

Determinación de mínimo técnico Parque Fotovoltaico Andes Solar	
Informe Técnico	
Enero 2021	
Revisión D	

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	FECHA
Juan Carlos Acosta, Jefe Dpto Operaciones y Planta Solar	Manuel Obreque, Subgerente Dpto Transmisión SING	Manuel Obreque, Subgerente Dpto Transmisión SING	22/01/2021

Índice

	Pág.
1 Resumen Ejecutivo	3
2 Aspectos Normativos	3
2.1 Determinación del Mínimo Técnico	3
3 Antecedentes técnicos de diseño.....	4
3.1 Panel Fotovoltaico.....	7
3.2 Inversor.....	8
3.3 Transformador de Poder.....	9
4 Determinación del Mínimo Técnico del Parque Fotovoltaico Andes Solar...	10
5 Justificaciones que describe fuentes de Inestabilidad del Parque Solar.....	13
6 Conclusiones	13

1. Resumen Ejecutivo

El presente informe tiene por finalidad establecer el valor de Mínimo Técnico del Parque Fotovoltaico Andes Solar, basado en los criterios establecidos en los ANEXOS TÉCNICOS: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras

2. Aspectos Normativos

2.1 Determinación del Mínimo Técnico

El Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras”, establece en su Artículo 9 que la Empresa Generadora deberá proporcionar a la DO los antecedentes que respaldan el valor de Mínimo Técnico informado, 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 el valor de Mínimo Técnico o Informe de Mínimo Técnico, 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 estableció el valor de Mínimo Técnico informado. Este informe debe contener, al menos, la siguiente información:

- a) Antecedentes técnicos de diseño.
- b) Recomendaciones del fabricante y antecedentes nacionales o internacionales de unidades de similares características.
- c) Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- d) Justificaciones que describan las eventuales fuentes de inestabilidad en la operación de la unidad generadora, que impidan que la unidad pueda operar en un valor menor de potencia activa.

- e) Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.

3. Antecedentes Técnicos de diseño

La etapa 1 del Parque Solar Fotovoltaico Andes se encuentra constituida por 15 inversores de 1,453 MVA cada uno. Se vinculan a la red interna a través de transformadores de 1,7 MVA de relación 23/0,4 kV y luego, mediante dos circuitos colectores, se conectan a la subestación Andes. Una vez allí, el parque se conecta al SING en 220 kV a través del autotransformador AT2. En la Fig. 1 se presenta el Diagrama Unilineal Simplificado de la Planta Solar Andes. La Potencia Nominal de la Planta Solar es de 21,795 [MW]

