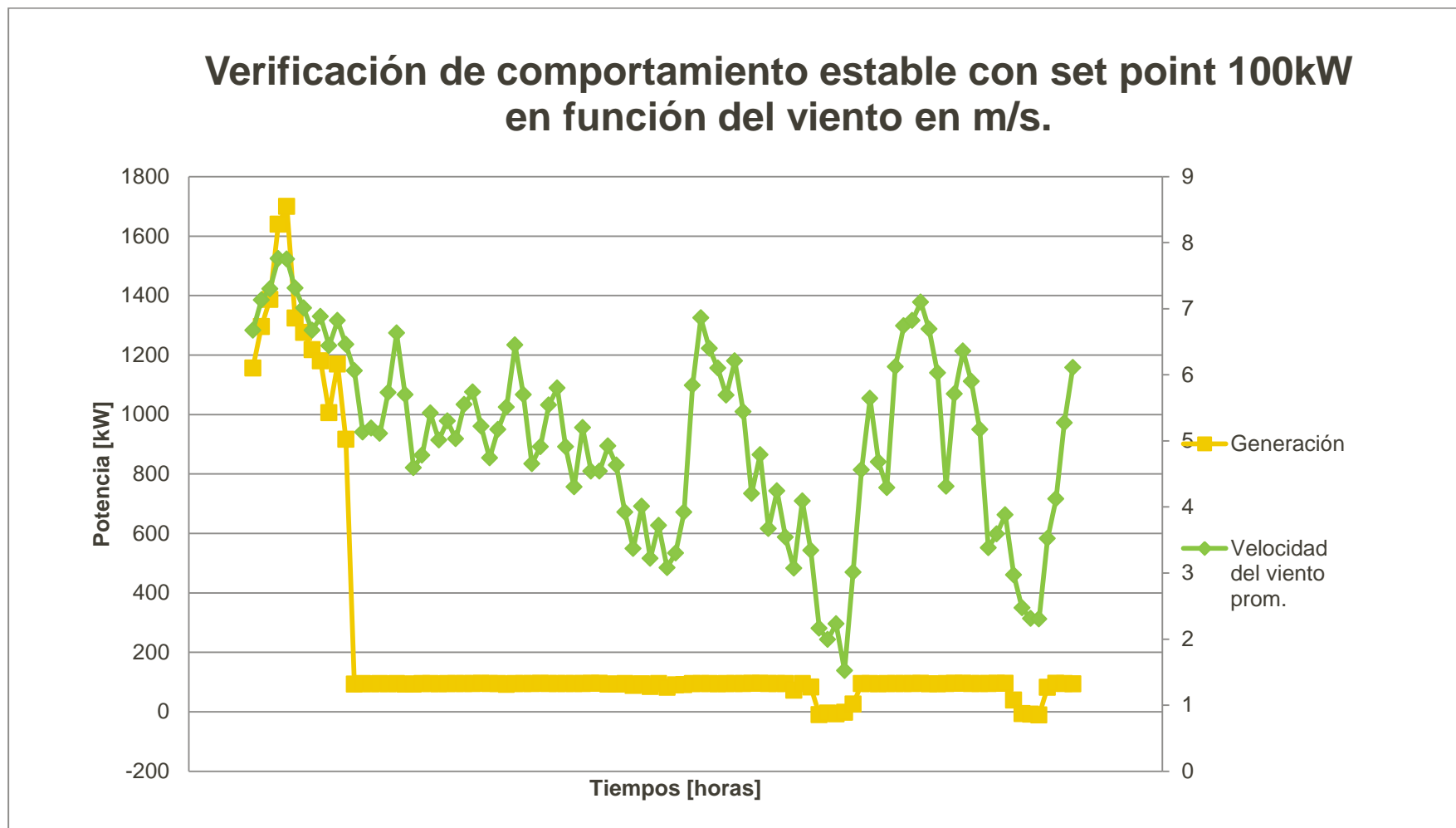


Ilustración 10: Gráfica de potencia durante un día de prueba desde las 18:00 de 07 Noviembre hasta las 9:00 horas de 08 Noviembre. En verde la potencia del viento disponible (Eje “y” izq.. kW) y en amarillo la potencia generada (Eje “y” der.. m/s). En momentos donde baja de los 3 m/s la turbina no es capaz de controlar de manera estable la potencia inyectada al sistema.

