



ESTUDIOS
SISTEMICOS
POR UN MUNDO MAS RENOVABLE

CLIENTE: ENERBLAN

INFORME DE MÍNIMO TÉCNICO (MT)

PFV ESPIGA DE ORO (NUP 3561)

CÓDIGO: 24128-INF-ENE-008

REVISIÓN B

Fecha de emisión: 19/12/2024



www.estudiossistemicos.cl



El presente documento fue preparado por los siguientes profesionales de Estudios Sistémicos SpA.

Profesional	Correo	Departamento
Franco Leonel Musso	franco.musso@estudiossistemicos.cl	Departamento de Ensayos
Emiliano Chiapponi	emiliano.chiapponi@estudiossistemicos.cl	Departamento de Ensayos
Carlos Núñez Cortes	carlos.nunez@estudiossistemicos.cl	Departamento de Ensayos

La fecha de emisión de cada revisión y la actividad de los respectivos encargados se indican en la siguiente tabla:

Revisión	Fecha	Realizó	Revisó	Aprobó	Comentarios
A	16.12.2024	CNC	ENC	FLM	Para presentar
B	19.12.2024	CNC	ENC	FLM	Contempla observaciones del cliente

No se permiten copias de este documento sin la autorización de ESTUDIOS SISTÉMICOS SpA





TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Abreviaturas y definiciones	6
1.2 Personal participante.....	6
1.3 Equipo utilizado	6
2. ASPECTOS NORMATIVOS	7
3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL	9
3.1 Diagrama unilineal simplificado (DUS).....	10
3.2 Paneles fotovoltaicos.....	13
3.3 Inversores	13
3.4 Transformador principal.....	15
3.5 Transformador de servicios auxiliares (SSAA).....	16
4. DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO	17
4.1 Introducción	17
4.2 Nomenclatura.....	18
4.3 Objetivos.....	19
4.4 Señales registradas.....	20
4.5 Determinación de consumo de SSAA de la planta.....	21
4.6 Mínimo técnico con un único inversor en servicio	22
4.6.1 Potencia bruta	23
4.6.2 Potencia SS.AA.....	23
4.6.3 Potencia neta.....	24
4.6.4 Pérdidas en la central	24
4.7 Mínimo técnico con todos los inversores en servicio	26
4.7.1 Potencia bruta	27
4.7.2 Potencia SS.AA.....	27
4.7.3 Potencia neta.....	28
4.7.4 Pérdidas en la central	28
5. CONCLUSIONES	30
6. ANEXOS	31
7. REFERENCIAS	38





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Condición del parque – Prueba de MT con un único inversor en servicio.....	7
Figura 2-2: Condición del parque – Prueba de MT con todos los inversores en servicio.....	8
Figura 3-1: Ubicación geográfica - PFV Espiga de Oro	9
Figura 3-2: Diagrama unilineal - PFV Espiga de Oro [2].....	11
Figura 3-3: Distribución de los paneles - PFV Espiga de Oro [3]	12
Figura 3-4: Diagrama de bloques simplificado – Inversores Sungrow SG350HX [5]	13
Figura 3-5: Curva de capacidad @30°C – Inversores Sungrow SG350HX [6]	14
Figura 3-6: Curva de eficiencia – Inversores Sungrow SG350HX [5]	14
Figura 4-1: Esquema simplificado de un parque fotovoltaico.....	18
Figura 4-2: Relaciones entre los valores a obtener y los elementos del PFV Espiga de Oro	19
Figura 4-3: Potencia neta (PNETA) - Ensayo para determinar consumo SSAA – Inversores en “stand-by”	21
Figura 4-4: Ensayo de MT – Un único inversor en servicio – PNETA y PBRUTA	22
Figura 4-5: Ensayo de MT – Un único inversor en servicio – PINV.....	23
Figura 4-6: Ensayo de MT – Todos los inversores en servicio – PNETA y PBRUTA.....	26
Figura 4-7: Ensayo de MT – Todos los inversores en servicio – PINV	27
Figura 6-1: Hoja de datos - Paneles fotovoltaicos CanadianSolar CS7N-660MB-AG [4]	31
Figura 6-2: Hoja de datos - Inversores Sungrow SG350HX [10]	32
Figura 6-3: Consumo de inversores Sungrow SG350HX [11]	33
Figura 6-4: Hoja de datos - Transformador principal [7].....	34
Figura 6-5: Foto de placa – Transformador principal.....	35
Figura 6-6: Foto de placa – Transformador principal.....	35
Figura 6-7: Hoja de datos – Transformador de SSAA.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Abreviaturas y descripciones generales.....	6
Tabla 1-2: Personal participante en los ensayos.....	6
Tabla 1-3: Equipo utilizado en los ensayos	6
Tabla 3-1: Longitudes y tipo de conductor de los tramos de la red colectora	10
Tabla 3-2: Inversor cercano y lejano del parque.....	10
Tabla 3-3: Parámetros principales – Paneles fotovoltaicos Canadian Solar CS7N-660MB-AG [2]	13
Tabla 3-4: Parámetros principales – Inversores Sungrow SG350HX [3].....	13
Tabla 3-5: Parámetros principales - Transformador principal [5] [6].....	15
Tabla 3-6: Parámetros principales - Transformador de servicios auxiliares (SSAA) [7]	16
Tabla 4-1: Señales registradas durante los ensayos	20
Tabla 5-1: Resumen de resultados - Mínimo técnico - PFV Espiga de Oro	30
Tabla 6-1: Consumos – Transformador principal [6].....	36





INFORME DE MÍNIMO TÉCNICO (MT)

PFV Espiga de Oro (NUP 3561)

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento detalla los resultados y el procedimiento de determinación del mínimo técnico (MT) del PFV Espiga de Oro, a partir de las pruebas llevadas a cabo en terreno y en función con lo establecido en el “Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” [1].

El PFV Espiga de Oro (NUP 3561) se encuentra localizado en la región de Bio Bio, comuna de Negrete, localidad de Vaquería, Chile. Se trata de un parque fotovoltaico compuesto por ocho (8) inversores Sungrow SG350HX de 352 kVA@30°C de potencia nominal, un (1) transformador elevador de relación 23/0,8 kV y 3200 kVA de potencia nominal, y un (1) transformador de servicios auxiliares (SSAA) de relación 0,8/0,4 kV y potencia nominal 15 kVA. En total, el PFV Espiga de Oro cuenta con una **potencia instalada de 2,816 MW**. La potencia instalada corresponde a la sumatoria de la potencia nominal de los inversores del parque.

Los resultados del presente informe se basan en ensayos realizados, sobre el PFV Espiga de Oro, durante el día 30 de noviembre del 2024.

Dentro de este informe, en la sección 3, se realizará una descripción detallada del PFV Espiga de Oro. Dentro de la misma se presentarán los principales elementos del parque, siendo estos: los paneles fotovoltaicos, los inversores, el transformador principal y el transformador de SSAA. Adicionalmente, se indicarán los parámetros principales, y se presentarán capturas de los documentos de los fabricantes, de los mismos. Toda la información presentada en este informe podrá encontrarse dentro del archivo “24128-ANX-ENE-010 – PFV Espiga de Oro – Anexo documentos”, el cual se enviará junto con el presente informe.

En la sección 4 se presentará la determinación del mínimo técnico, la cual se realiza para dos (2) condiciones de operación distintas:

- Determinación de mínimo técnico con un único inversor en servicio (4.6)
- Determinación de mínimo técnico con la totalidad del parque en servicio (4.7)

Finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones. Dichas conclusiones surgen de los diferentes ensayos y cálculos realizados del presente informe.

Adicionalmente, en la sección 6, se presentan capturas de los diferentes documentos utilizados en el informe. Estas capturas están principalmente relacionadas con la información presentada en la sección 3. Toda la información presentada en la sección 6 se enviará, junto con este informe, en el archivo “24128-ANX-ENE-010 – PFV Espiga de Oro – Anexo documentos”.





1.1 Abreviaturas y definiciones

En la Tabla 1-1 se presentan las abreviaturas utilizadas en el presente documento. Para cada una de las mismas se indica su correspondiente descripción.

Tabla 1-1: Abreviaturas y descripciones generales

Abreviatura	Descripción
CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
MT	Mínimo Técnico
SI	Sistema Interconectado
MT	Media Tensión – 23 kV
BT	Baja Tensión – 0,8 kV
POI	Punto de Interconexión ('Point Of Interconnection')
INV	Inversor
SSAA	Servicios Auxiliares
P_{neta}	Potencia activa neta generada por el parque en su POI
P_{bruta}	Sumatoria de la potencia activa bruta generada por cada uno de los inversores del parque en BT
$P_{tr.princ}$	Pérdidas del transformador principal del parque
P_{SSAA}	Potencia activa consumida por los servicios auxiliares del parque
$P_{colector}$	Pérdidas en el sistema colector del parque
$P_{conductores}$	Perdidas en los conductores de la red colectora del parque

1.2 Personal participante

Tabla 1-2: Personal participante en los ensayos

Personal	Fecha
Ing. Carlos Núñez Cortés	30 de noviembre de 2024
Ing. Marcelo Jiménez Astorga	

1.3 Equipo utilizado

Tabla 1-3: Equipo utilizado en los ensayos

Marca	Modelo	Tasa de muestreo
ELSPEC	G4500 (BLACKBOX)	1 ms





2. ASPECTOS NORMATIVOS

El documento “Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” [1] establece cómo determinar e informar la potencia activa bruta mínima, con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al SI en forma continua. Aquellas restricciones operativas tales como restricciones del sistema de transmisión, medioambientales, convenios de riego, entre otras, no deberán ser consideradas en la determinación de este valor, es decir, solo debe obedecer a restricciones técnicas de operación de la unidad.

La determinación del mínimo técnico, en el parque fotovoltaicos, se realiza para las siguientes dos (2) condiciones:

- **Mínimo Técnico con un único inversor en servicio:** Se despachará un único inversor en el mínimo valor de potencia activa en el que este sea capaz de operar, de forma segura, estable y que permita obtener un valor de potencia activa en el POI (23 kV), cercano a cero o superior. Durante la misma, la totalidad del parque debe encontrarse energizado. En la Figura 2-1 se presenta el escenario planteado para la realización del ensayo.