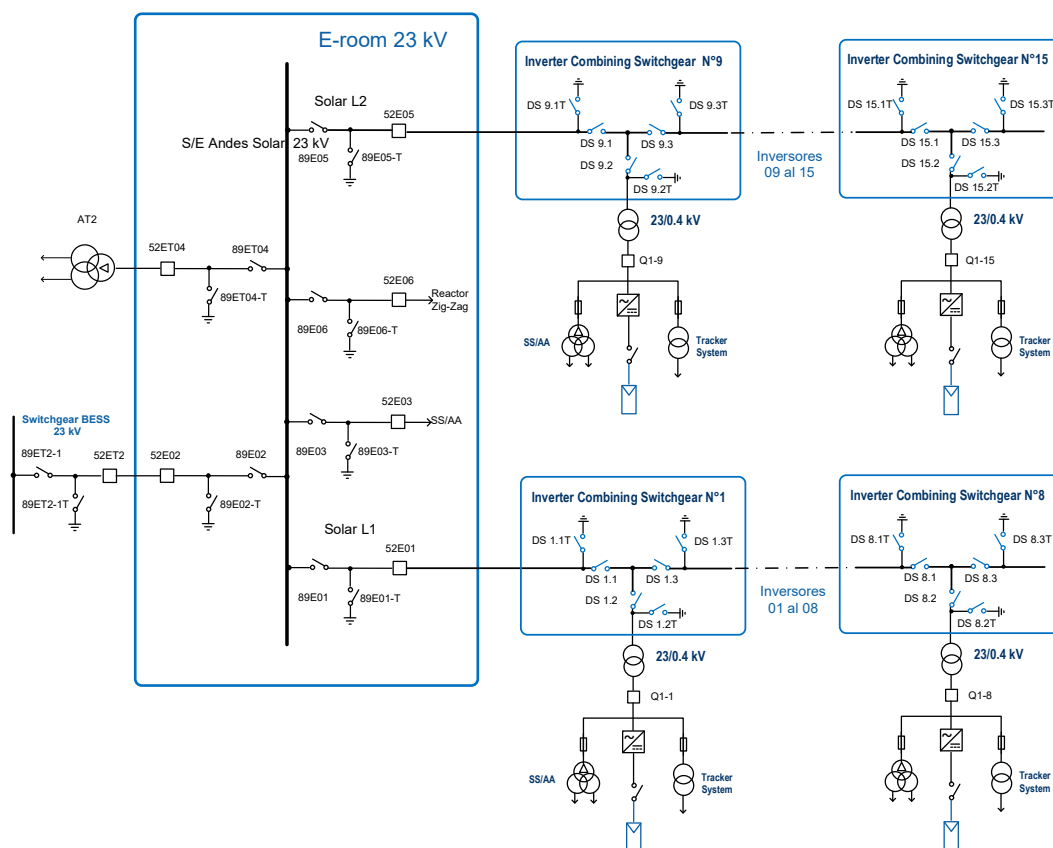


Fig. 1 Diagrama Unilineal Simplificado Planta Solar

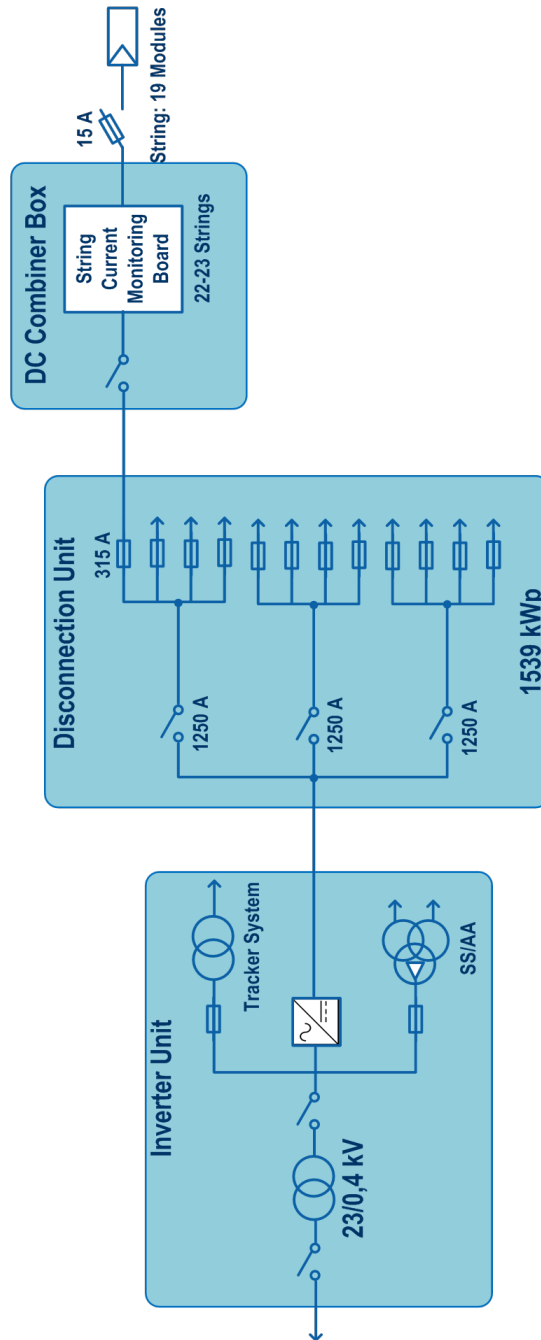


Fig 2. Detalle Estación Inversora

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las principales características del Parque Solar

Tabla 1 Principales Características Parque Solar

Equipo	Parámetros	Valor
Paneles Fotovoltaicos	Marca	ET Solar
	Modelo	ET-P672300WW
	Tecnología	Policristalino
	Potencia nominal paneles [Wp]	300
	N° de paneles	77.520
	Area Total de módulos [m ²]	150.416
Inversores	Marca	Power Electronics
	Modelo	FS-1500CH
	Potencia Nominal [kW]	1700
	N° de Inversores	15
Sistema de Seguimiento	Tipo de Seguimiento	1 eje Norte-Sur
	Back-tracking	SI
	Phi mínimo [°]	-45
	Phi máximo [°]	45
Transformador de Poder	Marca	Ormazabal
	Potencia Nominal [kVA]	1700
	Conexión	DYn11
	Tensión Primario [V]	23000
	Tensión Secundario [V]	400

Nota: Dada la altura en la que se encuentra el parque (aproximadamente 2800 m.s.n.m.), existe un derate en los inversores que los lleva a una potencia máxima de 1453 kVA.