4. Análisis de Resultados

La turbina se comportó acorde a lo esperado, trabajando de forma continua de acuerdo al set point ingresado de 100 KW. Del anexo 2 podemos apreciar que para valores cercanos a los 3 m/s la turbina produjo valores muy cercano a los 63 KW, valor determinado por diseño y garantizado por GoldWind. (Se registraron valores menores pero fueron en pasos previos a desconexiones).

Cabe descartar que la turbina se vuelve inestable bajo los 3 m/s por lo cual se desconecta y queda a la espera de recurso eólico.

Velocidad viento (m/s)	Mínimo Observado durante las pruebas (KW)
3.07	71.68

Tabla 8: Mínimo observado durante las pruebas.

5. Conclusión

Después de realizar esta prueba registrando los datos de vientos y potencia activa producida por el aerogenerador WTG-01 podemos concluir que la producción mínima del parque eólico Punta Sierra queda determinada por las condiciones del viento. Por tanto, si la condición de viento es menor a 3 m/s para el parque, las turbinas dejarán de producir, lo que implica un mínimo técnico de 0kW.

Por otro lado es importante destacar los diferentes mínimos de seguridad y garantía aclarados durante este informe:

Mínimo garantizado por GoldWind:	63kW (<i>Capacidad de la máquina</i>)
Mínimo observado:	71,68kW (<i>Observado durante las pruebas</i>)
Mínimo set point local:	100kW (<i>Solo comisionamiento y pruebas</i>)
Mínimo set point remoto:	300kW (<i>Funcionamiento normal del parque</i>)

6. ANEXO 1: Información Técnica Aerogenerador GW121/2500

Nº	Parámetro o modelo	GW121 / 2500
1	Parámetros nominales	2500 KW
2	Diámetro del rotor	121 m
3	Área barrido	11595 m ²
4	Altura de buje	90 m
5	Velocidad nominal	13.5 rpm
6	Velocidad nominal del viento (densidad estándar del viento)	9.3 m/s
7	Velocidad de conexión del viento	3 m/s
8	Velocidad de desconexión del viento (velocidad promedio del viento en 10 min)	25 m/s
9	Velocidad extremadamente alta del viento (velocidad promedio del viento en 3 s)	52.5 m/s
10	Rango de temperatura de funcionamiento	-30 -- + 40 ° C
11	Temperatura de supervivencia	-40 ---+ 60 ° C
12	Clase de zona eólica	IECB
13	Control de potencia	Control de paso variable, de velocidad variable.
14	Vida útil de diseño	20 años
15	Criterios de diseño de la protección contra rayos	De conformidad con las directivas IEC_61400-24-2010 y en cumplimiento de la directiva GL para la certificación de turbinas eólicas.