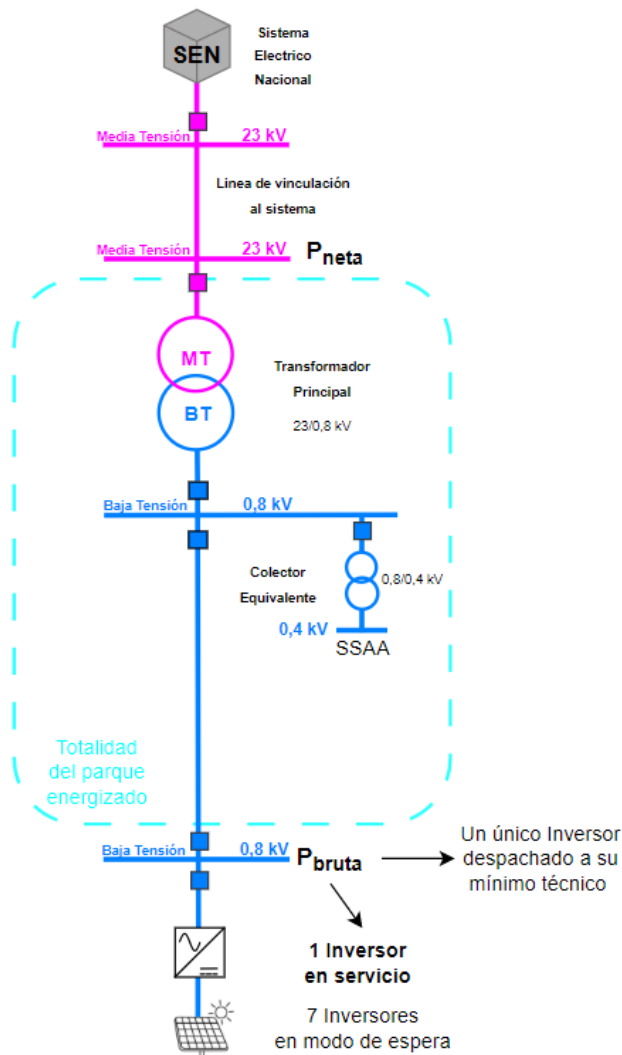


Figura 2-1: Condición del parque – Prueba de MT con un único inversor en servicio



- **Mínimo Técnico con la totalidad de los inversores en servicio:** Se despachará a todos los inversores en el mínimo valor de potencia activa en el que estos sean capaces de operar, de forma segura y estable. El valor de potencia activa registrado en el POI (23 kV), durante esta prueba, puede ser cero o superior. Durante la misma la totalidad del parque debe encontrarse energizado. En la Figura 2-2 se presenta el escenario planteado para la realización del ensayo.

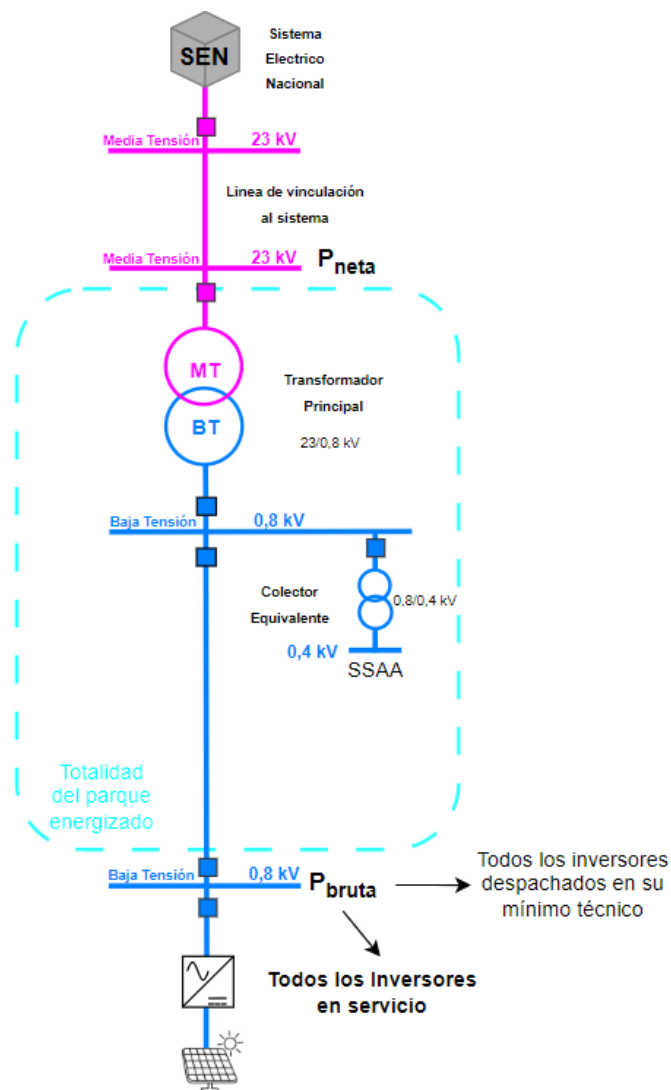


Figura 2-2: Condición del parque – Prueba de MT con todos los inversores en servicio



3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

El Proyecto PFV Espiga de Oro (NUP 3561) se encuentra localizado en la región de Bio Bio, comuna de Negrete, localidad de Vaquería, Chile. A continuación, en la Figura 3-1, se presenta la ubicación geográfica de la central.

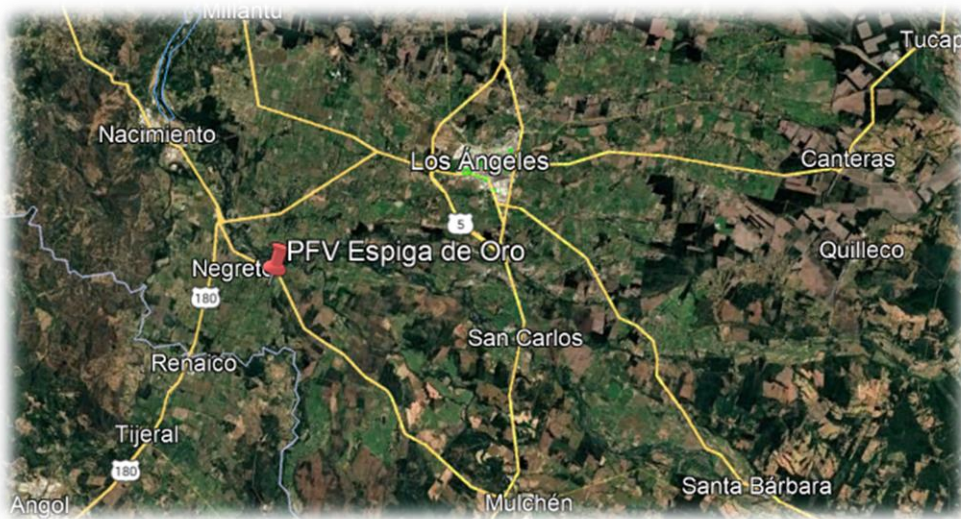


Figura 3-1: Ubicación geográfica - PFV Espiga de Oro

El parque está compuesto por ocho (8) inversores Sungrow SG350HX de 352 kVA@30°C de potencia nominal, un transformador principal de relación 23/0,8 kV y 3200 kVA de potencia nominal, y un transformador de servicios auxiliares (SSAA) de relación 0,8/0,4 kV y potencia nominal 15 kVA. La potencia instalada del PFV Espiga de Oro es de 2816 kW.

La energía del parque es generada por paneles solares marca CanadianSolar, modelo CS7N-660MB-AG, cuya potencia máxima es de 660 W. Los paneles se agrupan en “strings” de 30 unidades, para luego conectarse a los inversores. Cada inversor se encuentra conectado a una cantidad de “strings” que puede variar entre un mínimo de 17 y un máximo de 20. El detalle de la cantidad de “strings” que se conectan a cada inversor se puede observar en la Figura 3-2.

La tensión nominal de salida de los inversores es de 0,8 kV. Los mismos se conectan al transformador elevador a través de la red colectora del parque. Dicha red cuenta con un único circuito colector que opera en 0,8 kV. El transformador principal es el encargado de elevar la tensión de la red colectora a 23 kV, para poder conectar el parque al SEN. La energía generada se transmitirá mediante una línea eléctrica de 23 kV, compuesta por un conductor desnudo tipo AAAC Alliance de 125 mm², con una longitud aproximada de 0,47 km. Esta línea se conectará al SEN a través de una conexión en derivación de la línea 1x23 kV PE La Esperanza – Negrete, en la estructura N°27.

Como se mencionó previamente, el parque cuenta con un transformador de SSAA de relación 0,8/0,4 kV y potencia nominal 15 kVA. Este transformador es el encargado de alimentar todos los servicios auxiliares de la planta.

Es importante destacar que el parque no cuenta con un control conjunto de planta (PPC). Los ocho (8) inversores del parque reciben su consigna desde un “data logger”. El mismo es marca Sungrow y modelo Logger4000. Este equipo permite configurar los diferentes parámetros de operación de los inversores y enviar consignas de potencia activa y reactiva a los mismos, pero no posee una lógica de control propia.





3.1 Diagrama unilineal simplificado (DUS)

En la Figura 3-2 se puede observar el diagrama unifilar simplificado del PFV Espiga de Oro. Se indica en la misma, en color verde y color azul, el transformador principal y de servicio auxiliares, respectivamente. Adicionalmente, en la Figura 3-2, se puede observar la subestación propia del parque, denominada Espiga de Oro e indicada en color rojo.

A continuación, en la Tabla 3-1, se presenta la longitud y el conductor utilizado en cada uno de los tramos de la red colectora de BT del PFV Espiga de Oro.

Tabla 3-1: Longitudes y tipo de conductor de los tramos de la red colectora

Inicio	Fin	Longitud [km]	Conductor
Inversor 1	Transformador principal	0,173	TOPSOLAR PV 1500 V AL – 185 mm ²
Inversor 2		0,125	
Inversor 3		0,173	
Inversor 4		0,125	
Inversor 5		0,18	
Inversor 6		0,131	
Inversor 7		0,18	
Inversor 8		0,131	

Adicionalmente, en la Tabla 3-2, se indican los inversores cercano y lejano del parque, junto con sus distancias a la S/E Espiga de Oro. Estos inversores se indican en color naranja y violeta, en la Figura 3-2, respectivamente.

Tabla 3-2: Inversor cercano y lejano del parque

Inversor	Distancia a la S/E
2 (Cercano)	0,595 km
7 (Lejano)	0,650 km

Por otro lado, en la Figura 3-3, se puede observar la distribución de los paneles correspondiente a cada uno de los inversores del parque.



