



***Informe de Mínimo Técnico  
Parque Solar Los Loros***



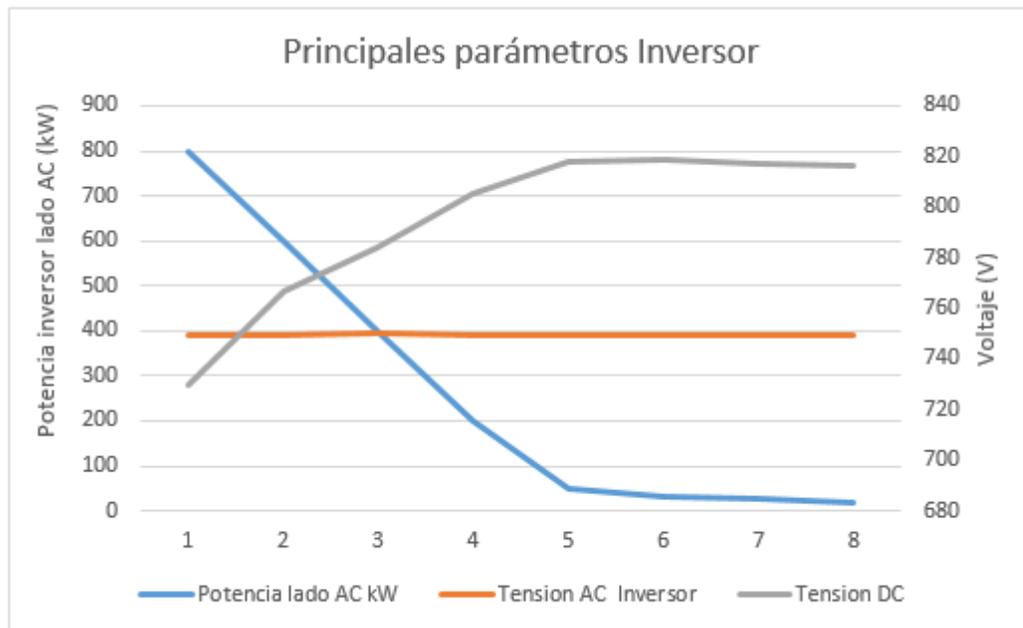
**Indice**

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 Los Loros está formado por 23 estaciones transformadoras intermedias (ITS) que a su vez poseen 2 inversores de 1 MW c/u, totalizando 46 inversores que generan una potencia instalada de 46 MW.

En base a pruebas efectivas realizadas el día miércoles 10 de enero de 2018, bajo condiciones normales de radiación y con todos los inversores operativos, se determinó como mínima salida de potencia medida en bornes de los inversores de 0,9 MW. Para verificar esta información, el día 27-06-2019 se realizó un test en uno de los inversores, llevándolo desde su condición inicial de operación (~ 950 kW) hasta los 20 kW en pasos 800-600-400-200-50-33-25-20 kW, último valor estable y que no sobrepasó la tensión del enlace DC (850V) durante el periodo del test. Luego se estima el valor mínimo seguro de operación en 0,92 MW (producto de 46 inversores x 20kW).



Grafica minimo tecnico inversor.xlsx

Dicho valor corresponde a un 2% de la capacidad nominal de la planta (46 MW), siendo evidentemente más bajo que el teórico bruto de 4,6 MW (100 kW por inversor) que se desprende de la tabla que construye el diagrama PQ en documentación adjunta. Tal diferencia puede deberse a la escala con que se construye dicha tabla, más que con la búsqueda de informar un mínimo valor de operación.

Por otro lado, la limitación para operar a menores niveles de potencia está dada por el voltaje máximo (850V) 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. Dicha tensión DC no sobrepasó dicho valor, sin embargo, al solicitarle menor salida de potencia al inversor, este no respondió y se limitó a apagarse. 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 unilineal

El Parque Solar Los Loros se ubica a 58 km al sudeste de la ciudad de Copiapó y tiene una potencia instalada de 46 MW generada por 176.640 módulos solares de 305 Wp cada uno, los que cuentan con seguimiento en un sólo eje.

La central se compone de 23 estaciones inversoras, cada una de las cuales cuenta con 2 inversores (ABB, modelo PVS800) de 1,0 MW de capacidad de salida CA nominal. Cada estación inversora se conecta a transformadores de razón de transformación 23/0,4/0,4 kV y 2,2 MVA de capacidad nominal. Cinco circuitos colectores se conectan a dos transformadores elevadores de razón de transformación 23/110 kV y 30 MVA de capacidad nominal cada uno.

La configuración recién descrita se muestra a continuación en la Figura 1.1.

