



Enel Green Power Chile  
 Technical & Maintenance  
 Services

CODICE - CODE

GRE.CHL.OEM.IT.017.2B

PAGINA - PAGE

1 di/of 13

**TITLE:**

**AVAILABLE LANGUAGE: SP**

# INFORME TÉCNICO

## DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED by	COLLABORATORS	VERIFIED by	VALIDATED by
1B	03/04/19	Observaciones Coordinador Eléctrico Nacional	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO
1B	31/08/18	Observaciones Coordinador Eléctrico Nacional	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO
0B	30/08/17	Technical Report	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO

PROJECT / PLANT <b>Parque Eólico Talinay Oriente</b>	<b>EGP CODE</b>														
	GROUP			COUNTRY			AREA			TYPE		PROGRESSIVE	REVISION		
	<b>G</b>	<b>R</b>	<b>E</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>L</b>	<b>O</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>I</b>	<b>T</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>2</b>

<b>CLASSIFICATION</b>	PUBLIC	<input checked="" type="checkbox"/>	CONFIDENTIAL	<input type="checkbox"/>	<b>UTILIZATION</b> <b>SCOPE</b>	BOP TENDER
	COMPANY	<input type="checkbox"/>	RESTRICTED	<input type="checkbox"/>		

*This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.*



**ÍNDICE**

1 RESUMEN EJECUTIVO .....	3
2 ASPECTO NORMATIVO .....	3
3 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO DEL PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE .....	4
4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DEL PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE .....	8
5 ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DEL PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE .....	9
6 JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE .....	9
7 CONSUMO DE POTENCIA EN SISTEMAS AUXILIARES EN CADA ETAPA Y CON SU RESPECTIVO TIEMPO.....	10
8 CONCLUSIONES.....	12

## 1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene por finalidad establecer los parámetros de los procesos de partida y detención del Parque Eólico Talinay Oriente, basado en los criterios establecidos en el ANEXO TÉCNICO: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DE UNIDADES GENERADORAS.

## 2 ASPECTO NORMATIVO

El Anexo Técnico de Determinación de Parámetros para los procesos de partida y detención de unidades Generadoras, establece en su Artículo 10 que la Empresa Generadora deberá proporcionar a la DO los antecedentes que respaldan los parámetros de los procesos de partida y detención informados, incluyendo los supuestos y metodologías utilizadas para establecer dicho valor, los que deberán recoger las recomendaciones entregadas por el fabricante y antecedentes operativos que hayan sido registrados durante la operación de la respectiva unidad generadora.

El Informe Técnico que respalda los parámetros de partida y detención, consiste en un documento que describe los registros de operación, supuestos, metodologías, alcances de la aplicación de estas metodologías, y conclusiones bajo los cuales se establecieron dichos parámetros.

Este informe debe contener, al menos, la siguiente información:

- a) Información técnica, recomendaciones del fabricante y antecedentes internacionales de unidades de similares características.
- b) Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- c) Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.

### 3 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO DEL PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE

El parque eólico Talinay Oriente está compuesto por 30 aerogeneradores Vestas modelo V90 de 2000 [kW] de potencia nominal y 15 aerogeneradores Vestas modelo V100 de 2000 [kW], los que totalizan una potencia de 90 [MW]. Estos aerogeneradores se vinculan a la red de 33 [kV] a través de transformadores de 33/0.69/0.48 [kV] y luego mediante siete circuitos colectores se conectan a la S/E Elevadora Talinay. A continuación se muestra el diagrama unilineal del parque:

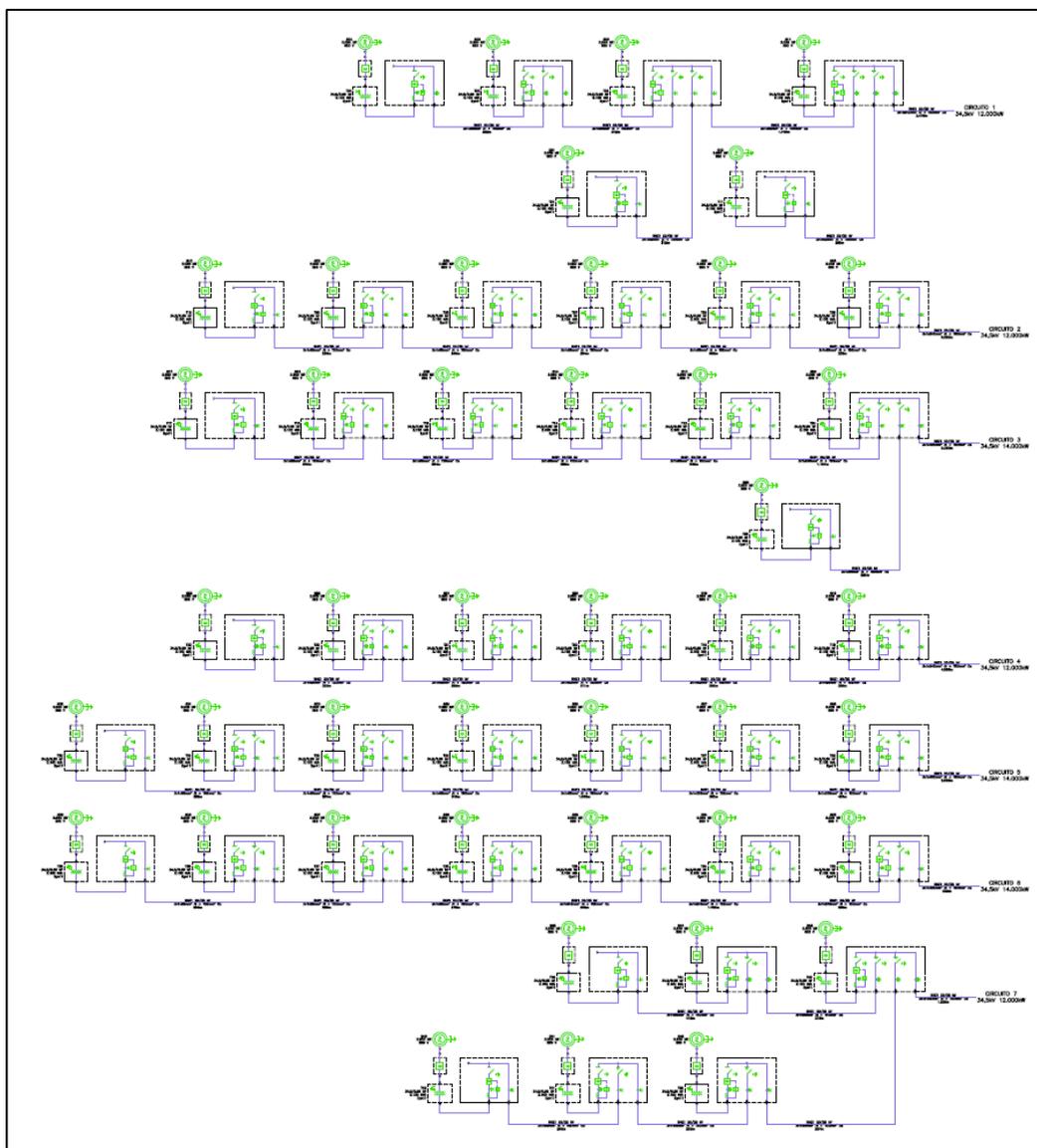


Figura 1: Diagrama unilineal Parque Eólico Talinay Oriente.

Los aerogeneradores que conforman el Parque Eólico Talinay Oriente son del tipo asíncronos, doblemente alimentados (DFIG) y el estator cuenta con la posibilidad de estar conectado en estrella durante el arranque o en funcionamiento a baja potencia. El rotor se alimenta a través de un conjunto rectificador/inversor encargado del control de cada unidad.

Un resumen de las especificaciones técnicas generales de ambos tipos de aerogeneradores se indica a continuación:

Generator V90-2.0 MW	
Type Description	Asynchronous with wound rotor, slip rings and VCS
Rated Power (PN)	2.0 MW
Rated Apparent Power	2.08 MVA (Cosφ = 0.96)
Frequency	50 Hz
Voltage, Generator	690 Vac
Voltage, Converter	480 Vac
Number of Poles	4
Winding Type (Stator/Rotor)	Random/Form
Winding Connection, Stator	Star/Delta
Rated Efficiency (Generator only)	> 97%
Power Factor (cos)	0.96 ind-0.98 cap
Overspeed Limit According to IEC (2 Minute)	2900 rpm
Vibration Level	≤ 1.8 mm/s
Weight	Approximately 7500 kg