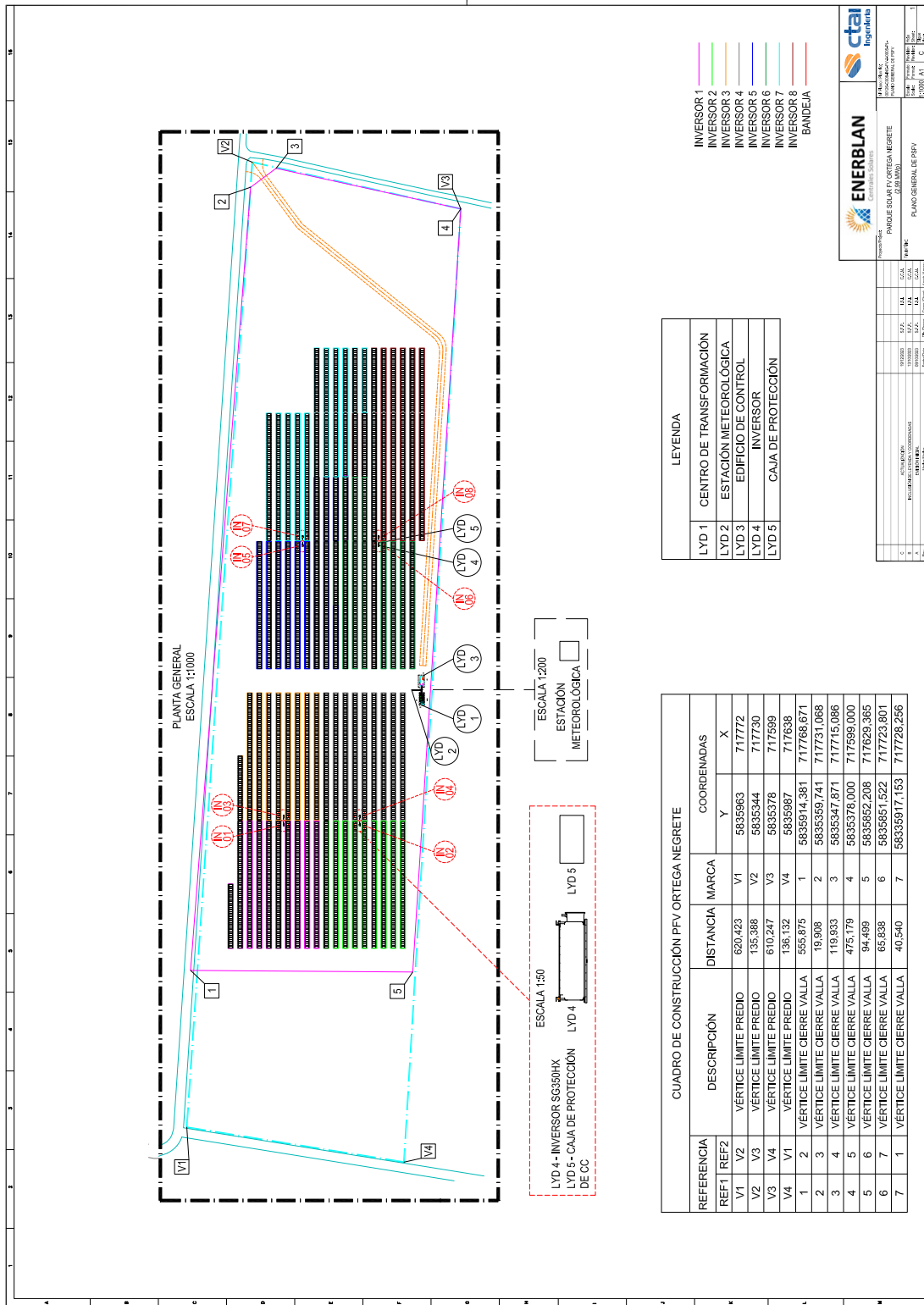


Figura 3-3: Distribución de los paneles - PFV Espiga de Oro [3]

3.2 Paneles fotovoltaicos

El PFV Espiga de Oro genera energía utilizando paneles fotovoltaicos marca CanadianSolar, modelo CS7N-660MB-AG. La potencia nominal de los mismos es de 660W. Estos paneles se agrupan en serie en “strings” de 30 unidades, para luego conectarse a los inversores. Cada inversor se encuentra conectado a una cantidad de “strings” que puede ir entre 17 y 20. En el diagrama unifilar de la Figura 2-2 se observa el detalle de cuantos “strings” se conectan a cada inversor.

En el ANEXO I se presenta la hoja de datos de los paneles fotovoltaicos. A partir de la información presentada en dicho anexo, se resumen en la Tabla 3-3 los parámetros principales de los mismos.

Tabla 3-3: Parámetros principales – Paneles fotovoltaicos Canadian Solar CS7N-660MB-AG [4]

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal	660	W
Tensión nominal de salida	38,3	V
Corriente nominal de salida	17,24	A
Tipo de celda	Mono cristalina	-
Temperatura de operación	-40 a +85	°C

(*) Los parámetros son informados para una irradiancia de 1000 W/m² y para una temperatura de celda de 25°C

3.3 Inversores

Los ocho (8) inversores del PFV Espiga de Oro son marca Sungrow y modelo SG350HX. Los mismos cuentan con una potencia nominal de 352 kVA@30°C y una tensión nominal de salida de 800 V. Cada inversor se encuentra conectado a una cantidad de paneles que puede ir desde un mínimo de 510 a un máximo de 600. Estos inversores son los encargados de convertir la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna. A continuación, se puede observar un diagrama de bloques simplificado de estos inversores.

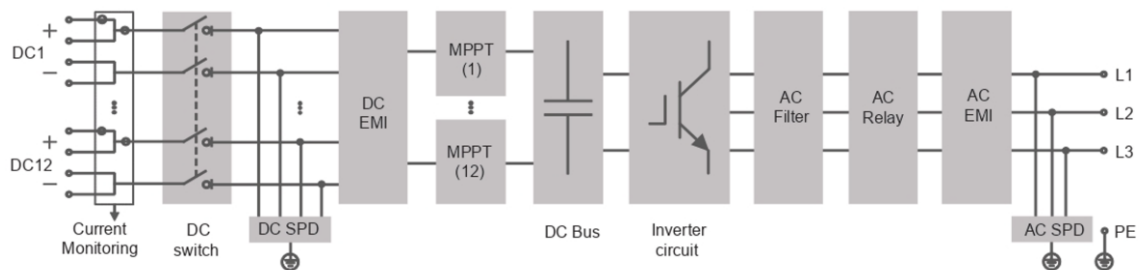


Figura 3-4: Diagrama de bloques simplificado – Inversores Sungrow SG350HX [5]

La hoja de datos de los inversores se presenta en el ANEXO II. A partir de la información presentada en dicho anexo, se resumen en la Tabla 3-4, los parámetros principales de los mismos.

Tabla 3-4: Parámetros principales – Inversores Sungrow SG350HX [5]

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia activa nominal @30°C	329	kW
Potencia aparente nominal @30°C	352	kVA
Tensión nominal de salida	800	V
Corriente máxima de salida	254	A
Tensión nominal de entrada	1080	V





Parámetro	Valor	Unidad
Factor de potencia	-0,8 (ind) / +0,8 (cap)	-
Consumo en producción	265	W
Consumo en stand-by	6	W

A continuación, en la Figura 3-5, se presenta la curva de capacidad de los inversores del PFV Espiga de Oro. La curva se presenta para una temperatura de 30°C y para múltiples valores de tensión nominal.

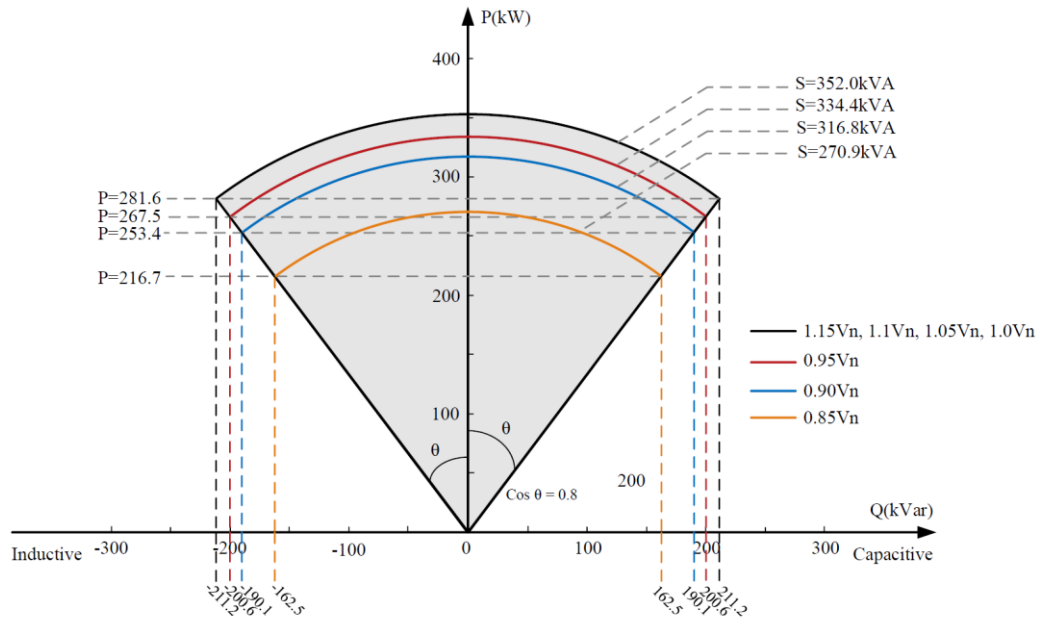


Figura 3-5: Curva de capacidad @30°C – Inversores Sungrow SG350HX [6]

Adicionalmente, en la Figura 3-6, se presenta la curva de eficiencia de los inversores en función de la potencia.

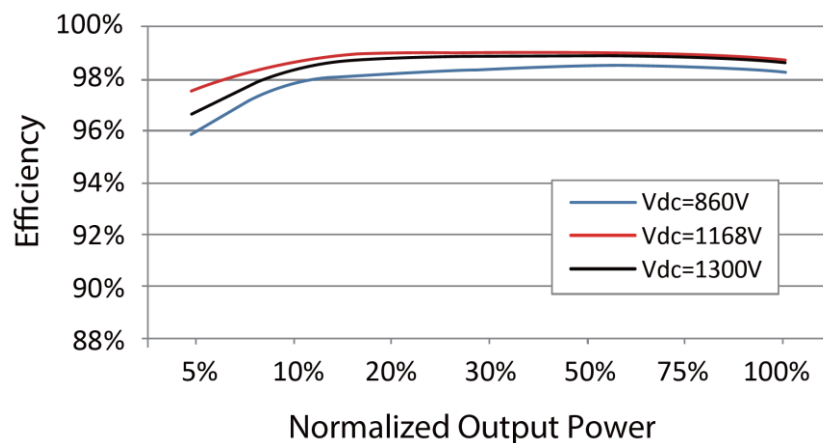


Figura 3-6: Curva de eficiencia – Inversores Sungrow SG350HX [5]



3.4 Transformador principal

El PFV Espiga de Oro inyecta la potencia generada, al SEN, por medio de un transformador de 23/0,8 kV de 3200 kVA de potencia nominal. Este transformador, cuyos arrollamientos tienen una configuración Dy11, dispone de un sistema de cambiador de taps en vacío en el lado de 23 kV.

La hoja de datos del transformador principal se presenta en el ANEXO III. A partir de la información presentada en dicho anexo, se resumen en la Tabla 3-5, los parámetros principales del mismo. Las pérdidas del transformador, junto con la impedancia de secuencia positiva, fueron obtenidas de la foto de placa presentada en la Figura 6-6.

Tabla 3-5: Parámetros principales - Transformador principal [7] [8]

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal @ 40°C	3200	kVA
Frecuencia	50	Hz
Cantidad de devanados	2	-
Tensión lado de MT	23	kV
Tensión lado de BT	0,8	kV
Posiciones de TAP (23 kV)	$\pm 2 \times 2,5$	%
Tipo de cambiador de tap	Vacío	-
Impedancia de secuencia positiva	6,62	%
Impedancia de secuencia cero (1)	5,627	%
Grupo de conexión	Dy11	-
Pérdidas en vacío	2,974	kW
Pérdidas en carga	26,98	kW

(1) Se obtiene como el 85% de la impedancia de secuencia positiva





3.5 Transformador de servicios auxiliares (SSAA)

Los servicios auxiliares del PFV Espiga de Oro son alimentados por un único transformador de SSAA. El mismo posee una relación de transformación de 0,8/0,4 kV y una potencia nominal de 15 kVA. La conexión del transformador de SSAA del PFV Espiga de Oro puede observarse en la Figura 3-2.

En el ANEXO IV se presenta la hoja de datos del transformador de SSAA. A partir de la información presentada en dicho anexo, se resumen en la Tabla 3-6, los parámetros principales del mismo.