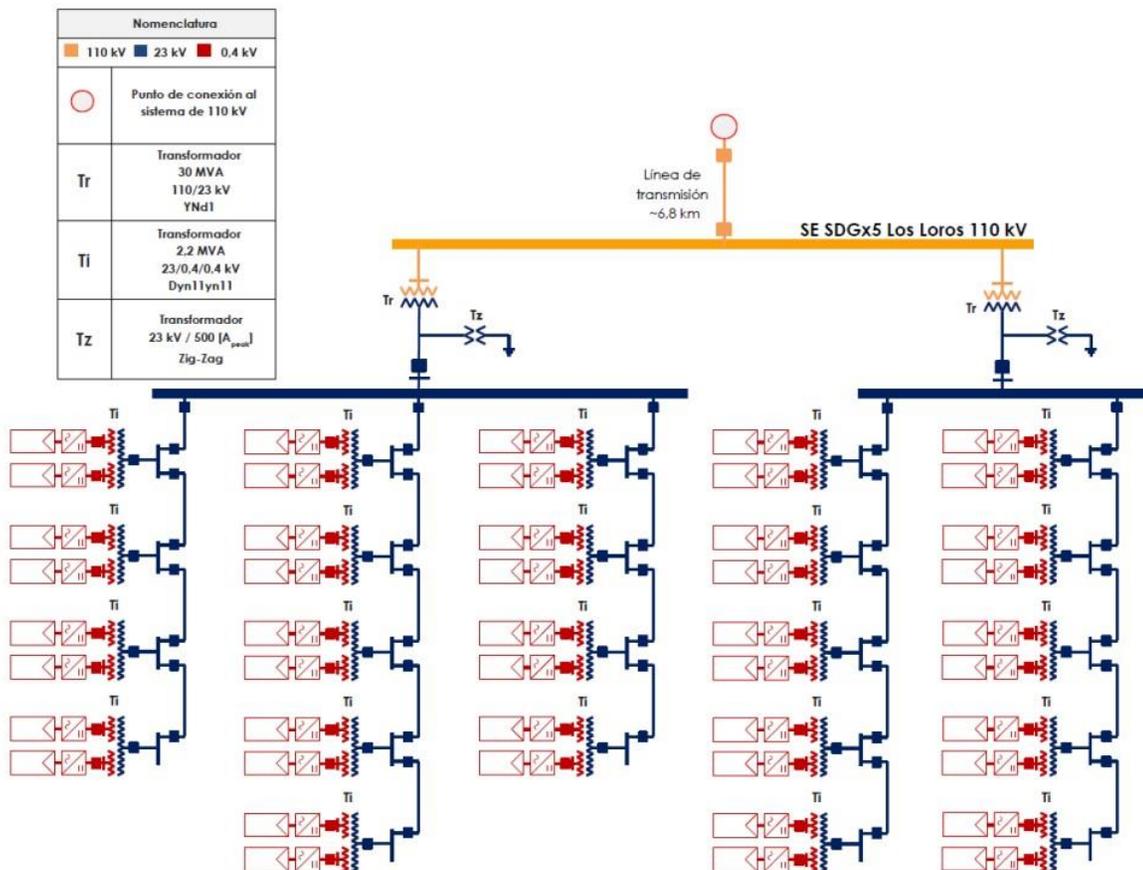


Figura N°1: Plano unifilar de la Planta Solar Los Loros

### 3.1.2.- Características de los inversores

Especificaciones técnicas de los inversores:

Marca y Modelo de inversor	ABB PVS800-57-1000KW-C
N° de ITS (Estacion transformadora intermedia)	23
N° de inversores por ITS	2
Potencia maxima por Inversor	1200 kW
Intensidad máxima DC	1710 A
Rango de tensión DC	600V-850 V
Tensión de red AC	400 V
Intensidad máxima AC	1445 A
Factor de potencia	0,95 A 50°C

Tabla N° 1: Resumen características 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 650 V hasta 850 V.

Como se verá más adelante y de acuerdo a la gráfica Potencia-Voltaje DC, este último valor (850 V) es el que limita la potencia mínima de operación del inversor.