3.1 Panel Fotovoltaico

En la Tabla 2 se presentan las Características Eléctricas del Panel Fotovoltaico

Tabla 2 Características Eléctricas Panel Fotovoltaico

Marca	ET-Solar
Modelo	ET-P672300WW
Peak Power (Pmax)	300 Wp
Module Efficiency	15,46 %
Maximum Power Voltage (Vmp)	36,68 V
Maximum Power Current (Imp)	8,18 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44,89 V
Short Circuit Current (Isc)	8,72 A
Power Tolerance	0 to +5W
Temperature Coefficient of Isc (TK Isc)	+0,04%/°C
Temperature Coefficient of Voc (TK Voc)	-0,34%/°C
Temperature Coefficient of Pmax (TK Pmax)	-0,44%/°C

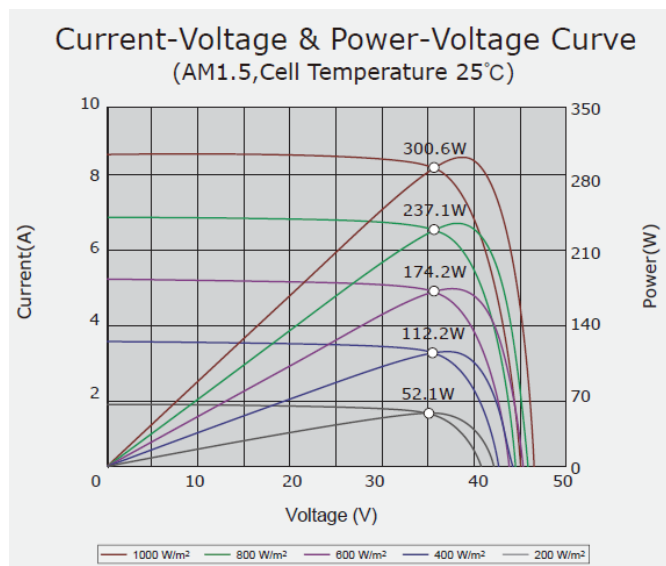


Fig. 3 Curva IV y PV Panel ET-P672300WW

3.2 Inversor.

En la Tabla 3 se presentan las principales características del Inversor Modelo FS1500CH

Tabla 3 Principales Características Inversor

		400VAC - MPPT Window 566V-900V								
		FRAME 1 - FS		FRAME 2 - FS		FRAME 3 - FS		FRAME 4 - FS		
NUMBER OF MODULES		3	4	5	6	7	8	9	10	
REFERENCE		FS0450CH	FS0601CH	FS0751CH	FS0901CH	FS1050CH	FS1200CH	FS1350CH	FS1500CH	
OUTPUT	AC Output Power(kVA) @ 50°C	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	
	AC Output Power(kVA) @ 40°C	510	680	850	1020	1190	1360	1530	1700	
	Rated AC Output Current (A) @40°C	736	981	1227	1472	1718	1963	2208	2454	
	Operating Grid Voltage(VAC)	400Vac								
	Operating Range, Grid Frequency	50Hz/60Hz								
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% at any load condition								
INPUT	Power Factor (cosine phi) ^[1]	0.00 leading ... 0.00 lagging adjustable/ Reactive Power injection at night								
	Power Curtailment (kVA)	0...100%/0.1% Steps								
	MPPT Voltage Window (VDC) ^[2]	566V - 900V								
	MPPT window @full power (VDC) ^[3]	580V - 820V								
	Maximum DC and Starting voltage	1000V								
	Maximum DC current (A)	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	
	EFFICIENCY & AUXILIARY SUPPLY	Max. Efficiency PAC, nom (η)	98.6%		98.6%		98.6%		98.6%	
		Euroeta (η)	98.2%		98.3%		98.4%		98.4%	
		Max. Standby Consumption (Pnight)	< approx. 40W/per module							
		Control Power Supply	10kVA Built-in Internal transformer as standard 220VAC-5kVA user power supply available							
UPS backup system		Optional 400V- 700VAh internal UPS-(LVRT compatible units are equipped as standard)								
CABINET	Avg. Power Consumption	1380W	1840W	2300W	2760W	3220W	3680W	4140W	4600W	
	Dimensions [WxDxH] ^[4] [mm]	2900x1050x2400		3900x1050x2400		4900x1050x2400		5900x1050x2400		
	Weight (kg) ^[5]	2470	2780	3540	3850	4590	4900	5640	5950	
	Air Flow	Intake through lower part blown out through upper side								
ENVIRON- MENT	Type of ventilation	Forced air cooling								
	Degree of protection	IP54								
	Permissible Ambient Temperature	-20°C to +50°C								
	Relative Humidity	4% to 100% Condensing								
	Max. Altitude (above sea level)	1000m; >1000m power derating 1% Sn (kVA) per 100m								
CONTROL INTERFACE	Noise level ^[6]	< 70 dBA								
	Interface	Alphanumeric Display / Optional Freesun App display or Web display								
	Communication	RS232 / RS485 / USB / Ethernet, (Modbus RTU Protocol, Modbus TCP/IP)								
	Analogue Inputs	1 programmable and differential inputs; (0-20mA or ± 10mV to ± 10V) and PT100								
	String Supervisor Communication	RS485 / Modbus RTU								
	Plant Controller Communication	Ethernet / Modbus TCP/IP								
PROTECTIONS	Digital Outputs	2 electrically-isolated programmable switched relays (250VAC, 8A or 30VDC, 8A)								
	Ground Fault Protection	Floating PV array: Isolation Monitoring per MPP Grounded PV array (Positive pole and negative pole): GFDI protection per MPP								
	Humidity control	Active Heating / Optional Heating Resistors								
	Emergency Stop	Optional								
	General AC Protection & Disconn.	Circuit Breaker / Optional AC switch and fuses								
	General DC Protection & Disconn.	Optional External Disconnecting Unit Cabinet (DC fuse protection and on-load disconnecter with external operating handle)								
	Module AC Protection & Disconn.	AC circuit breaker & contactor								
	Module DC Protection & Disconn.	DC contactor & DC fuses								
	Overvoltage Protection	DC and AC Inverter sides (Type 4) and Auxiliary Supply type 2 - Internal Standard								
	Protection class	Class I								
	Lightning Protections	Optional (Integrated in the inverter)								

