

Arica, 23 de septiembre de 2018

***Informe de Mínimo Técnico
Parque Solar Pampa Camarones***

Indice

1.-Resumen ejecutivo	3
2.- Definición de Mínimo Técnico.....	3
3.- Antecedentes de la declaración.....	3
3.1.- Antecedentes técnicos de diseño	4
3.1.1.- Antecedentes generales y unilineal	4
3.1.2.- Características de los inversores	5
3.1.3.- Características de los transformadores	6
3.1.4.-Determinación de la mínima generación del parque solar.....	7
3.1.5.- Gráfico Potencia-Voltaje DC del inversor	9
3.2.- Registros de operación	10
3.3.- Ensayo de homologación	10
4.- Parámetros de potencia activa y pérdidas del parque solar.....	11
5.- Conclusión	14

1.- Resumen ejecutivo

El Parque Solar Pampa Camarones tiene una potencia instalada de 6 MW. Esta formado por 4 inversores y cada uno de ellos está formado por 4 módulos.

En base a pruebas efectivas realizadas, se establece que el valor de Mínimo Técnico del Parque es de 303 kW, lo que corresponde al 5,05% de la potencia máxima instalada.

La limitación para operar a menores niveles de potencia está dada por el voltaje máximo (900V) permitido en el lado de corriente directa del inversor, el que es modificado por el sistema de control de los inversores para obtener en todo momento la máxima eficiencia de generación del parque.

Operar a valores mayores de voltaje puede causar daño irreparable en los inversores ocasionando inestabilidades operacionales en el Sistema, situación que claramente no es aceptable.

La definición de Mínimo Técnico (MT) establece que la central debe estar en operación e inyectando energía al sistema, razón por la cual no aplica la posibilidad de declarar un mínimo técnico de 0 MW dado que en este caso la central estaría detenida y no en operación estable como indica la mencionada definición.

2.- Definición de Mínimo Técnico

Según lo establecido en el Artículo 4 del Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras”:

“Se entenderá por Mínimo Técnico la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente segura y estable inyectando energía al Sistema Interconectado de manera continua”

3.- Antecedentes de la declaración

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 9 del Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras”, a continuación, se muestran los antecedentes técnicos de diseño del Parque Solar, los registros operacionales, así como otros antecedentes necesarios para justificar el parámetro a formalizar ante el Coordinador Eléctrico Nacional.

3.1.- Antecedentes técnicos de diseño

3.1.1.- Antecedentes generales y unilíneal

El Parque Solar Pampa Camarones se ubica a 65 km al sur de la ciudad de Arica y tiene una potencia instalada de 6 MW generada por 24.000 módulos solares de 300 Wp cada uno, los que cuentan con seguimiento en un sólo eje.

Estos paneles están divididos en 2 estaciones de poder (PS) de igual tamaño, cada una de ellas tiene 2 inversores de 4 módulos cada uno, haciendo un total de 4 inversores y 16 módulos. Estos inversores se vinculan a la red de 23 kV por medio de 2 transformadores de 3,15 MVA de relación 0,69/23kV. En cada estación de poder hay una celda de seccionamiento de media tensión que conecta la estación con la S/E Chaca.