**PVS800-57-1000kW-C CENTRAL INVERTER DATA SHEET**

<b>1 DC INPUTS</b>		
1	Recommended max input power (PPV)	1200 kWp
2	DC voltage range, mpp ( $U_{DC}$ )	600 – 850 V
3	Maximum DC voltage ( $U_{max}$ (DC)) (1)	1100 V (1)
4	Number of protected DC inputs (parallel)	<b>12 DC+ and 12 DC-</b>
	DC input fuse rating	250 A gPV
5	Distribution network type	Insulated earth (IT)
6	Nominal DC current ( $I_{max}$ (DC))	1710 A
7	Nombre de trackers MMPT	1
<b>2 AC OUTPUT</b>		
1	Nominal AC output power ( $S_{N(AC)}$ ) (at +45 °C) (2)	1080 kVA (at cos fil = 1) (3)
	Nominal AC output power ( $P_{N(AC)}$ ) (at +45 °C) (2)	1080 kW (at cos fil = 1) (3)
2	Nominal output voltage ( $U_{N(AC)}$ ) LV	400 VAC +/- 10%
4	Nominal AC current ( $I_{N(AC)}$ ) LV	1445 A
5	Harmonic distortion, current	<3%
6	Output frequency	50Hz
	Output frequency range (50 / 60 Hz grids)	48 Hz à 63Hz (acc. to applicable standards)
7	Number of phases	3 phases
<b>3 EFFICIENCY (Including inverter cooling fans)</b>		
1	Maximum	98,8%
2	Euro	98,6%
<b>4 REACTIVE POWER</b>		
1	Power factor (cos fil) at $P_N$	1
2	Reactive Power capability (kVAR) (2)	See P/Q curve
<b>5 AUXILIARIES</b>		
1	Auxiliary Control Voltage	230 V, 50 Hz, 2 phases
2	Own consumption in operation	< 680W
3	Standby operation consumption	< 45W
<b>6 ENVIRONMENT</b>		
1	Ambient temperature range (nominal ratings: $P_N$ )	-15 °C to + 50 °C
	With Derating (T>55°C)	> 50°C up to 55°C See P/Q curve
	Overrating (T<50°C)	See P/Q curve
2	Relative humidity	15%—95% not condensing
3	Maximum noise level (at 1 m)	74dBA (one inverter)
<b>7 INSTALLATION</b>		
1	Installation / IP	IP42 cabinet
2	Width/Height/Depth, mm (W/H/D)	4030/ 2130 / 646
3	Weight appr.	2600kg

- (1) Inverter is not damaged if  $U_{dc}>1000V$ , Inverter will not start if  $U_{dc}>1000VDC$   
 (2) At max 1000m altitude / Function of ambient temperature : See inverter P/Q curve and inverter derating vs temperature and altitude  
 (3) 1072 kVA at 35°C / 1600m for the Los Loros project

Tabla N°2: Datos principales de los inversores

### 3.1.3.- Características de los transformadores

Potencia	2.2 MVA
Cantidad	23
Relación de transformación	0.4/0.4/23 KV
Impedancia de CoCi	6%
Pérdidas Vacío	2,3 kW
Perdidas plena carga	20 kW
Grupo de conexión	Dyn11yn11
Aislamiento	Aceite

Tabla N°3: Especificaciones de los transformadores BT-MT

Potencia	30 MVA
Cantidad	2
Relación de transformación	23/110 KV
Pérdidas vacío	26 kW
Pérdidas plena carga	104 kW
Impedancia de CoCi	10%
Grupo de conexión	Yyn0
Aislamiento	Aceite

Tabla N°4: Especificaciones de los transformadores MT-AT

A continuación, se adjunta la siguiente información:

- Manual Instalación panel solar JINKO JKM305PP-72.



Manual Instalación  
panel solar JINKO JK

- Diagramas Unilineales Parque Solar Los Loros.


 LOR51001-8 (1)  
unilineal.pdf

 LOR51002-8  
unilineal.pdf

### 3.1.5.- Gráfico Potencia del inversor

Con el objetivo de evitar que el voltaje medido en lado de corriente continua del inversor sea mayor al límite establecido en 850 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 10% de la potencia de salida nominal del inversor, esto es, 100kW. Esto puede verse en tabla 3.1.

	Available	Active power	Reactive power			Apparent power	
	P/Pn	P	Q (kVAr)		cos( $\phi$ )	$\phi$	S (kVA)
Normal operation	0	0	914	-914	0,00	90,0	914
	10	100	910	-910	0,11	83,7	915
	20	200	896	-896	0,22	77,4	918
	30	300	873	-873	0,33	71,0	923
	40	400	840	-840	0,43	64,5	931
	50	500	796	-796	0,53	57,8	940
	60	600	737	-737	0,63	50,9	951
	70	700	662	-662	0,73	43,4	964
	75	750	616	-616	0,77	39,4	971
	80	800	563	-563	0,82	35,1	978
	85	850	500	-500	0,86	30,4	986
	90	900	423	-423	0,91	25,2	995
	91	910	405	-405	0,91	24,0	996
	92	920	386	-386	0,92	22,8	998
	93	930	367	-367	0,93	21,5	1000
	94	940	345	-345	0,94	20,2	1002
	95	950	322	-322	0,95	18,7	1004
	96	960	297	-297	0,96	17,2	1005
	97	965	284	-284	0,96	16,4	1006
	98	980	239	-239	0,97	13,7	1009
99	990	202	-202	0,98	11,5	1011	
100	1000	158	-158	0,99	9,0	1013	
	102	1016	0	0	1,00	0,0	1016