3.3 Transformador de Poder

En la Tabla 4 se presentan las principales características del Transformador de Poder

Tabla 4 Características Transformador de poder

Marca	Ormazabal
Potencia [kVA]	1700
Tensión Primario [V]	23000
Tensión Secundario [V]	400
Grupo de Conexión	Dyn11
Intensidad Nominal Primario [A]	42,67
Intensidad Nominal Secundario [A]	2453,7
Pérdidas en vacío [W]	1300
Pérdidas en carga [W]	13000
Impedancia [%]	6

4. Determinación del Mínimo Técnico del Parque Fotovoltaico Andes Solar

A continuación, se presentan los registros de mediciones del parque fotovoltaico Andes Solar realizados el día 09 de Noviembre de 2017, con presencia de recurso de radiación solar normal. De acuerdo a las mediciones realizadas, se constata que una vez ingresado un valor de consigna de 0 [MW] en el PPC (Power Plant Controller) del parque, el parque fue capaz de producir una potencia promedio de 0,27 [MW] en barra de media tensión, lo que equivale a un 1,24 % de la potencia nominal del parque. El Consumo de SS/AA es igual a 4,95 [kW]

En la Figura N°4, se describe un sistema equivalente que representa un parque ERNC solar fotovoltaico o un parque eólico conectado al Sistema Eléctrico Nacional (SEN):

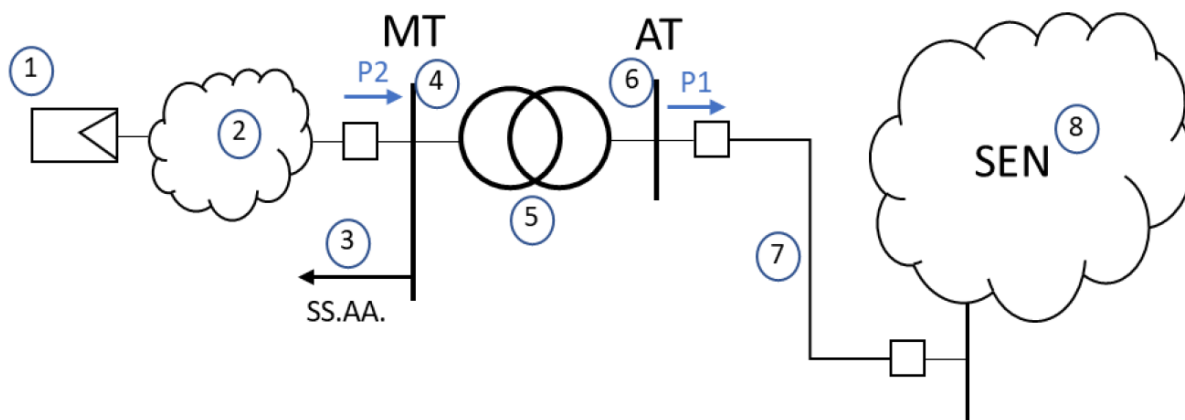


Fig.4 Sistema Equivalente parque ERNC (Solar o Eólico)