Tabla 3-6: Parámetros principales - Transformador de servicios auxiliares (SSAA) [9]

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia nominal (ONAN)	15	kVA
Frecuencia	50	Hz
Tensión lado de BT	0,4	kV
Tensión lado de BT'	0,8	kV
Impedancia de sec. positiva	3,0	%
Impedancia de sec. cero (1)	2,55	%
Grupo de conexión	Dyn11	-
Pérdidas en vacío	0,16	kW
Pérdidas en carga	0,42	kW

(1) Se obtiene como el 85% de la impedancia de secuencia positiva





4. DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO

4.1 Introducción

En este capítulo se desarrolla el cálculo de los valores de mínimo técnico (MT) del PFV Espiga de Oro. Para ello, es necesario definir la nomenclatura (sección 4.2) a utilizar junto con los valores que se desea obtener (sección 4.3). Una vez realizadas dichas definiciones, se presentan los ensayos de mínimo técnico realizados (4.6 y 4.7). A partir de estos ensayos, se realiza el cálculo de los valores objetivo.

Como se mencionó en la sección 2, en el caso de los parques fotovoltaicos, la determinación del mínimo técnico se realiza para las siguientes condiciones de operación:

- **Mínimo técnico con un único inversor en servicio:** Durante el ensayo correspondiente a esta condición, se despachó únicamente al inversor N°01 (INV01), mientras que el resto de los inversores se encontraba en estado de “stand-by”. Los resultados correspondientes serán presentados en la sección 4.6.
- **Mínimo técnico con todos los inversores en servicio:** Durante el ensayo correspondiente a esta condición, se despacharon todos los inversores del parque (INV01, INV02, ... INV08). Los resultados correspondientes a esta condición serán presentados en la sección 4.7.

A continuación, se presenta la nomenclatura a utilizar durante el cálculo de los valores de mínimo técnico.





4.2 Nomenclatura

En la Figura 4-1 se presenta el esquema simplificado de un parque fotovoltaico. A partir del mismo, se pueden identificar y definir los elementos que se enumeran en la siguiente figura.

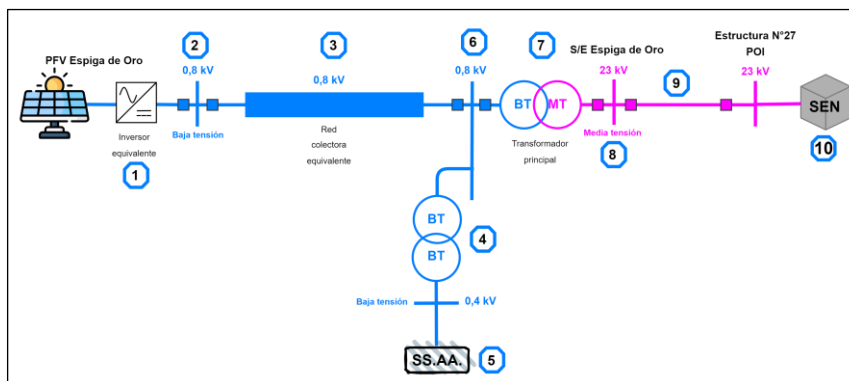


Figura 4-1: Esquema simplificado de un parque fotovoltaico

- 1- **Inversor equivalente:** Este inversor es el encargado de representar, mediante un único elemento, a todos los inversores que componen al parque. Su potencia nominal es equivalente a la sumatoria de la potencia nominal de cada uno de los inversores del parque. Representará la suma de los aportes de potencia activa de cada uno de los inversores que componen el parque. El termino asociado a dicho valor es P_{bruta} .
- 2- **Barra de baja tensión (BT):** Corresponde a la tensión nominal, en bornes, del inversor equivalente del parque. En este nivel de tensión operan los tramos de línea que conectan al inversor equivalente con el transformador principal.
- 3- **Red colectora equivalente (BT):** Representa a la red colectora equivalente del parque. Esta es la encargada de transportar la potencia generada por el inversor equivalente hasta el transformador principal de la central. La misma está compuesta por las líneas que conectan a cada uno de los inversores con el transformador principal.
- 4- **Transformador de servicios auxiliares:** Representa al transformador de baja tensión (0,8 kV) a baja tensión (0,4 kV), encargado de alimentar los servicios auxiliares del parque.
- 5- **Servicios auxiliares (SS.AA.):** Corresponde al consumo de los SSAA generales del parque, dentro de este término también se contemplan las pérdidas del transformador de SSAA.
- 6- **Barra de baja tensión (BT) del transformador de principal:** Corresponde a la barra de baja tensión donde se conecta el transformador principal a la red colectora del parque.
- 7- **Transformador de principal:** Este transformador se encuentra dentro del parque, a la salida de la central y es el encargado de elevar la tensión para poder conectar el parque al SEN. Las pérdidas de este serán representadas con el termino $P_{tr.princ}$.
- 8- **Barra de media tensión (MT) del transformador principal:** Representa al nivel de media tensión del transformador principal de la central. En este nivel de tensión el parque inyecta potencia al SEN.
- 9- **Línea dedicada de la central:** Línea de media tensión que vincula a la S/E Espiga de Oro con el POI del parque. Para hacer referencia a la potencia inyectada por el parque al final de esta línea, es decir, en el POI, se utilizará el termino P_{neta} .
- 10- **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**



4.3 Objetivos

El objetivo del presente informe es la obtención de los valores que se presentan a continuación, para las dos condiciones de operación del PFV Espiga de Oro presentadas en la sección 2. En la Figura 4-2 se asocian los valores que se describen a continuación, con los elementos correspondientes al PFV Espiga de Oro.

- 1) **Potencia bruta (P_{bruta}):** Corresponde a la sumatoria de la potencia activa generada por los inversores en BT (0,8 kV). Al calcular el mínimo técnico con un único inversor en servicio, este valor corresponderá a la potencia generada por el inversor INV01. Mientras que, al determinar el mínimo técnico con todos los inversores en servicio, este valor corresponderá a la potencia generada por los ocho (8) inversores que componen el PFV Espiga de Oro.
- 2) **Potencia de SS.AA. (P_{SSAA}):** Corresponde a la suma del consumo propio de los inversores que se encontraban en servicio durante el ensayo, al consumo de los servicios auxiliares de la central y a las pérdidas del transformador de SSAA. El consumo de los servicios auxiliares de la central se determinará en la sección 4.5.
- 3) **Pérdidas en la central ($P_{central}$):** Corresponde a la suma de las pérdidas del transformador principal y las pérdidas de la red colector. Las pérdidas para el transformador principal pueden observarse en la sección 3.4. Este término es equivalente a la suma de $P_{colector}$ (definido en la sección anterior) y a las pérdidas del transformador principal ($P_{tr.princ}$).
- 4) **Potencia neta (P_{neta}):** Corresponde a la potencia inyectada por el parque en el POI. Es decir, en la estructura N°27 de la línea 1x23 kV PE La Esperanza - Negrete.

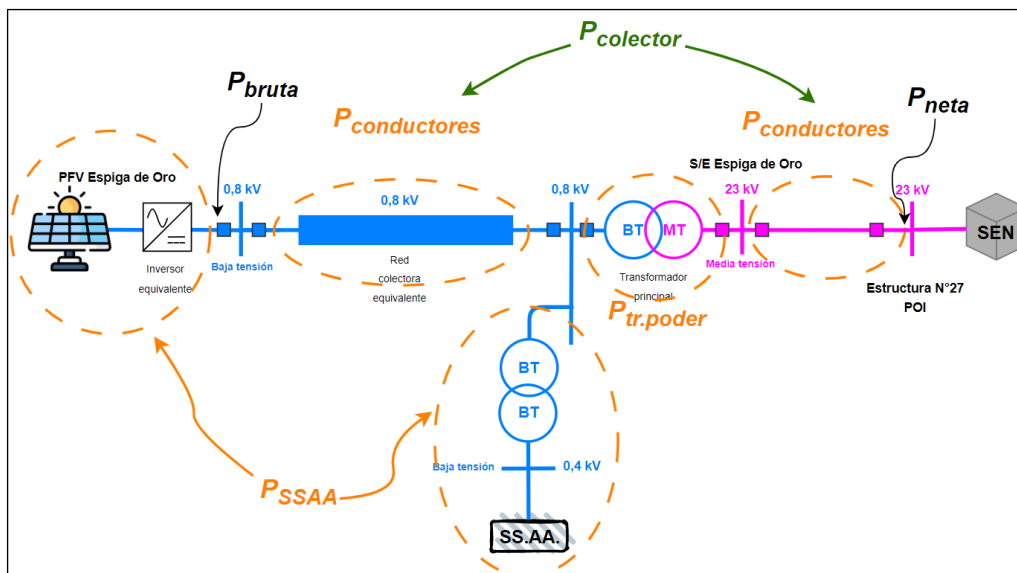


Figura 4-2: Relaciones entre los valores a obtener y los elementos del PFV Espiga de Oro



4.4 Señales registradas

Durante los ensayos, que se presentarán a continuación, se realizó la medición de las variables utilizando el sistema de adquisición de datos propio del “data logger” de planta. Esto se debe a que el equipo de planta contaba con la posibilidad de registrar la potencia en el POI del parque, punto en el cual no era posible conectar el equipo propio de Estudios Sistémicos. Esto se debe a que el equipo compacto de medida, que se encuentra en el POI del parque, está ubicado en un poste en altura y se encuentra precintado junto a la medición de facturación. El sistema de planta fue el encargado de registrar las señales correspondientes a cada uno de los inversores y al POI del parque, mientras que el adquirente de datos propio de Estudios Sistémicos registró las señales en BT (0,8 kV) en la entrada del transformador principal. La tasa de muestreo del “data logger” de planta es de un (1) minuto, sin embargo, como se busca obtener un valor constante durante un amplio periodo de tiempo, la misma resulta suficiente.

La totalidad de las señales registradas se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4-1: Señales registradas durante los ensayos

Variable	Descripción	Punto de medición
PINV	Potencia activa del inversor	Bornes del inversor (BT)
QINV	Potencia reactiva del inversor	Bornes del inversor (BT)
VINV	Tensión fase-fase del inversor	Bornes del inversor (BT)
IINV	Corriente de fase del inversor	Bornes del inversor (BT)
PPOI	Potencia activa total generada por el parque	POI del parque (MT)
QPOI	Potencia reactiva total generada por el parque	POI del parque (MT)
VPOI	Tensión fase-fase del parque	POI del parque (MT)
IPOI	Corriente de fase del parque	POI del parque (MT)
FREC	Frecuencia eléctrica	POI del parque (MT)

De la totalidad de las señales registradas, resultan de interés y serán presentadas en este capítulo las siguientes:

- **PPOI [kW]:** Esta señal corresponde a la potencia activa inyectada por el parque en MT (23 kV). Como se indicó en la sección 4.3, esta señal corresponde a la potencia neta y por ello se graficará con el nombre **PNETA**.
- **PINV [kW]:** Esta señal corresponde a la potencia activa generada por cada inversor en BT (0,8 kV). Como se indicó en la sección 4.3, la sumatoria de la potencia activa generada por cada inversor corresponde a la potencia bruta. Debido a esto, se graficará la sumatoria de las señales PINV con el nombre **PBRUTA**. Adicionalmente, se graficará cada una de las señales PINV por separado (**PINV1, PINV2, PINV3, PINV4, PINV5, PINV6, PINV7 y PINV8**).

