



Enel Green Power Chile  
 Technical & Maintenance  
 Services

CODICE - CODE

GRE.CHL.OEM.IT.013.1B

PAGINA - PAGE

1 di/of 13

**TITLE:**

**AVAILABLE LANGUAGE: SP**

# INFORME TÉCNICO

## DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE FOTOVOLTAICO LALACKAMA

1B	03/04/19	Observaciones Coordinador Eléctrico Nacional	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO
0B	15/11/17	Technical Report	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED by	COLLABORATORS	VERIFIED by	VALIDATED by
<b>PROJECT / PLANT</b>		<b>EGP CODE</b>				
Parque Fotovoltaico Lalackama		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>3</b>	<b>1</b>
		<b>B</b>				
<b>CLASSIFICATION</b>		PUBLIC <input checked="" type="checkbox"/>	CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/>		<b>UTILIZATION</b>	
COMPANY <input type="checkbox"/>		RESTRICTED <input type="checkbox"/>		BOP TENDER		
				<b>SCOPE</b>		
<p><i>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.</i></p>						



**ÍNDICE**

1 RESUMEN EJECUTIVO .....	3
2 ASPECTO NORMATIVO .....	3
3 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LALACKAMA .....	4
4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LALACKAMA .....	8
5 ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LALACKAMA .....	9
6 JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LALACKAMA .....	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 Fotovoltaico Lalackama, 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 FOTOVOLTAICO LALACKAMA

El parque fotovoltaico Lalackama está compuesto por 96 inversores de 750 [kVA] de potencia nominal cada uno, conformando un total de 72 [MW]. Los inversores son provistos por el fabricante Santerno, modelo Sunway TG760V 1000 V TE-360 OD. Estos inversores se vinculan a la red de 33 [kV] a través de transformadores de 1.65 [MVA] de relación 33/0.36/0.36 [kV] y luego mediante cuatro circuitos colectores que se conectan en la subestación transformadora S/E Lalackama. En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar del parque fotovoltaico Lalackama:

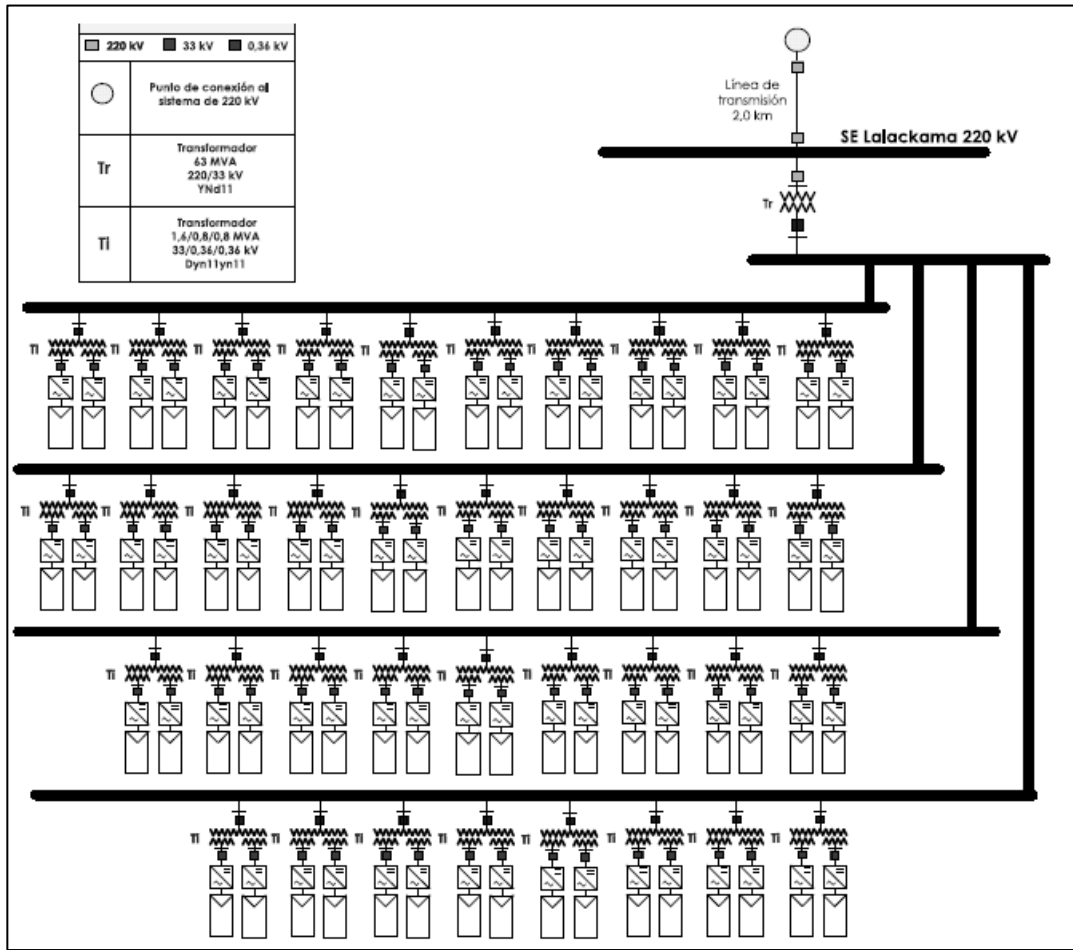


Figura 1: Diagrama unifilar parque fotovoltaico Lalackama.

Los paneles solares utilizados en el parque fotovoltaico Lalackama corresponden a paneles provistos por el fabricante JINKO, modelo JKM305PP-72 de tipo policristalino de 305 [W] cada uno.

Las especificaciones del panel se muestran en la siguiente tabla:

Module Type	JKM300PP		JKM305PP		JKM310PP		JKM315PP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	300Wp	222Wp	305Wp	226Wp	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	36.6V	33.3V	36.8V	33.6V	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V
Maximum Power Current (Imp)	8.20A	6.67A	8.30A	6.72A	8.38A	6.81A	8.48A	6.84A
Open-circuit Voltage (Voc)	45.3V	41.6V	45.6V	42.2V	45.9V	42.7V	46.2V	43.2V
Short-circuit Current (Isc)	8.84A	7.18A	8.91A	7.22A	8.96A	7.26A	9.01A	7.29A
Module Efficiency STC (%)	15.46%		15.72%		15.98%		16.23%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C							
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)							
Maximum series fuse rating	15A							
Power tolerance	0~+3%							
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C							
Temperature coefficients of Voc	-0.30%/°C							
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C							
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C							

Tabla 1: Especificaciones panel JINKO JKM305PP-72

Las principales características del inversor Santerno, modelo Sunway TG760 1000 V TE-360 OD se resumen en la siguiente tabla:

Main features	
Model	SUNWAY TG760 1000V TE - 360 OD
MPPT voltage range <sup>(1)</sup>	550 - 820 V
Number of independent MPPT	1
Max. Open-circuit voltage	1000 V
Rated AC voltage	360 V ± 10 %
Rated output frequency	50/60 Hz (up to -3 / +2 Hz)
Power Factor @ rated power <sup>(2)</sup>	0,95 lead/lag
Operating temperature range	-25 ÷ 62 °C
Application / Degree of protection	Outdoor / IP54
Maximum operating altitude <sup>(3)</sup>	4000 m
Input Ratings (DC)	
Rated input power	813 kW
Maximum short circuit PV input current <sup>(4)</sup>	1500 A
PV Voltage Ripple	<1%
Output Ratings (AC)	
Rated output power @ 55°C	790 kVA
<b>Rated Output Active Power @ min cos-fi <sup>(7)</sup></b>	<b>750 kWac</b>
Max Capability @ cos-fi = 1	790 kWac
Rated output current	1255 A
Power threshold	1% of Rated AC output power
Total AC current distortion	≤ 3%
Inverter efficiency	
Maximum / EU/ CEC efficiency <sup>(5)</sup>	98.6 % / 98.3 % / 98.0 %
Dimensions and weight	
Inverter Dimensions (WxHxD)	2766 x 2303 x 1006 mm
Inverter Weight	2150 kg
Auxiliary Consumptions	
Stop mode losses/Night losses	45 W / 45 W
Auxiliary consumption	2095 W
Optional Anticondensation heater consumption <sup>(6)</sup>	1 kW