Donde:

- a) P1: Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) de la central [MW].
- b) P2: Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) de la central [MW].
- c) **Ptrafo**: Pérdidas activas en el transformador de poder de la central [kW].
- d) **SS.AA.**: Servicios Auxiliares de la central [kW].
- e) **Pcolector**: Pérdidas en el sistema colector del parque ERNC [kW].

Dado que el punto de inyección de la potencia activa del parque fotovoltaico corresponde a 23 kV, no es necesario indicar la potencia activa inyectada en la barra de alta tensión del parque, ni las pérdidas en el transformador de poder de la central.

Por lo tanto, el mínimo técnico se calculará con la siguiente fórmula

$$MinTec = P_2 + P_{Colector} \quad (1)$$

En La Fig. 5 se presenta el registro de medición de la potencia inyectada en la barra de media tensión (P2) del Parque Fotovoltaico

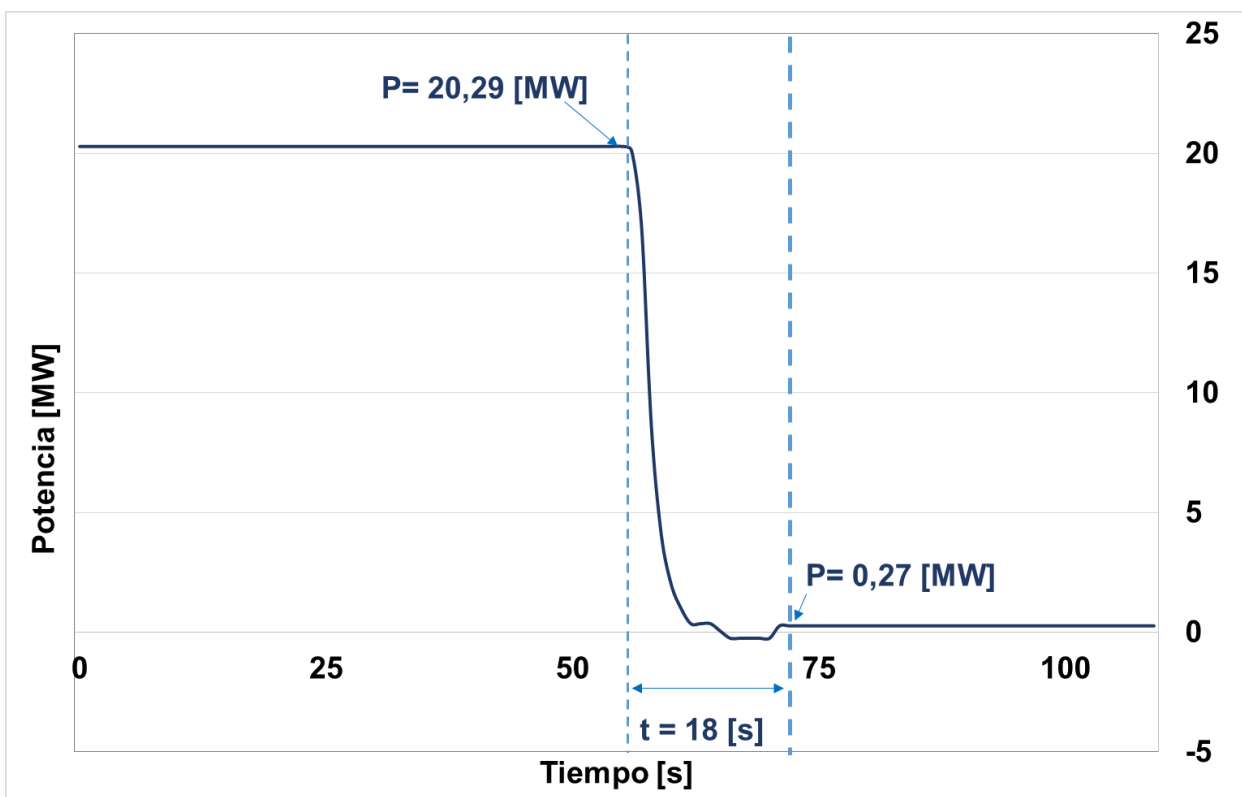


Fig. 5 Registro de Medición Potencia Inyectada en media tensión (P2)