A continuación, se presenta el resultado de los ensayos de MT del PFV Espiga de Oro.





4.5 Determinación de consumo de SSAA de la planta

Para la determinación del consumo de los servicios auxiliares del PFV Espiga de Oro (NUP 3561), se considera el flujo de potencia en el POI considerando la totalidad de inversores que componen el parque en “stand-by”. Dicho flujo está compuesto por las pérdidas del transformador principal en vacío, los consumos de servicios auxiliares propios de la planta y los consumos de SSAA propios de los inversores en “stand-by”.

En la Figura 4-3 se presentan los resultados del ensayo para determinar el consumo de SSAA de la planta, con todos los inversores del PFV Espiga de Oro en “stand-by”. En la figura, en azul, se grafica la potencia activa neta registrada en el POI (23 kV) de la planta. Además, se agrega el promedio obtenido durante el ensayo, en línea negra a trazos. En el caso de la potencia neta, el promedio registrado durante el ensayo fue de **-4,6 kW**, el cual puede ser estimado como la suma de las pérdidas del transformador principal en vacío, el consumo de los servicios auxiliares de la planta y el consumo de SSAA de los inversores en “stand-by”.

En la Tabla 3-5 se observa que las pérdidas del transformador principal, en vacío, corresponden a 2,974 kW. Considerando que el consumo de la planta obtenido en el ensayo es -4,6 kW, y considerando que el consumo de los inversores en “stand-by”, según la Tabla 3-4, es de 0,006 kW, se obtiene que el consumo de servicios auxiliares de planta es de:

$$P'_{SSAA} = P_{POI.ensayo} - P_{tr.princ-vacio} - (P_{perd_{inv. stand-by}} \times N^{\circ} inv)$$
$$P'_{SSAA} = 4,6 \text{ kW} - 2,974 \text{ kW} - (0,006 \text{ kW} \times 8) = 1,578 \text{ kW} \approx \mathbf{1,6 \text{ kW}}$$

Por lo cual, es posible afirmar que **el consumo de SSAA es de aproximadamente 1,6 kW o 0,0016 MW**. Es importantes destacar que el consumo obtenido no contempla el consumo de SSAA de los inversores.

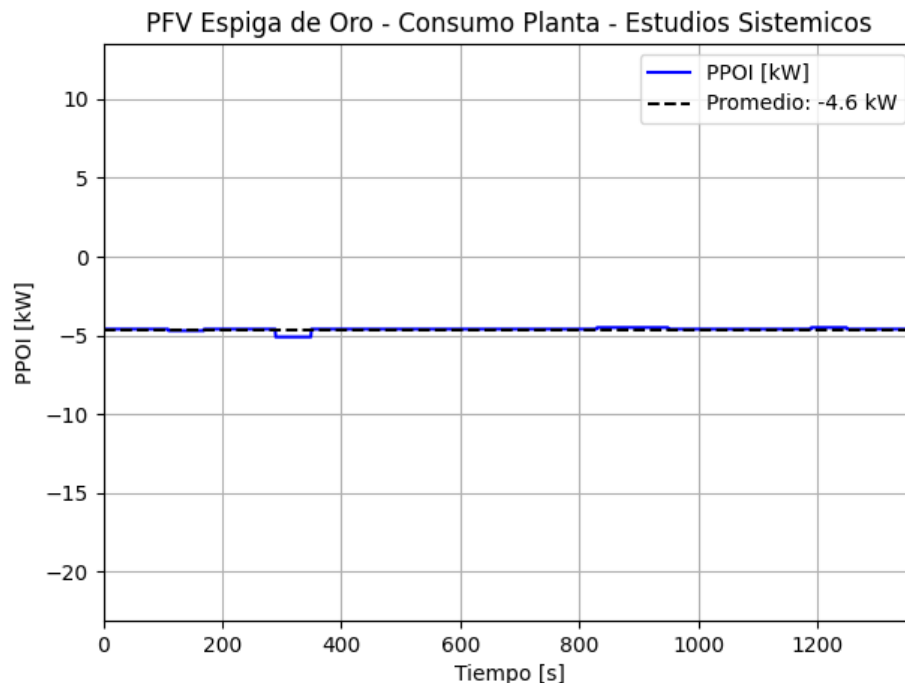


Figura 4-3: Potencia neta (PNETA) - Ensayo para determinar consumo SSAA – Inversores en “stand-by”



4.6 Mínimo técnico con un único inversor en servicio

Para la determinación del MT, con un único inversor en servicio, se despacha un inversor con la mínima consigna de potencia activa que permita la operación estable del mismo, sin que este quede fuera de funcionamiento. El valor de potencia neta en el POI, durante el ensayo, debe ser cercano a cero o superior. Los inversores restantes del parque se configuran en modo “stand-by”. El ensayo correspondiente fue realizado el día 30 de noviembre de 2024 y el inversor despachado fue el N°01 (INV01). Durante la realización del ensayo se mantuvo energizado el parque en su totalidad, es decir, los ocho (8) inversores, el transformador principal y los servicios auxiliares del parque.

En la Figura 4-4 se presentan los resultados del ensayo de MT, con un único inversor en servicio, del PFV Espiga de Oro. En la gráfica superior, en color azul, se grafica la potencia activa neta en el POI del parque. Mientras que, en la gráfica inferior, también en color azul, se grafica la potencia activa bruta (obtenida como la sumatoria de la potencia activa generada por cada uno de los inversores, medida en bornes de los mismos). En el caso particular de esta prueba, la potencia bruta, coincide con la potencia generada por el inversor N°1, ya que este era el único que se encontraba despachado. En ambas gráficas, potencia neta y potencia bruta, se agrega el promedio obtenido durante el ensayo, en línea color negro a trazos. En el caso de la potencia neta, el promedio registrado durante el ensayo fue de **0,6 kW o 0,0006 MW**, mientras que la potencia bruta tuvo un valor promedio de **5,5 kW o 0,0055 MW**.

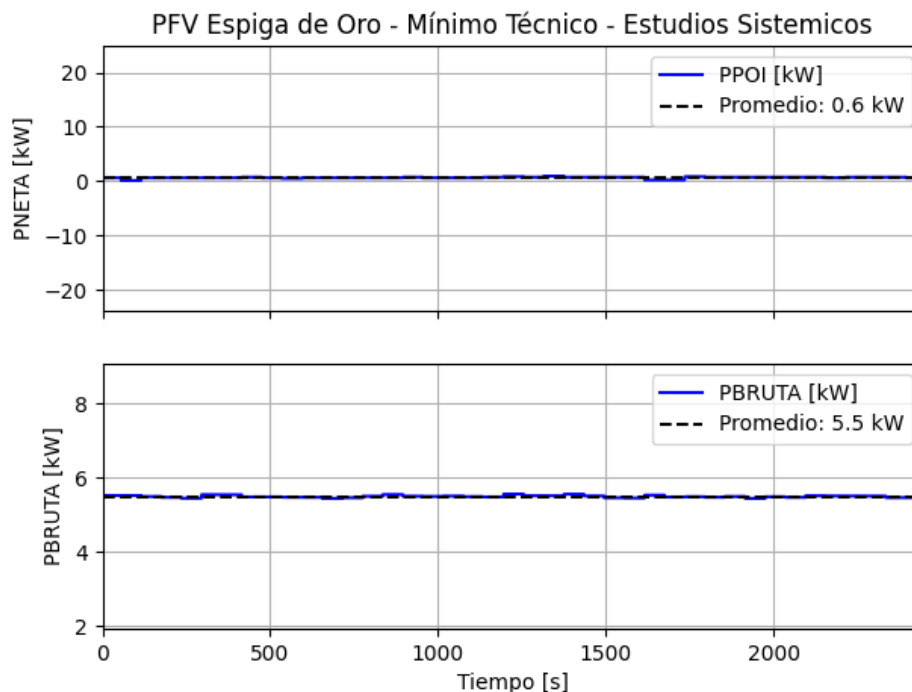


Figura 4-4: Ensayo de MT – Un único inversor en servicio – PNETA y PBRUTA

A continuación, en la Figura 4-5, se presenta la potencia activa generada por cada inversor, durante el ensayo de MT. Dicha potencia activa fue medida en BT, en bornes de cada inversor. La sumatoria de estas señales (PINV1, PINV2, PINV3, PINV4, PINV5, PINV6, PINV7 y PINV8) da como resultado la potencia bruta graficada en la Figura 4-4.

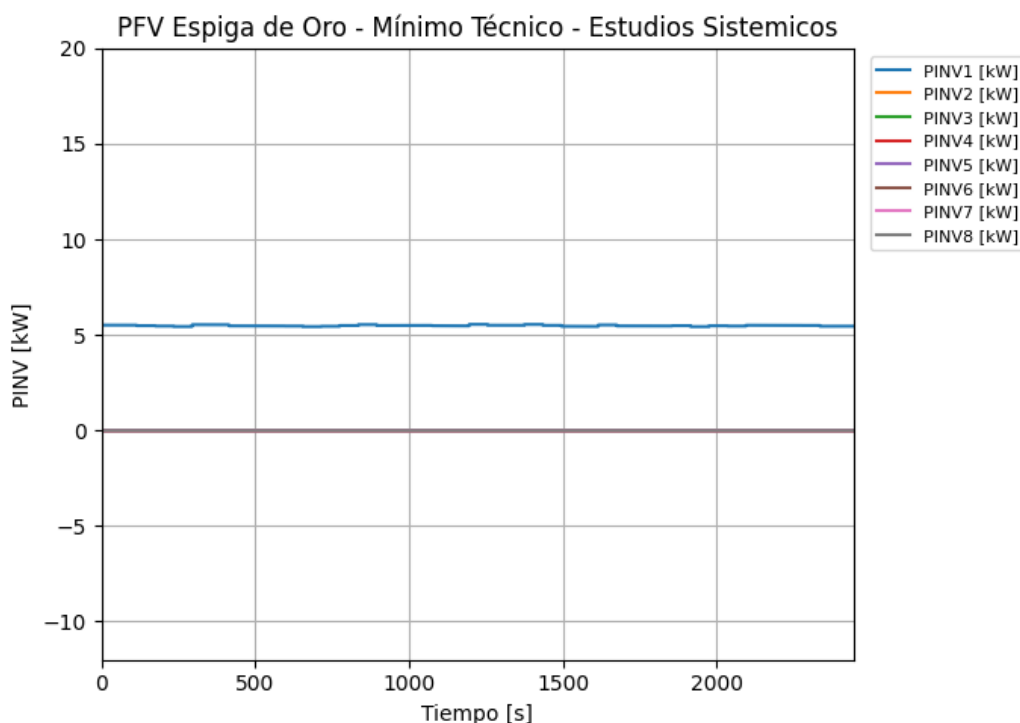


Figura 4-5: Ensayo de MT – Un único inversor en servicio – PINV

A continuación, a partir de los resultados presentados en la Figura 4-4, se presenta el cálculo de los valores detallados en la sección 4.3.