Tabla 1: Especificaciones generales aerogenerador Vestas V90 2 MW

Generator	
Type Description	Asynchronous with wound rotor, slip rings and VCS
Rated Power (PN)	1.8 MW-2.0 MW
Rated Apparent Power	2.0 MVA (Cosφ = 0.9)
Frequency	50 Hz
Voltage, Generator	690 Vac
Voltage, Converter	480 Vac
Number of Poles	4
Winding Type (Stator/Rotor)	Random/form
Winding Connection, Stator	Star/delta
Rated Efficiency (Generator Only)	> 97%
Power Factor (cos) 1.8 MW	0.90 ind-0.95 cap
Power Factor (cos) 2.0 MW	0.96 ind-0.98 cap
Overspeed Limit According to IEC (2 minute)	2900 rpm
Vibration Level	≤ 1.8 mm/s
Weight	Approximately 7500 kg
Generator Bearing – Temperature	Two PT100 sensors
Generator Stator Windings – Temperature	Three PT100 sensors placed at hot spots and three as backup

Tabla 2: Especificaciones generales aerogenerador Vestas V100 2 MW

Con respecto a los transformadores de conexión de los aerogeneradores, a continuación se indica sus especificaciones generales:

Transformer	
Type Description	Dry-type cast resin
Primary Voltage	6.0-35.0 kV
Rated Power	2100 kVA
Secondary Voltage 1	690 V
Rated Power 1 at 690 V	1900 kVA
Secondary Voltage 2	480 V
Rated Power 2 at 480 V	200 kVA
Vector Group	Dyn5 (option YNyn0)
Frequency	50 Hz
HV-Tappings	± 2 x 2.5 % off-circuit
Insulation Class	F
Climate Class	C2
Environmental Class	E2
Fire Behaviour Class	F1

Tabla 3: Especificaciones generales transformadores de conexión de aerogeneradores.

En el siguiente diagrama se muestra la curva de viento potencia de los aerogeneradores Vestas V90 y V100. En este diagrama, se muestra que el aerogenerador Vestas V90 comienza a generar energía a partir de una velocidad de viento de 4 [m/s], lo cual corresponde a una potencia mínima de 68 [kW], suponiendo una densidad de aire de 1 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el aerogenerador Vestas V100 comienza a generar energía a partir de una velocidad de viento de 3 [m/s], lo cual corresponde a una potencia mínima de 10 [kW], suponiendo una densidad de aire de 1 kg/m<sup>3</sup>. El detalle de estas curvas se muestra en el Anexo I del presente informe.