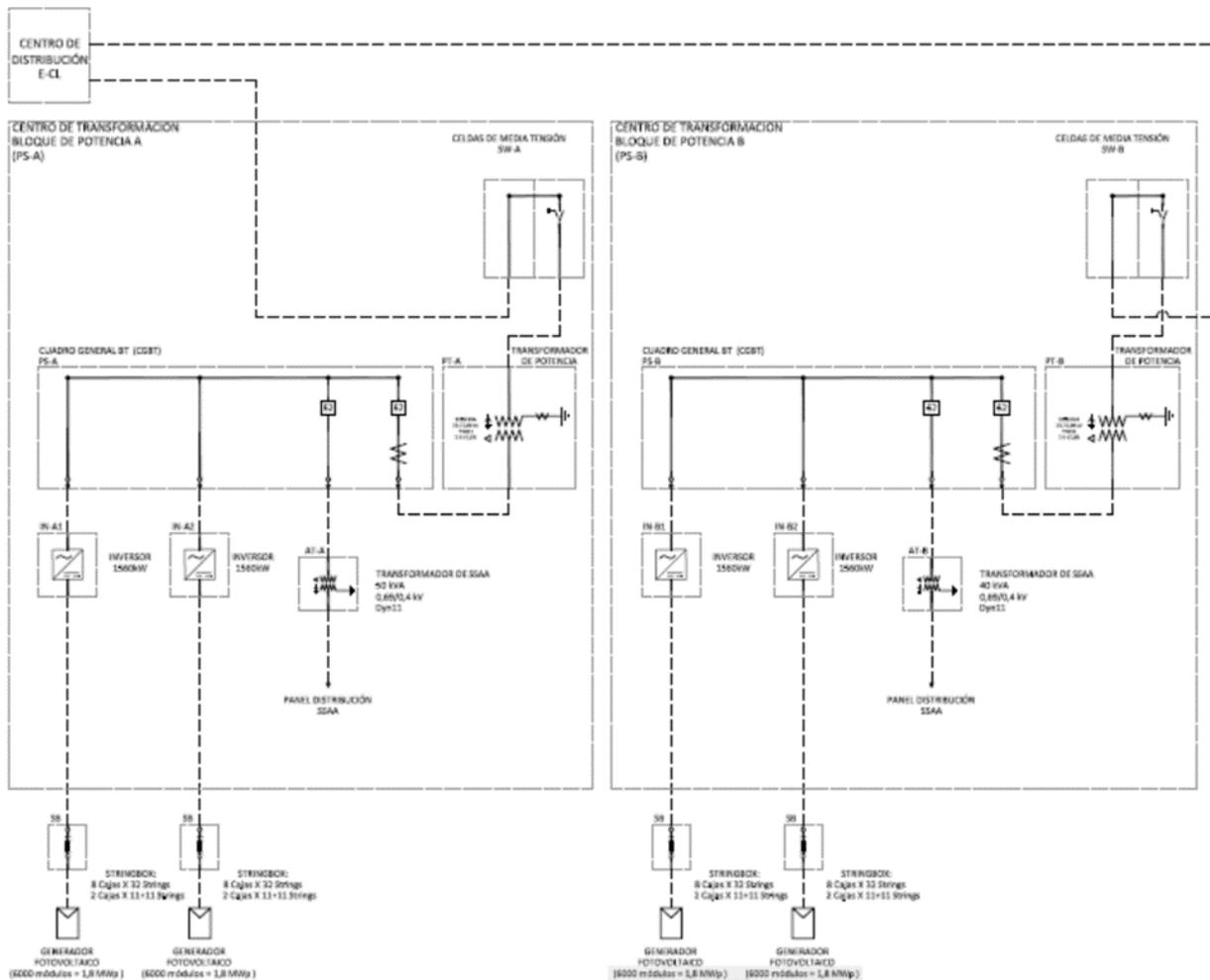


Figura N°1: Plano unifilar de la Planta Solar Pampa Camarones

3.1.2.- Características de los inversores

Especificaciones técnicas de los inversores:

Marca y Modelo	ABB Ultra-1500-TL- OUTD-X-CE-690
N° de inversores	4
N° de Módulos por inversor	4
N° total de módulos	16
Potencia por módulo	390 kW
Intensidad máxima DC	2800 A
Rango de tensión DC	470 V-900 V
Potencia nominal AC por inversor	1560 kW
Tensión de red AC	690 V
Intensidad máxima AC	1310 A
Factor de potencia	0,90-0,99

Tabla N° 1: Especificaciones de los inversores

En estas especificaciones técnicas se establece que el rango de operación del inversor en lo asociado a voltaje en el lado DC puede variar desde 470 V hasta 900 V.

Como se verá más adelante y de acuerdo a la gráfica Potencia-Voltaje DC, este último valor (900 V) es el que limita la potencia mínima de operación del inversor.