Es importante destacar que los cálculos se realizan utilizando cuatro (4) decimales para los valores expresados en MW y (1) decimal para los valores expresados en kW. De esta forma el mínimo valor contemplado corresponde a 0,1 kW, para ambas unidades mencionadas

4.6.1 Potencia bruta

Para la obtención de la potencia bruta se utiliza la información registrada por los sistemas de planta, durante la realización del ensayo. En la Figura 4-4 se presenta la sumatoria de la potencia activa generada por los inversores en BT, durante el ensayo de mínimo técnico. Esta sumatoria, como se indicó en la sección 4.3, corresponde a la potencia bruta. El promedio de dicha sumatoria, durante el periodo del ensayo, fue de **5,5 kW**. Este valor se graficó utilizando una línea a trazos de color **negro**. Por lo tanto:

$$P_{bruta} = 5,5 \text{ kW} = 0,0055 \text{ MW}$$

4.6.2 Potencia SS.AA.

El valor de potencia asociado a los SSAA fue obtenido en la sección 4.5 y tiene un valor aproximado de 1,6 kW, entonces:

$$P'_{SSAA} = 1,6 \text{ kW} = 0,0016 \text{ MW}$$

Este valor no contempla el consumo de SSAA de los inversores. Durante el ensayo de MT presentado en la Figura 4-4, un (1) inversor se encontraba despachado a mínimo técnico, mientras que los restantes siete (7) inversores se encontraban en “stand-by”. El consumo de los inversores en producción y en “stand-by” se presentó en la Tabla 3-4, y es de 0,265 kW y 0,006 kW,



respectivamente. Entonces, el consumo total de los SSAA, durante el ensayo de MT con un único inversor, puede obtenerse de la siguiente manera:

$$P_{SSAA} = P'_{SSAA} + (P_{inv}^{stand-by} \times N^{\circ}inv^{stand-by}) + (P_{inv}^{carga} \times N^{\circ}inv^{carga})$$

$$P_{SSAA} = 1,6 \text{ kW} + (0,006 \text{ kW} \times 7) + (0,265 \text{ kW} \times 1) = 1,907 \text{ kW} \cong \mathbf{1,9 \text{ kW} = 0,0019 \text{ MW}}$$

4.6.3 Potencia neta

La potencia neta, como se mencionó en la sección 4.3, corresponde a la potencia activa inyectada en el POI de la planta. El valor a utilizar para los cálculos será el valor medio de la misma, registrado durante el periodo del ensayo. La potencia neta registrada durante el ensayo, junto con su valor medio, se presentaron en la Figura 4-4. A partir de los valores presentados en dicha figura se puede decir que:

$$P_{neta} = \mathbf{0,6 \text{ kW} = 0,0006 \text{ MW}}$$

4.6.4 Pérdidas en la central

Las pérdidas en la central ($P_{central}$) están compuestas por las pérdidas del colector ($P_{colector}$) y las pérdidas del transformador principal ($P_{tr.princ}$), como se indicó en la sección 4.3. Estas representan a todas las pérdidas del sistema colector, incluyendo a las pérdidas de los conductores y a las pérdidas del transformador principal.

Teniendo en cuenta el diagrama presentado en la Figura 4-2, es posible decir que la diferencia entre la potencia neta (P_{neta}) y la potencia bruta (P_{bruta}), corresponde a la suma del consumo de SSAA (P_{SSAA}) y de las pérdidas de la central ($P_{central}$). Por lo tanto, es posible plantear la siguiente ecuación:

$$P_{bruta} - P_{neta} = P_{SSAA} + P_{central}$$

Esta ecuación permite expresar el valor de $P_{central}$ en función de los valores obtenidos en las secciones anteriores, es decir:

$$P_{central} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA}$$

Reemplazando se obtiene:

$$P_{central} = 5,5 \text{ kW} - 0,6 \text{ kW} - 1,9 \text{ kW} = \mathbf{3,0 \text{ kW} = 0,0030 \text{ MW}}$$

Como se indicó previamente, las pérdidas de la central están compuestas por las pérdidas del colector y las pérdidas del transformador principal, es decir:

$$P_{central} = P_{colector} + P_{tr.princ}$$

Las pérdidas en el transformador principal están compuestas por las pérdidas en vacío y en carga de este, es decir:

$$P_{tr.princ} = P_{tr.princ-vacío} + P_{tr.princ-carga}$$

Las pérdidas en vacío y en carga del transformador principal fueron detalladas en la sección 3.4. Las pérdidas en vacío tienen un valor de 2,974 kW, mientras que las pérdidas en carga, a potencia nominal, tienen un valor de 26,98 kW. Debido a que las pérdidas en carga se encuentran expresadas a potencia nominal, se deben adecuar las mismas a las condiciones del ensayo. El transformador posee una potencia nominal de 3,2 MVA y durante el ensayo se encontraba despachado a 0,0009 MW. Debido a esto es posible afirmar que las pérdidas en carga del transformador son





despreciables, por encontrarse despachado a una potencia inferior al 1% de su capacidad nominal. Entonces:

$$P_{tr.princ} = 2,974 \text{ kW} + 0 \text{ kW} = 2,974 \text{ kW} \cong 3 \text{ kW}$$

A partir del valor de $P_{tr.princ}$ y de las pérdidas en la central, es posible obtener las pérdidas del colector, reemplazando en la siguiente ecuación:

$$P_{colector} = P_{central} - P_{tr.princ} = 3,0 \text{ kW} - 3 \text{ kW} = 0 \text{ kW}$$

A partir de los resultados, se observa que las pérdidas del colector son despreciables.

$$P_{colector} = P_{conductores} = 0 \text{ kW} = 0 \text{ MW}$$





4.7 Mínimo técnico con todos los inversores en servicio

Para la determinación del MT, con todos los inversores en servicio, se despacha el parque con la mínima consigna de potencia activa que permita la operación estable de todos los inversores, sin que ninguno de ellos salga de servicio. El ensayo correspondiente fue realizado el día 30 de noviembre del 2024. Durante la realización del ensayo, se mantuvo energizado el parque en su totalidad, es decir, los ocho (8) inversores, el transformador principal y los servicios auxiliares del parque.

En la Figura 4-6 se presentan los resultados del ensayo de MT, con todos los inversores en servicio, del PFV Espiga de Oro. En la gráfica superior, en color azul, se grafica la potencia activa neta inyectada en POI del parque (23 kV). Mientras que, en la gráfica inferior, también en color azul, se grafica la potencia activa bruta (obtenida como la sumatoria de la potencia activa generada por cada uno de los inversores, medida en BT). En ambas gráficas, potencia neta y potencia bruta, se agrega el promedio obtenido durante el ensayo, en línea color negro a trazos. En el caso de la potencia neta, el promedio registrado durante el ensayo fue de **26,5 kW o 0,0265 MW**, mientras que la potencia bruta tuvo un valor promedio de **33,4 kW o 0,0334 MW**.

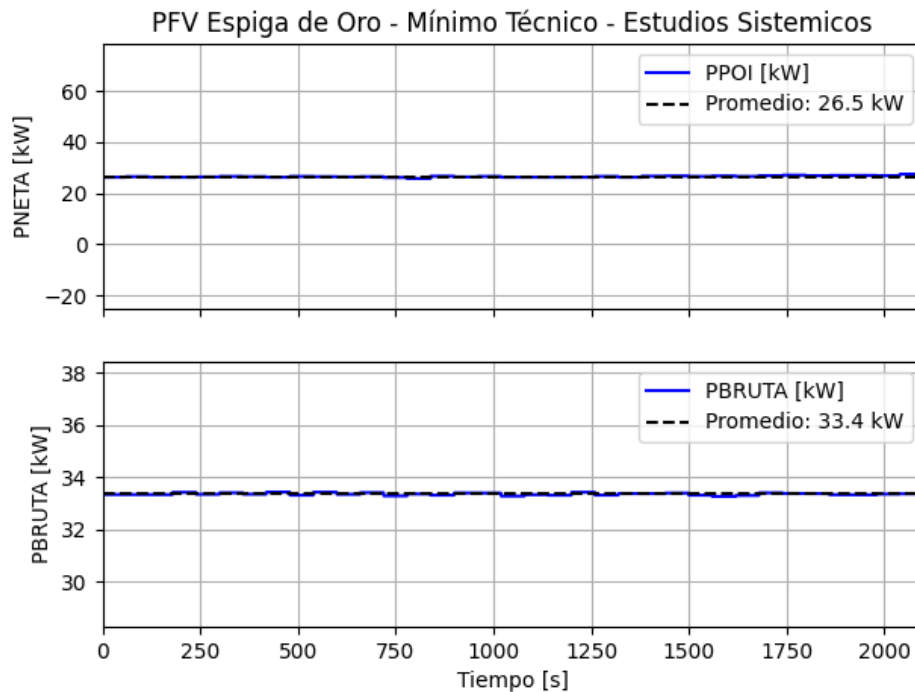


Figura 4-6: Ensayo de MT – Todos los inversores en servicio – PNETA y PBRUTA

A continuación, en la Figura 4-7, se presenta la potencia activa generada por cada inversor, durante el ensayo de MT. Dicha potencia activa fue medida en BT, en bornes de cada inversor. La sumatoria de estas señales (PINV1, PINV2, PINV3, PINV4, PINV5, PINV6, PINV7 y PINV8) dan como resultado la potencia bruta graficada en la Figura 4-6.



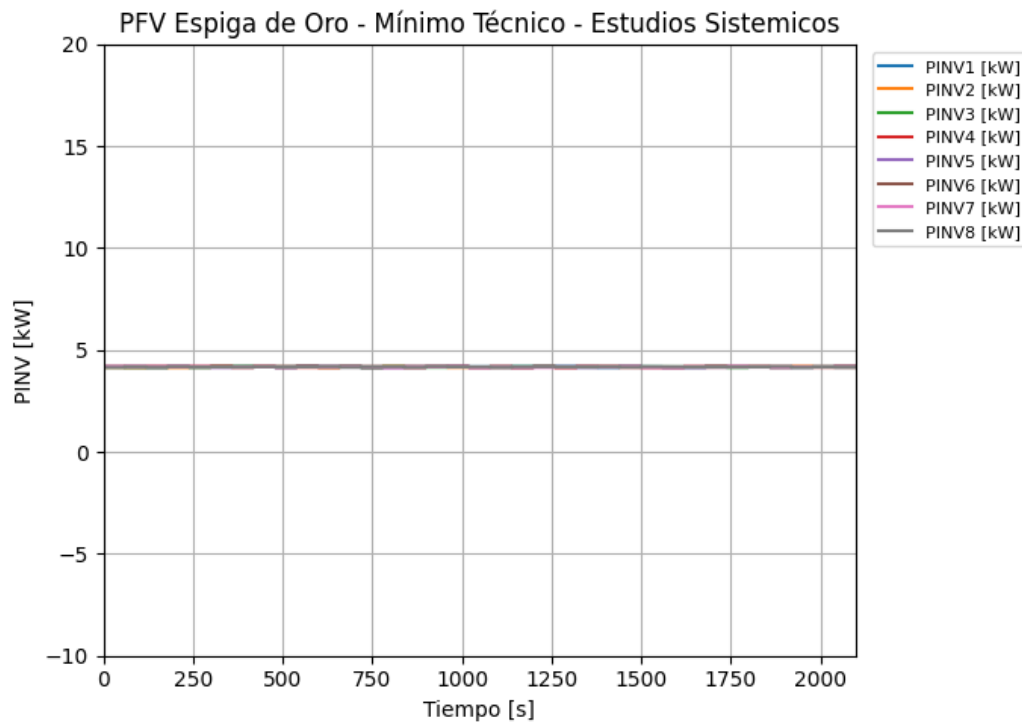


Figura 4-7: Ensayo de MT – Todos los inversores en servicio – PINV

A continuación, a partir de los resultados presentados en la Figura 4-6, se presenta el cálculo de los valores detallados en la sección 4.3.