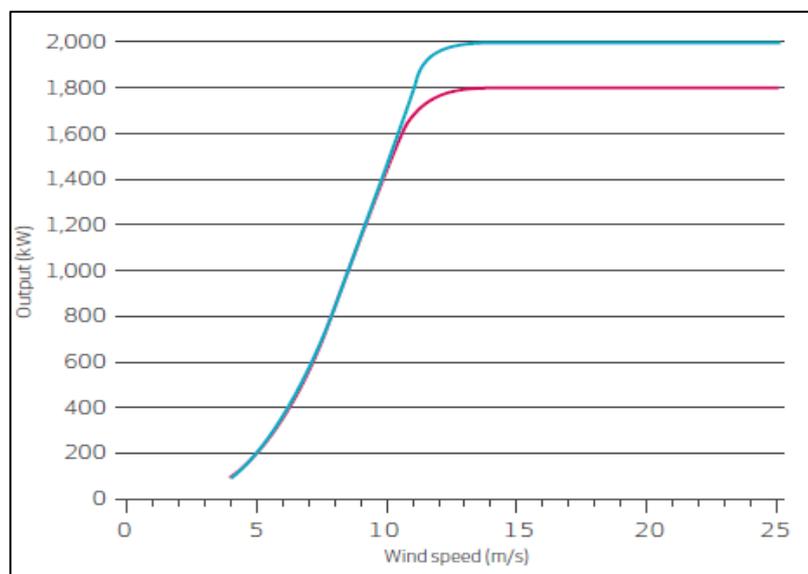


Figura 2: Curva viento-velocidad aerogenerador Vestas V90

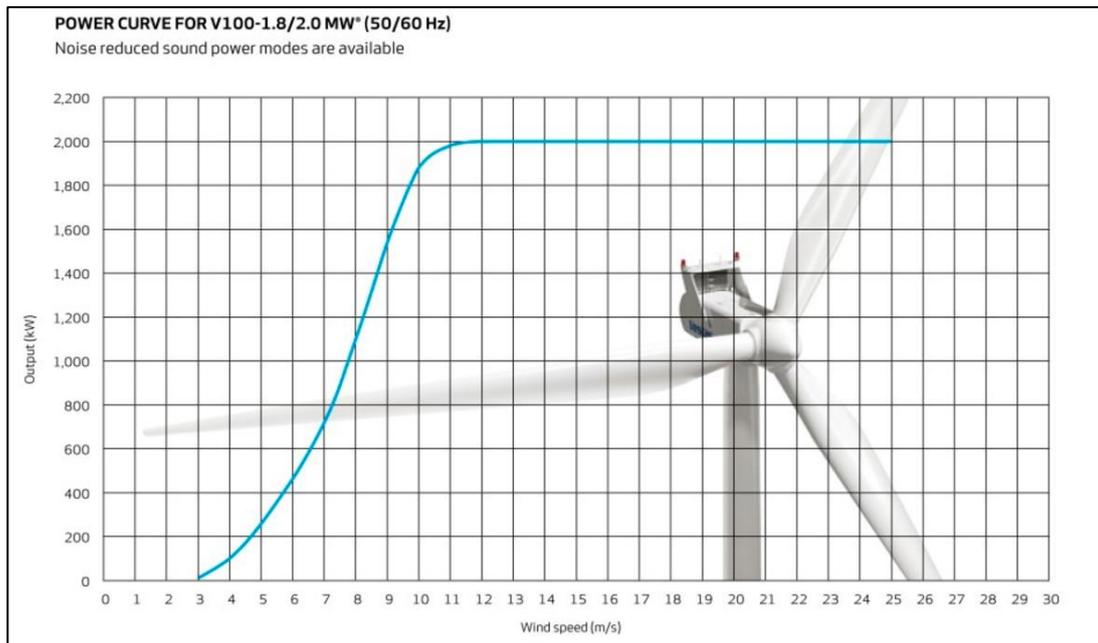


Figura 3: Curva viento-velocidad aerogenerador Vestas V100

Con respecto a las potencias de los consumos propios de los aerogeneradores, estos corresponden a un monto de 270 [kW], mientras que los servicios auxiliares del parque corresponden a un monto de 124 [kW], totalizando un consumo propio de 394 [kW], correspondiente al 0.4% de la potencia del parque.

En el siguiente link, se adjunta la siguiente información:

- Especificaciones generales del aerogenerador Vestas V90
- Especificaciones generales del aerogenerador Vestas V100
- Curva de viento-potencia Vestas V90.
- Curva de viento-potencia Vestas V100.
- Diagrama unilineal simplificado Parque Eólico Talinay Oriente.
- Estudio de modelación dinámica del Parque.

[https://1drv.ms/f/s!Ak9l\\_F8KfWRY0mn-mMGgNVJHrAij](https://1drv.ms/f/s!Ak9l_F8KfWRY0mn-mMGgNVJHrAij)

#### **4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DEL PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE**

El 12 de Julio de 2017, se realizaron los ensayos de medición de los tiempos de partida y detención de los aerogeneradores del parque eólico Talinay Oriente. Los ensayos consistieron en pausar y dar orden de arranque a los aerogeneradores, de manera de realizar la medida del tiempo que toma el aerogenerador en pausarse o arrancar. Luego de pausar el aerogenerador y alcanzar los 0 [MW] de generación, se procedió a dar orden de arranque de manera de tomar la medida del tiempo de partida del aerogenerador. De acuerdo a las mediciones realizadas, se constata que el tiempo de detención es de 0 [min], mientras que el tiempo de partida, desde que se da orden de arranque al aerogenerador hasta que está en condiciones de sincronizar puede variar entre 2 [min] y 5 [min], dependiendo de las condiciones del aerogenerador al momento de arrancar. Una vez que el aerogenerador sincroniza a la red, este inmediatamente toma su valor de mínimo técnico, el cual, de acuerdo a su curva de viento-potencia, corresponde a 68 [kW] en el caso del aerogenerador Vestas V90 y 10 [kW] en el caso del aerogenerador Vestas V100.

El tiempo desde orden de arranque hasta el tiempo de sincronización, consiste en el lapso de tiempo en que el sistema de control del aerogenerador realiza las siguientes tareas:

- Chequeo de variables mecánicas e hidráulicas del aerogenerador.
- Chequeo de orientación de la nacelle.
- Chequeo de ángulos de orientación de las palas del aerogenerador (ángulo de pitch).
- Tiempo de pasar de modo stop a modo pausa.
- Tiempo de pasar de modo pausa a modo run.