Tabla 3.1: Tabla para Grafica P-Q

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

Los flujos de potencia cuando el Parque Solar se encuentra operando a MT se muestra en la siguiente figura y la justificación de los valores mostrados se presenta a continuación:

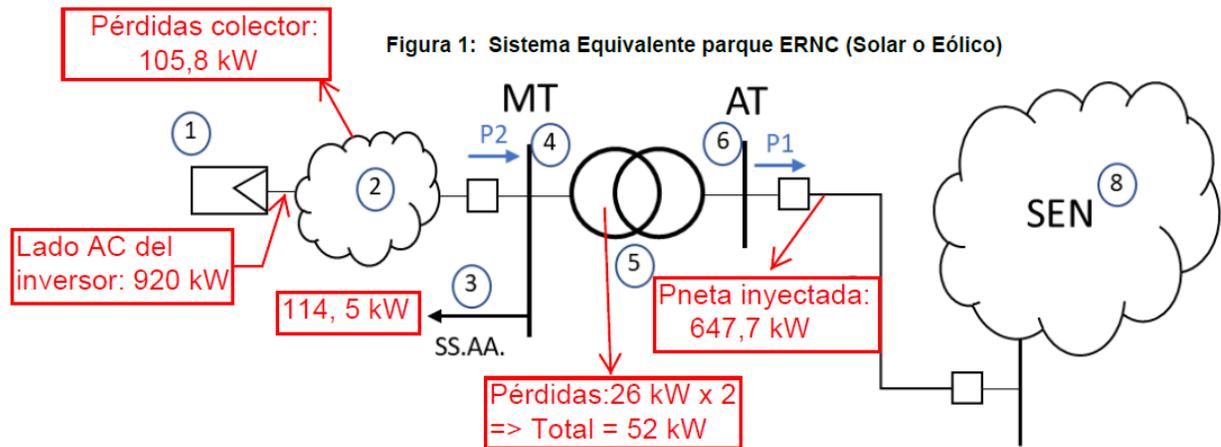


Figura N° 4 Esquema general de un parque solar

Usando el Control local del inversor con consigna señalada anteriormente, se obtienen los siguientes valores:

(1) Potencia activa mínima inyectada a la salida de los inversores.

Este dato se obtiene de manera indirecta realizando la multiplicación de los 46 inversores por el mínimo valor observado de salida de potencia estable por inversor, 20kW, y corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del parque ERNC.

Parametro	Potencia (MW)
Potencia inyectada total. (0,02 x 46) MW	0,92

Se adjunta en anexos fotografía de display del inversor durante la prueba.

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

La pérdida de potencia en el transformador de 30 MVA de Rhona, según tabla de archivo adjunto es (Ver tabla 4 y archivo adjunto “Rhona Datasheet Los Loros.pdf”, pag 1.):



RHONA datasheet  
Los Loros.pdf

**Ptrafo = 104 kW (a plena carga)**  
**Ptrafo = 26 kW (vacío)**

Se considera de esta forma **52 kW** (26 x 2)

### (3) Servicios Auxiliares de la central.

Consumo SS/AA, se obtienen directamente de la suma de los consumos internos medidos durante momentos sin generación de los equipos de medida asociados a los 2 trafos de MT, aumentando en la proporción al porcentaje de carga indicado en punto 1.

Resumen del mes de Mayo 2019		Valor promedio
Valor promedio medido en kW Trafo HT1	kW	114,49



2019\_Load\_Profile\_  
Mayo.xlsx

Se adjunta archivo “2019\_Load\_Profile\_Mayo.xlsx”.

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

Corresponde a las pérdidas del sistema colector del parque ERNC, principalmente en los transformadores colectores que elevan de baja a media tensión.

Pérdidas transformador N°1 a N° 23 2.2 MVA c/u = 2,29 kW = **105,8 kW** , indicado en tabla 3, y en archivo adjunto “SOL-CL-A06036-MTR-0044-A.pdf”, pag 3.





SOL-CL-A06036-MT  
R-0044-A.pdf

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

## 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 850 V.

Según las pruebas de medida de potencia mínima del Parque, realizadas el 10 de Enero de 2018, confirmadas con prueba local a nivel de 1 inversor, se constata que cada inversor del Parque Solar Los Loros puede inyectar una potencia mínima de 20 kW de manera estable (1).

Por consiguiente, realizando los cálculos indicados en el punto 4, se determina un valor de Mínimo Técnico del Parque Solar igual a 920 kW en los bornes de corriente alterna del inversor, de los cuales, se inyectan 647,7 kW en la barra de 110 kV del sistema.