El Manual de Operación y Mantenimiento de los inversores lo puede encontrar en el siguiente archivo:



**Manual de
Operacion y Manter**

En la página 27/214 de este documento se indica que cada módulo de 390 kW tiene su propio algoritmo de seguimiento de máxima potencia (Maximum Power Point Tracking-MPPT), cuyo objetivo es mantener la eficiencia de la generación de energía en su punto máximo posible, considerando tanto la radiación solar existente como los cambios característicos de la potencia.

En la página 40/214 se indica que cada módulo tiene su propio MPPT y que los 4 módulos son operados juntos como una gran unidad inversora. Cada módulo puede operar con su MPPT activo siguiendo una filosofía de control Maestro-Maestro o puede darse también que sólo uno de ellos tenga su MPPT activo y los otros 3 no, siguiendo de esta manera la configuración Maestro-Eslavo.

3.1.3.- Características de los transformadores

Potencia	3150 kVA
Cantidad	2
Relación de transformación	0.69/23 KV
Impedancia de CoCi	5,81%
Grupo de conexión	YNd11
Aislamiento	Aceite

Tabla N°2: Especificaciones de los transformadores

A continuación, se adjunta la siguiente información:

- Manual Instalación panel solar JINKO JKM300P-72.



**Manual Instalación
panel solar JINKO JK**

- Diagramas Unilineales Parque Solar Pampa Camarones.



**Diagrama Unilineal
1 Parque Solar Pamç**



**Diagrama Unilineal
2 Parque Solar Pamç**



3.1.4.- Determinación de la mínima generación del Parque Solar

A continuación, se adjuntan registros de mediciones del Parque Pampa Camarones realizados el 13 de septiembre de 2018, con presencia de recurso de radiación solar normal.

- Generación Pampa Camarones 13-09-2018



Microsoft Excel
Worksheet

- Irradiancia global con tracker



Microsoft Excel
Worksheet

- Gráficos de generación 13.09.2018 Pampa Camarones



Gráfico generación
PFV Pampa Camaron



Gráfico 2
generación PFV Parr

- Pantalla Control de Planta (PPC)



Pantalla PPC con
consigna 60 kW.png

De acuerdo a las mediciones realizadas, se constata que una vez ingresado un valor de consigna de 60 kW en el Control de Planta (PPC), la Planta fue capaz de producir una potencia mínima de 240 kW en promedio, lo que equivale a un 4% de la potencia nominal del Parque. Por lo anterior, para el Parque Pampa Camarones se establece un valor mínimo de generación de 240 kW que se inyecta en la barra de 23kV ubicado en la S/E Chaca.

A continuación, se muestra una gráfica de las pruebas realizadas con el PPC:

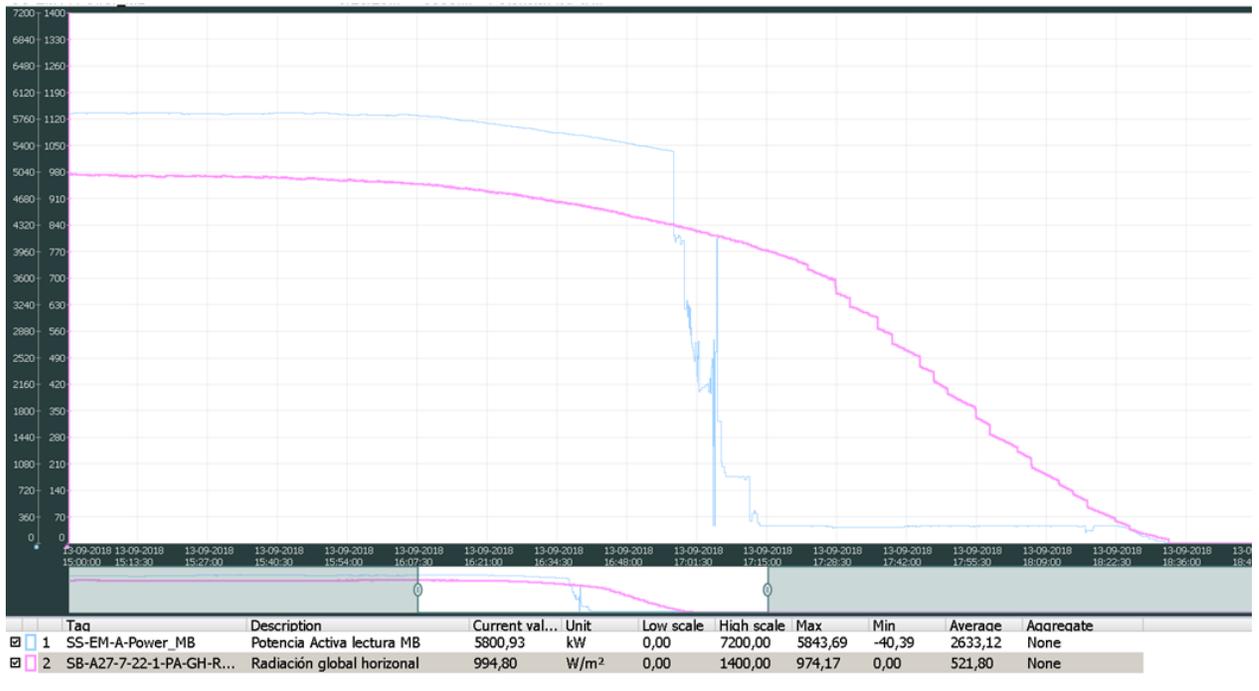


Figura n°2: Gráfico azul generación Parque Solar. La generación se mantiene en 240 kW, en promedio, en las pruebas.

3.1.5.- Gráfico Potencia-Voltaje DC del inversor

El gráfico que se muestra a continuación se obtuvo del Manual de Operación y Mantenimiento del inversor, página 201/214 (ver inciso 3.1.2) y establece la relación entre potencia y voltaje en el lado de corriente directa.