Tabla 2: Principales características del inversor Santerno TG760

La red interna de media tensión del parque está compuesta por 24 cabinas, cada una de la cuales cuenta con 4 inversores y 2 transformadores. Cada transformador de bloque cuenta con dos devanados iguales de baja tensión de 360 [V] y una potencia de 0.825 [MVA]. El lado de alta tensión de cada transformador es de 33 [kV] y de una potencia de 1.65 [MVA].

Las principales características de estos transformadores se resumen en la siguiente tabla:

Variable		Valor
Potencia (Prim/Sec/Ter)		1,65/0,825/0,825 MVA
Tensión Primaria		33 kV
Tensión Secundaria		0,36 kV
Tensión Terciaria		0,36 kV
Impedancia Secuencia Positiva ( $S_{base}$ 0,825 MVA)	AT-MT	6%
	AT-BT	6%
	MT-BT	14%
Impedancia Secuencia Cero ( $S_{base}$ 0,825 MVA)	AT-MT	3%
	AT-BT	3%
	MT-BT	3%
Razón X/R		5,77
Grupo de Conexión		Dyn11yn11

Tabla 3: Principales características de los transformadores de media tensión.

Con respecto a las potencias de los consumos propios de los inversores, estos corresponden a un monto de 4.3 [kW], mientras que los servicios auxiliares del parque corresponden a un monto de 205.7 [kW], totalizando un consumo propio de 210 [kW], correspondiente al 0.2% de la potencia del parque.

En el siguiente link, se adjunta la siguiente información:

- Especificaciones inversor Santerno TG760.
- Especificaciones paneles solares HANWHA.
- Informe de homologación de modelo dinámico del parque.
- Diagrama unifilar del parque.

[https://1drv.ms/f/s!Ak9l\\_F8KfWRY0jXggVX7rELNOQMK](https://1drv.ms/f/s!Ak9l_F8KfWRY0jXggVX7rELNOQMK)

#### 4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LALACKAMA

El 5 de Julio de 2017, con presencia de recurso de radiación solar normal, se realizaron los ensayos de medición de los tiempos de partida y detención del parque fotovoltaico Lalackama. Cabe mencionar, que en el PPC del parque, además de los valores de consigna de potencia activa, está disponible un comando de pausa de los inversores, el cual, una vez ingresado este comando y enviado al parque, toma 0 [min] en pausar la totalidad de los inversores. Una vez pausados los inversores, y encontrándose las condiciones de radiación suficiente y cumpliéndose condiciones de voltaje DC y AC adecuadas, inmediatamente posterior al ingreso del comando ON en los inversores, el inversor enciende en tiempo de 0 [min], alcanzando inmediatamente su potencia de mínimo técnico, establecida en 26 [kW] por inversor, lo que equivale a 2.5 [MW] y luego el tiempo para llegar a su máxima de potencia, el tiempo puede variar entre 30 a 250 segundos.