7. ANEXO 2: Resultados Prueba de Mínimo Técnico

Fecha	T1 - Avg Wind Speed (m/s)	T1 - Avg Active power (kW)
2018-11-07 15:40:00	6.67	1155.78
2018-11-07 15:50:00	7.13	1295.02
2018-11-07 16:00:00	7.30	1386.64
2018-11-07 16:10:00	7.76	1639.82
2018-11-07 16:20:00	7.75	1699.76
2018-11-07 16:30:00	7.31	1324.16
2018-11-07 16:40:00	7.01	1275.58
2018-11-07 16:50:00	6.67	1217.35
2018-11-07 17:00:00	6.88	1179.49
2018-11-07 17:10:00	6.44	1005.76
2018-11-07 17:20:00	6.82	1169.02
2018-11-07 17:30:00	6.46	916.37
2018-11-07 17:40:00	6.06	92.58
2018-11-07 17:50:00	5.13	93.87
2018-11-07 18:00:00	5.19	93.65
2018-11-07 18:10:00	5.11	94.17
2018-11-07 18:20:00	5.73	93.35
2018-11-07 18:30:00	6.63	94.00
2018-11-07 18:40:00	5.70	92.00
2018-11-07 18:50:00	4.59	92.57
2018-11-07 19:00:00	4.78	94.42
2018-11-07 19:10:00	5.42	93.78
2018-11-07 19:20:00	5.01	93.28
2018-11-07 19:30:00	5.30	94.21
2018-11-07 19:40:00	5.03	94.31
2018-11-07 19:50:00	5.55	93.79
2018-11-07 20:00:00	5.74	94.38
2018-11-07 20:10:00	5.22	94.76
2018-11-07 20:20:00	4.74	94.33
2018-11-07 20:30:00	5.17	94.65
2018-11-07 20:40:00	5.51	91.53
2018-11-07 20:50:00	6.45	94.38
2018-11-07 21:00:00	5.70	94.64
2018-11-07 21:10:00	4.65	94.40
2018-11-07 21:20:00	4.91	94.70
2018-11-07 21:30:00	5.54	94.51
2018-11-07 21:40:00	5.80	94.58
2018-11-07 21:50:00	4.91	94.27
2018-11-07 22:00:00	4.30	94.47
2018-11-07 22:10:00	5.20	94.62
2018-11-07 22:20:00	4.54	94.83
2018-11-07 22:30:00	4.54	94.86

2018-11-07 22:40:00	4.92	92.88
2018-11-07 22:50:00	4.63	92.82
2018-11-07 23:00:00	3.92	94.17
2018-11-07 23:10:00	3.37	88.40
2018-11-07 23:20:00	4.01	93.66
2018-11-07 23:30:00	3.22	84.55
2018-11-07 23:40:00	3.72	94.47
2018-11-07 23:50:00	3.08	81.93
2018-11-08 00:00:00	3.30	90.18
2018-11-08 00:10:00	3.92	90.22
2018-11-08 00:20:00	5.84	94.60
2018-11-08 00:30:00	6.86	94.41
2018-11-08 00:40:00	6.40	94.31
2018-11-08 00:50:00	6.10	92.94
2018-11-08 01:00:00	5.69	93.96
2018-11-08 01:10:00	6.21	94.32
2018-11-08 01:20:00	5.44	94.50
2018-11-08 01:30:00	4.20	94.68
2018-11-08 01:40:00	4.79	94.84
2018-11-08 01:50:00	3.67	94.56
2018-11-08 02:00:00	4.24	94.13
2018-11-08 02:10:00	3.54	94.06
2018-11-08 02:20:00	3.07	71.68
2018-11-08 02:30:00	4.09	93.78
2018-11-08 02:40:00	3.34	82.87
2018-11-08 02:50:00	2.16	-10.26
2018-11-08 03:00:00	1.99	-5.42
2018-11-08 03:10:00	2.23	-7.71
2018-11-08 03:20:00	1.52	-2.34
2018-11-08 03:30:00	3.01	25.21
2018-11-08 03:40:00	4.56	93.81
2018-11-08 03:50:00	5.64	94.37
2018-11-08 04:00:00	4.68	93.70
2018-11-08 04:10:00	4.29	94.04
2018-11-08 04:20:00	6.12	93.82
2018-11-08 04:30:00	6.74	94.62
2018-11-08 04:40:00	6.82	94.43
2018-11-08 04:50:00	7.10	94.83
2018-11-08 05:00:00	6.69	92.93
2018-11-08 05:10:00	6.03	93.29
2018-11-08 05:20:00	4.31	93.99
2018-11-08 05:30:00	5.71	94.72
2018-11-08 05:40:00	6.36	95.15
2018-11-08 05:50:00	5.90	94.65
2018-11-08 06:00:00	5.17	94.65
2018-11-08 06:10:00	3.38	94.58

2018-11-08 06:20:00	3.59	94.86
2018-11-08 06:30:00	3.88	95.07
2018-11-08 06:40:00	2.97	38.77
2018-11-08 06:50:00	2.47	-7.03
2018-11-08 07:00:00	2.31	-8.75
2018-11-08 07:10:00	2.30	-11.47
2018-11-08 07:20:00	3.52	82.07
2018-11-08 07:30:00	4.12	94.74
2018-11-08 07:40:00	5.27	94.65
2018-11-08 07:50:00	6.11	93.69