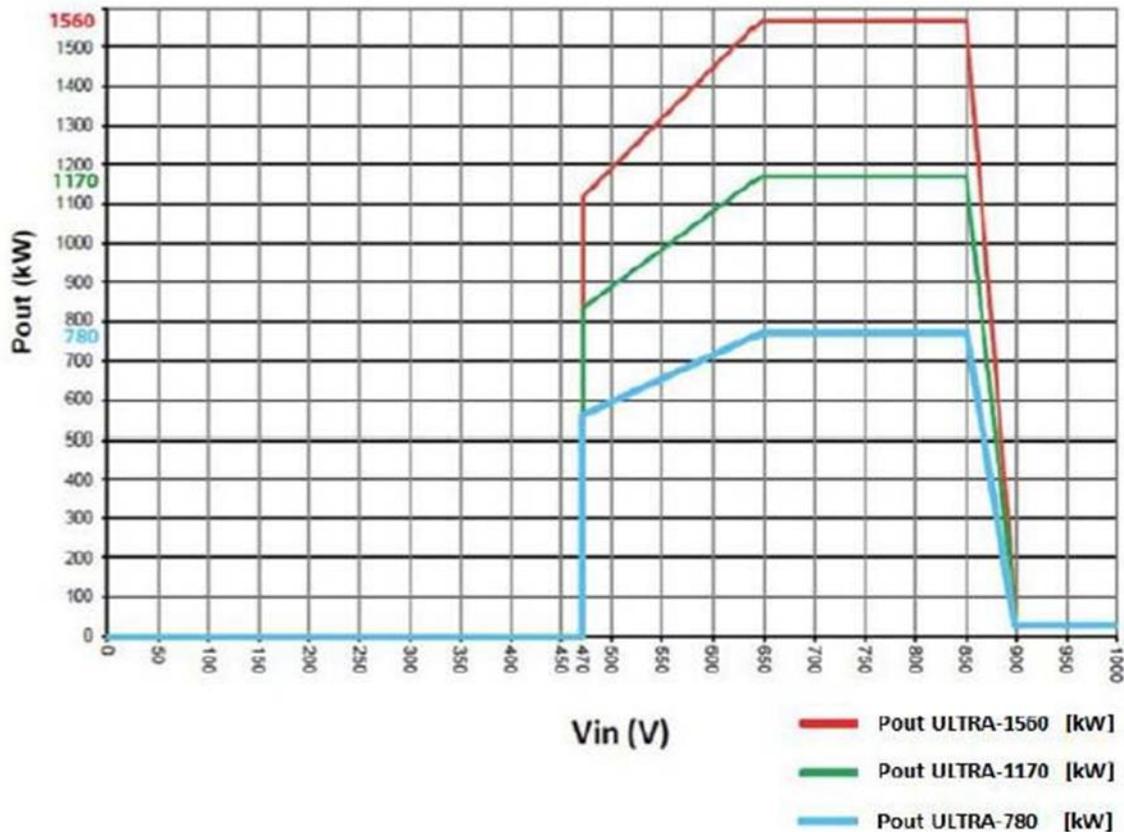


Figura N° 3: Comportamiento de la potencia Vs. Voltaje en lado DC del inversor

Se observa que cuando el voltaje se acerca al máximo de diseño establecido en 900 V, la potencia del inversor se reduce hasta su mínimo operacional, estableciendo de esta manera que la limitación que impide alcanzar valores menores de potencia está dada por esta especificación de diseño.

Operar a valores menores de potencia puede generar daño irreparable en el inversor y por lo tanto no está permitido.

Con el objetivo de evitar que el voltaje medido en lado de corriente continua del inversor sea mayor al límite establecido en 900 V debido, por ejemplo, a pérdidas de precisión de la medición y/o debido a inestabilidades ambientales, el fabricante establece un valor de consigna de potencia activa mínima de 5% de la potencia de salida nominal del inversor.

3.2.- Registros de operación

A continuación, se adjuntan los registros operacionales correspondientes al año 2017. Como se observará en el documento, se presentan los valores de potencia cada 1 hora durante todo el año, los que a su vez corresponden al promedio de los valores de potencia instantánea medidos cada 15 minutos.



**Generación
mensual 2017 Pamp:**

3.3.- Ensayo de homologación

En el siguiente informe se muestra el ensayo de homologación que se hizo en el Parque Solar Pampa Camarones en junio de 2016:



**Informe de Ensayos
y homologación de**

4.- Parámetros de potencia activa y pérdidas de Parque Solar

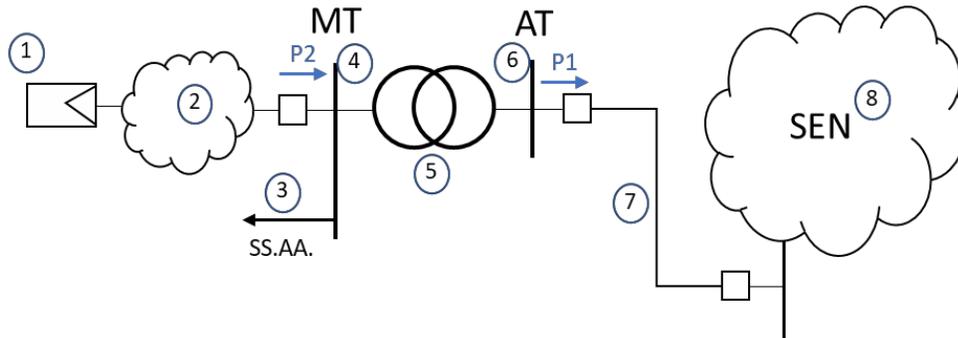


Figura N° 4 Esquema general de un parque solar

Usando el Control de Planta con consigna de 60 kW, se obtienen los siguientes valores:

Planta Fotovoltaica Pampa Camarones

Contador Control Planta

Fallo de Comunicaciones		●
Potencia Activa	239.16 kW	
Potencia Reactiva	7.12 kVAr	
Potencia Aparente	239.35 kVA	
Factor de Potencia	0.9996	
Frecuencia	50.00 Hz	
Tensión	23004.00 V	
Tensión en fase R	13283.00 V	
Tensión en fase S	13340.00 V	
Tensión en fase T	13274.00 V	
Corriente	7.50 A	

Setpoint Modos de Control

<input checked="" type="checkbox"/> ON	Limitación Potencia Activa	60 kW
<input type="checkbox"/> OFF	Rampa	20 %
<input type="checkbox"/> OFF	Potencia Reactiva	-1000 kVAr
<input type="checkbox"/> OFF	Factor de potencia	0 %
<input type="checkbox"/> OFF	Tensión	23400 V