El proceso de partida del inversor se puede apreciar en la siguiente imagen:

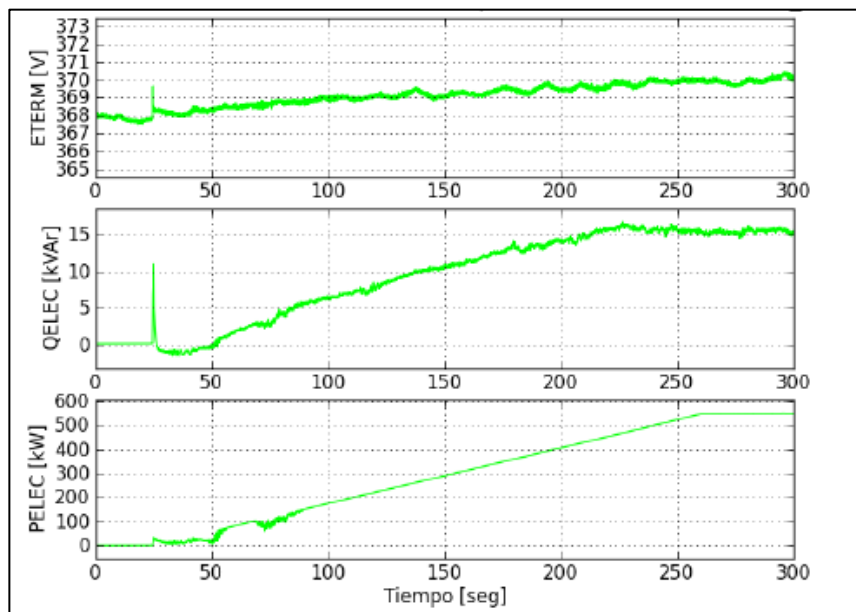


Figura 2: Arranque y toma de carga de inversor Santerno TG760





## 5 ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LALACKAMA

Los siguientes antecedentes de operación, consisten en las medidas de potencia de mínimo técnico realizados el 5 de julio de 2017, en los que se muestran distintos niveles de generación del parque fotovoltaico, desde una potencia de 52 [MW] hasta su valor de mínimo técnico establecido en 2.5 [MW].

Dichos antecedentes se encuentran en el siguiente link:

[https://1drv.ms/f/s!Ak9l\\_F8KfWRY0jujZgPHQ8nhSX1x](https://1drv.ms/f/s!Ak9l_F8KfWRY0jujZgPHQ8nhSX1x)

## 6 JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LALACKAMA

De acuerdo al registro de potencia realizado el 5 de Julio de 2017, se constata que el parque fotovoltaico Lalackama puede generar en todo el rango definido entre los valores de mínimo técnico de 2.5 [MW] hasta su potencia nominal, por lo que no se 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 fotovoltaico Pampa Solar Norte, para los distintos estados de partida o detención:

- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida.
  - El parque fotovoltaico Lalackama 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 fotovoltaico Lalackama, los inversores necesitan de una potencia aproximada de 0,045 [kW].  
Por lo tanto, la energía consumida en servicios auxiliares, considerando la puesta en marcha simultánea de todos los inversores del parque, se puede desglosar de la siguiente manera:
    - Desde el inicio del proceso de partida hasta sincronización: 0 [kWh].
    - Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico: 0 [kWh].
    - Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal: 0,3 [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 0 minutos. Este tiempo se puede desglosar de la siguiente manera:
  - Desde el inicio del proceso de partida hasta sincronización: 0 [min].
  - Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico: 0 [min].

- Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal: 4 [min] considerando una tasa de toma de carga de 18 [MW/min].
- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención.
  - El parque fotovoltaico Lalackama 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 fotovoltaico Lalackama, los inversores necesitan de una potencia aproximada de 0,045 [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 72 [MW/min].
  - 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 fotovoltaico Lalackama 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 fotovoltaico Lalackama 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 los parámetros de los tiempos de partida y detención del parques fotovoltaico Lalackama corresponden a 0 [min], desde que el operador emite la orden de partida o la orden de detención.

<b>Parámetro</b>	<b>Parque Fotovoltaico Lalackama</b>
<b>Tiempo de Partida</b>	0 [min]
<b>Tiempo de Detención</b>	0 [min]

Tabla 4: Tiempos de partida y detención Parque Fotovoltaico Lalackama