Considerando las pérdidas en el sistema colector de **6,3%**, obtenidas mediante PVSyst, se obtiene una pérdida de 0,018 [MW], lo cual equivale a un mínimo técnico de **0,2929 [MW]**

El valor de mínimo técnico del Parque Fotovoltaico Andes Solar, tiene relación con la manera en que los inversores del parque controlan la potencia activa de producción, la cual es realizada través de algoritmos MPPT (Maximum power point tracking), cuya finalidad es maximizar la producción de energía en cualquier condición de operación del parque, lo cual se logra básicamente variando la tensión en el lado de continua del inversor y generando una variación en la potencia de salida del inversor.

Como se muestra en la Fig. 6, cuando no hay restricción en la consigna de potencia activa del inversor, el algoritmo MPPT utiliza la curva P/V para llevar al inversor a trabajar en el punto de máxima generación ($P_{PV\ max}$) para una tensión DC del inversor igual a V_{MPP}

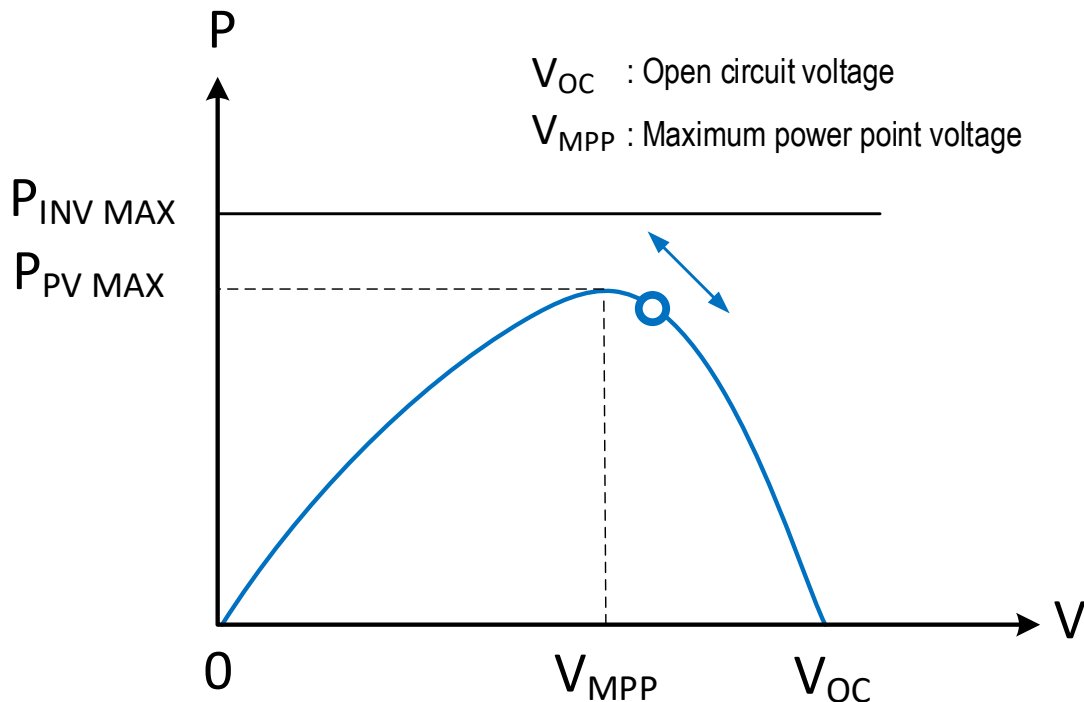


Fig. 6 Algoritmo MPPT. La máxima producción de energía se produce en el punto $P_{PV\ MAX}$, V_{MPP}

5. Justificaciones que describe fuentes de Inestabilidad del Parque Solar

De acuerdo al registro de potencia realizado el día 9 de Noviembre de 2017, se constata que el Parque Fotovoltaico Andes Solar puede generar en todo el rango definido entre los valores de mínimo técnico hasta su potencia nominal, por lo que no se han realizado hallazgos de inestabilidad

6. Conclusiones

De acuerdo a lo expuesto en el presente informe, se concluye que los parámetros de mínimo técnico del parque Fotovoltaico Andes Solar corresponde a 0,2929 [MW]