Es importante destacar que los cálculos se realizan utilizando cuatro (4) decimales para los valores expresados en MW y (1) decimal para los valores expresados en kW. De esta forma el mínimo valor contemplado corresponde a 0,1 kW, para ambas unidades mencionadas.

4.7.1 Potencia bruta

Para la obtención de la potencia bruta se utiliza la información registrada por los sistemas de planta, durante la realización del ensayo. En la Figura 4-6 se presenta la sumatoria de la potencia activa generada por los inversores en BT, durante el ensayo de mínimo técnico. Esta sumatoria, como se indicó en la sección 4.3, corresponde a la potencia bruta. El promedio de dicha sumatoria, durante el periodo del ensayo, fue de **33,4 kW**. Este valor se graficó utilizando una línea a trazos de color **negro**. Por lo tanto:

$$P_{bruta} = 33,4 \text{ kW} = 0,0334 \text{ MW}$$

4.7.2 Potencia SS.AA.

La potencia de los SSAA fue obtenida en la sección 4.5 y tiene un valor de 1,6 kW, entonces:

$$P'_{SSAA} = 1,6 \text{ kW} = 0,0016 \text{ MW}$$

Sin embargo, esta potencia no contempla el consumo de SSAA de los inversores, como se mencionó en la sección 4.5. Durante el ensayo de MT presentado en la Figura 4-6, los ocho (8) inversores se encontraban despachados a mínimo técnico. El consumo de los inversores en producción se presentó



en la Tabla 3-4, y es de 0,265 kW. Entonces, el consumo total de los SSAA, durante el ensayo de MT con todos los inversores, puede obtenerse de la siguiente manera:

$$P_{SSAA} = P'_{SSAA} + (P_{inv}^{carga} \times N^{o inv^{carga}})$$
$$P_{SSAA} = 1,6 \text{ kW} + (0,265 \text{ kW} \times 8) = 3,72 \text{ kW} \cong \mathbf{3,7 \text{ kW} = 0,0037 \text{ MW}}$$

4.7.3 Potencia neta

La potencia neta, como se mencionó en la sección 4.3, corresponde a la potencia activa inyectada en el POI del parque (23 kV). El valor a utilizar para los cálculos será el valor medio de la misma, registrado durante el periodo del ensayo. La potencia neta registrada durante el ensayo, junto con su valor medio, se presentaron en la Figura 4-6. A partir de los valores presentados en dicha figura se puede decir que:

$$P_{neta} = \mathbf{26,5 \text{ kW} = 0,0265 \text{ MW}}$$

4.7.4 Pérdidas en la central

Las pérdidas en la central ($P_{central}$) están compuestas por las pérdidas del colector ($P_{colector}$) y las pérdidas del transformador principal ($P_{tr.princ}$), como se indicó en la sección 4.3. Estas representan a todas las pérdidas del sistema colector, incluyendo a las pérdidas de los conductores y a las pérdidas del transformador principal de la central.

Teniendo en cuenta el diagrama presentado en la Figura 4-2, es posible decir que la diferencia entre la potencia neta (P_{neta}) y la potencia bruta (P_{bruta}), corresponde a la suma del consumo de SSAA (P_{SSAA}) y de las pérdidas de la central ($P_{central}$). Por lo tanto, es posible plantear la siguiente ecuación:

$$P_{bruta} - P_{neta} = P_{SSAA} + P_{central}$$

Esta ecuación permite expresar el valor de $P_{central}$ en función de los valores obtenidos en las secciones anteriores, es decir:

$$P_{central} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA}$$

Reemplazando se obtiene:

$$P_{central} = 33,4 \text{ kW} - 26,5 \text{ kW} - 3,7 \text{ kW} = \mathbf{3,2 \text{ kW} = 0,0032 \text{ MW}}$$

Como se indicó previamente, las pérdidas de la central están compuestas por las pérdidas del colector y las pérdidas del transformador de poder, es decir:

$$P_{central} = P_{colector} + P_{tr.princ}$$

Las pérdidas en el transformador principal están compuestas por las pérdidas en vacío y en carga de este, es decir:

$$P_{tr.princ} = P_{tr.princ-vacio} + P_{tr.princ-carga}$$

Las pérdidas en vacío y en carga del transformador principal fueron detalladas en la sección 3.4. Las pérdidas en vacío tienen un valor de 2,974 kW, mientras que las pérdidas en carga, a potencia nominal, tienen un valor de 26,98 kW. Debido a que las pérdidas en carga se encuentran expresadas a potencia nominal, se deben adecuar las mismas a las condiciones del ensayo. El transformador posee una potencia nominal de 3,2 MVA y durante el ensayo se encontraba despachado a 0,0334





MW. Debido a esto es posible afirmar que las pérdidas en carga del transformador son despreciables, por encontrarse despachado a una potencia inferior al 2% de su capacidad nominal. Entonces:

$$P_{tr.princ} = 2,974 \text{ kW} + 0 \text{ kW} = 2,974 \text{ kW} \cong 3 \text{ kW}$$

A partir del valor de $P_{tr.princ}$ y de las pérdidas en la central, es posible obtener las pérdidas del colector, reemplazando en la siguiente ecuación:

$$P_{colector} = P_{central} - P_{tr.princ} = 3,2 \text{ kW} - 3 \text{ kW} = 0,2 \text{ kW}$$

Esto es:

$$P_{colector} = P_{conductores} = 0,2 \text{ kW} = 0,0002 \text{ MW}$$





5. CONCLUSIONES

A partir de los ensayos realizados en terreno y la información presentada en este documento, se puede concluir que:

- Se determinaron, mediante los ensayos realizados en terreno, los valores de mínimo técnico del PFV Espiga de Oro, de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” [1].
- Los valores de mínimo técnico fueron obtenidos para dos condiciones de operación del parque. La primera de ellas considera un único inversor en servicio, mientras que la otra considera la totalidad de los inversores del parque en servicio.
- Se determinó que el valor de **mínimo técnico** que asegura una condición estable de operación del parque, con todos los inversores en servicio, es de **0,0265 MW**. Este valor corresponde a la potencia neta medida en el POI del parque en 23 kV.
- Se determinó que el valor de **mínimo técnico** que asegura una condición estable de operación del parque, con un único inversor en servicio, es de **0,0006 MW**. Este valor corresponde a la potencia neta medida en el POI del parque en 23 kV.

En la Tabla 5-1 se presentan los resultados de mínimo técnico del PFV Espiga de Oro:

Tabla 5-1: Resumen de resultados - Mínimo técnico - PFV Espiga de Oro

Central/Unidad	Potencia Bruta [MW]	SS/AA [MW]	Pérdidas en la central ⁽¹⁾ [MW]	Potencia Neta ⁽²⁾ [MW]
PFV Espiga de Oro – Todos los inversores en servicio	0,0334	0,0037	0,0032	0,0265
PFV Espiga de Oro – Un único inversor en servicio	0,0055	0,0019	0,0030	0,0006

(1) Este valor incluye las pérdidas de la red colectora de baja tensión y del transformador de poder.

(2) Inyectada en media tensión (23 kV) del POI del parque.





6. ANEXOS

ANEXO I - HOJA DE DATOS DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

En la Figura 6-1 se presenta la hoja de datos de los paneles fotovoltaicos CanadianSolar, modelo CS7N-660MB-AG, utilizados en el PFV Espiga de Oro. En la Figura 6-1, se indican en **rojo** los parámetros correspondientes al modelo CS7N-660MB-AG.

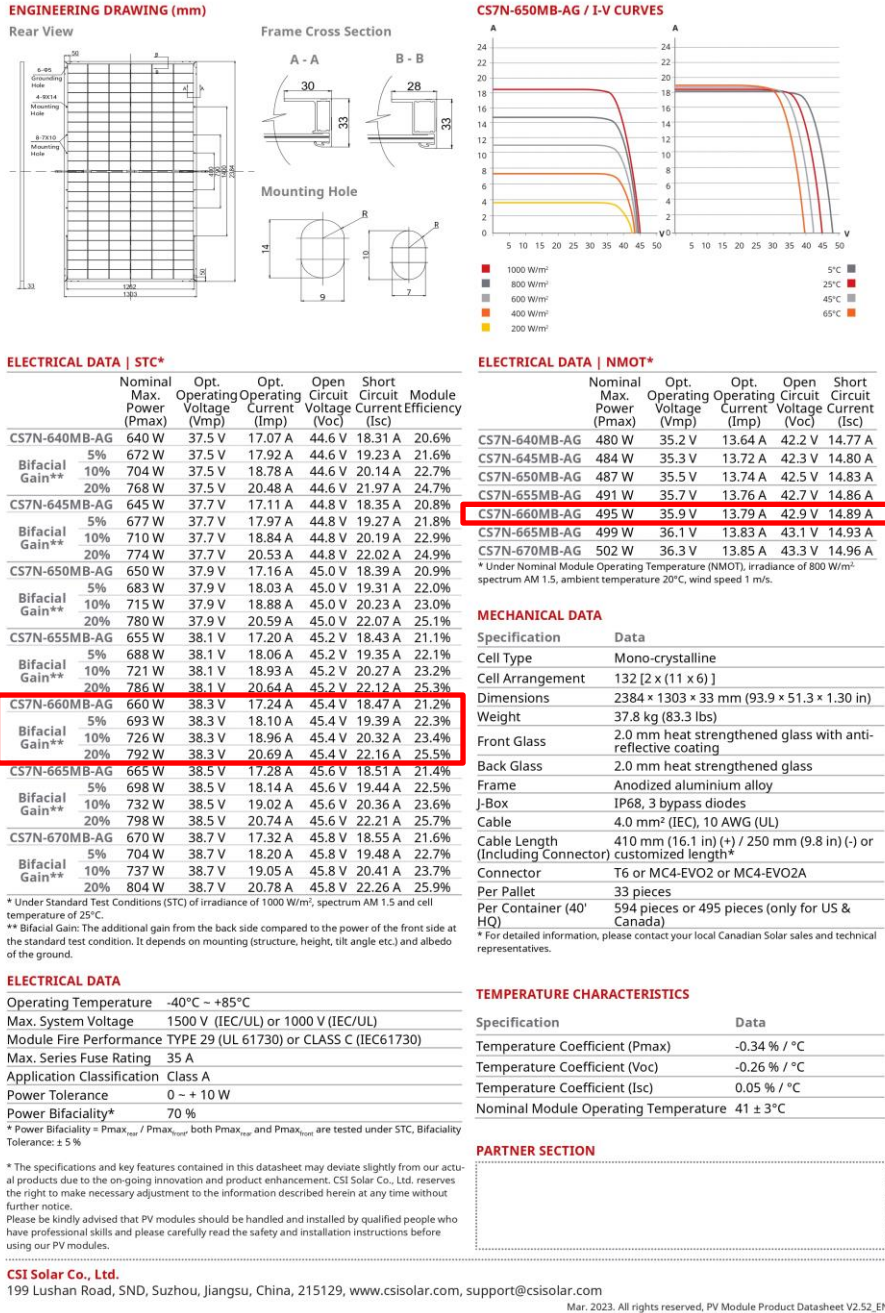


Figura 6-1: Hoja de datos - Paneles fotovoltaicos CanadianSolar CS7N-660MB-AG [4]



ANEXO II - HOJA DE DATOS DE LOS INVERSORES

En este anexo, en la Figura 6-2, se presenta la hoja de datos de los inversores Sungrow SG350HX utilizados en el PFV Espiga de Oro. En la misma se indican, en **rojo**, los parámetros principales de los mismos.