Inversores

	Com.	Medidas						Setpoint			
		Pot Act	Pot Reac	Tensión	Corriente	Fact de Pot	Pot Act	Pot Reac	Fact de Pot	Rampa	
A-INV1	●	65.48 kW	-0.48 kVAr	690.18 V	88.09 A	1.000	25.00 kW	0.00 kVAr	0.000 %	19.00 %	
A-INV2	●	78.37 kW	-0.35 kVAr	686.42 V	87.60 A	1.000	25.00 kW	0.00 kVAr	0.000 %	19.00 %	
B-INV1	●	69.46 kW	0.14 kVAr	683.77 V	81.54 A	1.000	25.00 kW	0.00 kVAr	0.000 %	19.00 %	
B-INV2	●	69.67 kW	0.21 kVAr	685.93 V	81.67 A	1.000	25.00 kW	0.00 kVAr	0.000 %	19.00 %	

Figura N°5. Pantalla PPC con consigna de 60 kW.



(P1) Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) de la central.

$$P1 = P2 - SSAA - \text{Ptrafa}$$
$$P1 = 240 \text{ kW} - 6.35 \text{ kW} - 177.7 \text{ Kw}$$
$$P1 = \mathbf{55.95 \text{ kW}}$$

(P2) Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) de la central.

Con el Control de Planta, la potencia activa inyectada en la barra MT es, en promedio:
P2 = 240 kW

(5) Pérdidas activas en el transformador de poder de la central.

La pérdida de potencia en el transformador 30 MVA de S/E Vitor es:

Ptrafa = 177,7004 kW.

Ver pag. 6 de documento "Pruebas y mediciones en transformador 30 MVA SE Vitor"



Pruebas y mediciones en trans

(3) Servicios Auxiliares de la central.

Consumo SS/AA (Sala de operación y S/E Chaca)

SSAA = 6,35 kW

(2) Pérdidas en el sistema colector del parque ERNC.

La potencia de salida total de los inversores es (Ver figura n°5, suma de potencias activas de inversores):

$$\text{Generación inversor} = \text{Inv1} + \text{Inv2} + \text{Inv3} + \text{Inv4}$$

$$\text{Generación inversor} = 85.48 \text{ kW} + 78.37 \text{ kW} + 69.46 \text{ kW} + 69.67 \text{ kW}$$

Generación inversor = 302.98 kW → 303 KW

$$\text{Pérd.colector} = \text{generación inversor} - P2$$

$$\text{Pérd.colector} = 303 \text{ kW} - 240 \text{ kW}$$

Pérd. colector = 63 kW

Pérd.colector es igual a la suma de las pérdidas de potencia en transformadores y cableado del parque:

Pérdidas transformador N°1 3150 KVA = 26,964 kW

Pérdidas transformador N°2 3150 KVA = 26,686 kW

Pérdidas en transformadores SS/AA y cableado = 9,350 kW

Ver documentos “Protocolo Pruebas Transformador N°1 GEDELSA” y “Protocolo Pruebas Transformador n°2 GEDELSA”



Protocolo Pruebas
Transformador n°1 €



Protocolo Pruebas
Transformador n°2 €

Considerando la siguiente fórmula, el Mínimo Técnico es:

$$\text{MinTec} = P2 + \text{Pérd.colector}$$

$$\text{MinTec} = 240 \text{ kW} + 63 \text{ kW}$$

$$\text{MinTec} = \mathbf{303 \text{ kW}}$$

5.- Conclusión

En base a la información presentada en el informe, se concluye que el factor que limita la operación del Parque a potencias menores está dado por el máximo voltaje permitido en el lado de corriente directa del inversor, que en este caso es de 900 V.

Según las pruebas de medida de potencia mínima del Parque, realizadas el 13 de septiembre de 2018, se constata que el Parque Solar Pampa Camarones puede inyectar una potencia mínima de 240 kW en la barra de 23 kV.

El valor de Mínimo Técnico del Parque Solar Pampa Camarones es de 303 kW.