## 5 ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DEL PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE

Los siguientes antecedentes de operación, consisten en las medidas de potencia y vientos tomados el 11 de julio de 2017, en los que se muestran distintos niveles de generación para diferentes velocidades de viento registrados. De acuerdo a los valores registrados, se constata que el parque eólico Talinay Oriente tiene una producción de acuerdo a la curva de viento-potencia garantizada por el fabricante.

Dichos antecedentes se encuentran en el siguiente link:

[https://1drv.ms/f/s!Ak9l\\_F8KfWRY0nAhTghT3f3wOD-R](https://1drv.ms/f/s!Ak9l_F8KfWRY0nAhTghT3f3wOD-R)

## 6 JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PARQUE EÓLICO TALINAY ORIENTE

De acuerdo al registro de potencia en función del viento, se constata que los aerogeneradores Vestas V90 y Vestas V100 pueden funcionar en todo el rango definido en su curva de viento-potencia, por lo que no han realizado hallazgos de inestabilidad.

## **7 CONSUMO DE POTENCIA EN SISTEMAS AUXILIARES EN CADA ETAPA Y CON SU RESPECTIVO TIEMPO**

De acuerdo a lo especificado en el Artículo 6 del Anexo Técnico "Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras" se indican a continuación los datos de consumos auxiliares del parque eólico Talinay Oriente, para los distintos estados de partida o detención:

- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida.
  - El parque eólico Talinay Oriente no utiliza ningún tipo de combustible en sus procesos de partida y detención.
  
- Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida.
  - Durante el proceso de partida del parque eólico Talinay Oriente, los aerogeneradores necesitan de una potencia aproximada de 6 [kW]. Por lo tanto, la energía consumida en servicios auxiliares, considerando la puesta en marcha simultánea de todos los aerogeneradores del parque, se puede desglosar de la siguiente manera:
    - Desde el inicio del proceso de partida hasta sincronización: 22.5 [kWh].
    - Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico: 0 [kWh].
    - Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal: 4.5 [kWh].
  
- Tiempo requerido para el proceso de partida: De acuerdo a lo indicado en el punto 6 del presente informe, el tiempo requerido para el proceso de partida, entendiéndose dicho tiempo como el tiempo requerido desde que se le da orden de arranque a la unidad hasta que esta queda sincronizada y en un valor estable de mínimo técnico, es de 5 minutos. Este tiempo se puede desglosar de la siguiente manera:
  - Desde el inicio del proceso de partida hasta sincronización: 5 [min].
  - Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico: 0 [min].

- Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal: 1 [min] considerando una tasa de toma de carga de 2 [MW/min] por aerogenerador.
- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención.
  - El parque eólico Talinay Oriente no utiliza ningún tipo de combustible en sus procesos de partida y detención.
- Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención.
  - Durante el proceso de detención del parque eólico Talinay Oriente, los aerogeneradores necesitan de una potencia aproximada de 4.5 [kW].
- Tiempo requerido para el proceso de detención: de acuerdo a lo indicado en el punto 6 del presente informe, considerando el proceso de detención de la unidad generadora como aquel que permite que la unidad deje de entregar energía al sistema, partiendo desde punto de operación a Mínimo Técnico hasta quedar en estado apagado, el tiempo requerido es de 0 minutos. Este tiempo se puede desglosar de la siguiente manera:
  - Desde la operación a potencia nominal hasta la desconexión: 1 [min], considerando una tasa de bajada de carga de 2 [MW/min] por aerogenerador.
  - Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención: 0 [min].
- Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida: El parque eólico Talinay Oriente no requiere de ningún proceso de estabilización, por lo tanto, el tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse es de 0 [min].

El resumen de parámetros de partida y detención del parque eólico Talinay Oriente se indican en el Anexo N°1 del presente informe.

## 8 CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto en el punto 4 del presente informe, se concluye que el parámetro de detención del Parque Eólico Talinay Oriente es de 0 [min], mientras que el parámetro de tiempo de partida del Parque Eólico Talinay Oriente es de 5 [min], desde que el operador emite la orden de partida o la orden de detención.

Los principales resultados se presentan en la siguiente tabla:

<b>Parámetro</b>	<b>Parque Eólico Talinay Oriente</b>
<b>Tiempo de Partida</b>	5 [min]
<b>Tiempo de Detención</b>	0 [min]

Tabla 4: Tiempos de partida y detención Parque Eólico Talinay Oriente.