Type designation	SG350HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 550 V
Nominal PV input voltage	1080 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
No. of independent MPP inputs	12 (Optional: 14 / 16)
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	12 * 40 A (Optional: 14 * 30 A / 16 * 30 A)
Max. DC short-circuit current per MPPT	60 A
Output (AC)	
AC output power	352 kVA @ 30°C / 320 kVA @ 40 °C / 295 kVA @ 50°C
Max. AC output current	254 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	640 – 920 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % I _n
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	99.02 % / 98.8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
PV string current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Optional
Surge protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1136 * 870 * 361 mm
Weight *	≤ 116 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP66
Power consumption at night	< 6 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60°C
Allowable relative humidity range	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , optional 10mm ²)
AC connection type	Support OT/DT terminal (Max. 400 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Q-U control, P-f control

* Due to the multi-supplier for some key components, the actual weight may have a ±10% deviation, please refer to the actually delivered product.



Figura 6-2: Hoja de datos - Inversores Sungrow SG350HX [10]



Power Consumption Type	Max. Self-consumption in Operation (W)	Standby Consumption (W)	Q at Night (kW)
Control system power consumption	33	6	3.5 (Reactive power output: 211.2kVar)
Fans power consumption@ full power	232	0	
In total	265	6	

Note: The power consumption of the fan and control system of the inverter is included in the efficiency loss and does not need to be considered.

Figura 6-3: Consumo de inversores Sungrow SG350HX [11]





ANEXO III - HOJA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL

A continuación, en la Figura 6-4, se presenta la hoja de datos del transformador principal del PFV Espiga de Oro. En la misma, se indica en color rojo, el modelo utilizado en el parque. Adicionalmente, en la Figura 6-5 y Figura 6-6, se presentan las fotos de placa del transformador principal, las cuales fueron obtenidas durante los ensayos realizados en terreno.

Type designation	MVS3200-LV	MVS4480-LV
Transformer		
Transformer type	Oil immersed	
Rated power	3200 kVA @ 40 C	4480 kVA @ 40 C
Max. power	3520 kVA @ 30 C	4928 kVA @ 30 C
Vector group	Dy11	
LV / MV voltage	0.8 kV / 20 – 35 kV	
Maximum input current at nominal voltage	2540 A	3557 A
Frequency	50 Hz / 60 Hz	
Tapping on HV	0, ±2.5%	
Efficiency	≥99%	
Cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)	
Impedance	7% (±10%)	8% (±10%)
Oil type	Mineral oil (PCB free)	
Winding material	Al / Al	
Insulation class	A	
MV Switchgear		
Insulation type	SF6	
Rate voltage	24 – 36 kV	
Rate current	630 A	
Internal arcing fault	IAC AFL 20kA/1s	
Qty. of feeder	3 feeders	
LV Panel		
Main switch specification	4000 A / 800 Vac / 3P, 1 pcs	
Disconnecter specification	260 A / 800 Vac / 3P, 10 pcs	260 A / 800 Vac / 3P, 14 pcs
Fuse specification	400A / 800 Vac / 1P, 30 pcs	400 A / 800 Vac / 1P, 42 pcs
Protection		
AC input protection	FUSE+Disconnecter	
Transformer protection	Oil-temperature, oil-level, oil-pressure	
Relay protection	50/51,50N/51N	
LV overvoltage protection	AC Type II (optional: AC Type I + II)	
General Data		
Dimensions(W*H*D)	6058*2896*2438 mm	
Approximate weight	15 T	17 T
Operating ambient temperature range	-20 to 60 C (optional: -30 to 60 C)	
Auxiliary power supply	5 kVA / 400 V (optional: max. 40 kVA)	
Degree of protection	IP54	
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 95 %	
Operating altitude	1000 m (standard) / > 1000 m (optional)	
Communication	Standard: RS485, Ethernet; Optional: optical fiber	
Compliance	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, IEC 61439-1, EN50588-1	



Figura 6-4: Hoja de datos - Transformador principal [7]





Figura 6-5: Foto de placa – Transformador principal

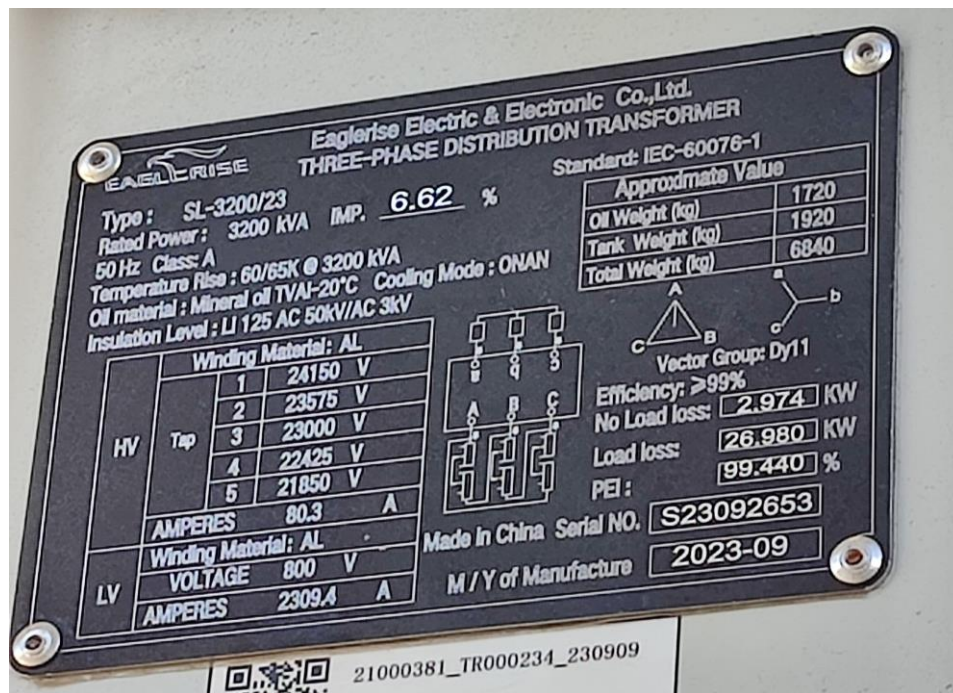


Figura 6-6: Foto de placa – Transformador principal



Finalmente, en la Tabla 6-1, se presentan los consumos del transformador principal del PFV Espiga de Oro.

Tabla 6-1: Consumos – Transformador principal [8]

Position	Power Consumption Type	Max. Self-consumption in Operation (W)	Standby Consumption (W)
LV room	Fans	564	0
	Smoke detector	3*2=6	6
HV room & Aux. power room	Monitoring	50	50
	Light @door open	12	0
	Fans @>40°C ambient Temp	127	0
	Smoke detector	3*2=6	6
	RMU trip coil & motor & protection	450	0
	Aux. transformer 40kVA loss	660 (No load loss) 1000 (Load loss)	660 (No load loss) 1000 (Load loss)





ANEXO IV - HOJA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR DE SSAA

En este anexo se presenta la hoja de datos del transformador de servicios auxiliares del PFV Espiga de Oro. En la misma se indican, en **rojo**, los parámetros más relevantes del transformador.

客户: 阳光电源股份有限公司	阳光型号: T153S08000415A
承制方: 合肥博微田村电气有限公司	机密

6.性能参数

NO.	项目	测量端	测量值	测试条件	测试仪器
1	额定频率(Hz) Frequency		50/60Hz		
2	额定容量(VA) Rated Load		15kVA		
3	连接组别 Group		Dyn11		
4	输入电压(V) Input voltage		800V		
5	空载输出电压 (V) No-load voltage	S380V	388.4 V±3%	800V/50Hz	
		S400V	406.7V±3%		
		S415V	422.5 V±3%		
6	负载输出电压 (V) On-load Voltage	S380V	380V±5%	800V/50Hz	
		S400V	400V±5%		
		S415V	415V±5%		
7	过压能力 Over voltage	1.4倍 (1S) 产品无损坏, 1.2倍过压 (10S), 1.1倍过压 (长期) Input voltage: 1.4*rated Voltage (1S) free from damage, 1.2*rated Voltage (10S), 1.1*rated Voltage (long time)			
8	空载损耗(W) No load lose	/	160W MAX	800V/50Hz	
9	空载电流(A) No load Current	/	≤3A	800V/50Hz	
10	负载损耗 (W) Short circuit voltage	/	420W MAX	次级380V短路, 初级输入额定电流 Secondary 380V tap short circuit, Primary input rated current	
11	冲击电流(A) Inrush current	/	420A (参考值) 420A(reference value)	800V/50Hz	
12	直流电阻 (mΩ) DC-resistance	0-800V	1020±10%(线/Line)	20℃	
		0-380V	202±10%(线/Line)	20℃	
		0-400V	214±10%(线/Line)	20℃	
		0-415V	224±10%(线/Line)	20℃	
13	效率 Efficiency	/	≥95%	15kVA /50Hz	
14	倍频耐压测试 Layer dielectric strength test	S415V	无异常 No abnormalities	2倍压8倍频 60s 2times rated voltage 8times rated Frequency, 60s	
15	抗电强度 (kV) High pot test	P-S、C S-C	漏电流 Leak current 10mA	3000VAC 60s	
16	绝缘电阻(MΩ) Insulation resistance	线圈-铁芯 Winding-Core	≥100MΩ	500Vdc 60s	
		铁芯-螺栓 Core-bolt	≥50MΩ	500Vdc 60s	
17	温升 (K) Temperature rise		110K Max@AN	15kva/50Hz	
18	电气间隙 (mm) Clearance	初级-次级 P-S	20mm	/	

7

Figura 6-7: Hoja de datos – Transformador de SSAA [9]



7. REFERENCIAS

- [1] Coordinador Eléctrico Nacional, Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.
- [2] PW INGENIERIA, PARQUE FOTOVOLTAICOS ESPIGA DE ORO. DIAGRAMA UNILINEAL FUNCIONAL, 2023.
- [3] ctai ingeniería, PARQUE SOLAR FV ORTEGA NEGRETE (2,99 MWp). PLANO GENERAL DE PSFV, 2023.
- [4] CanadianSolar, CanadianSolar BiHiKu7 BIFACIAL MONO PERC 640W ~ 670W, 2023.
- [5] Sungrow, SG350HX Multi-MPPT String Inverter for 1500 Vdc System, 2023.
- [6] Sungrow, P-Q Diagram SG320HX and SG350HX.
- [7] Sungrow, MVS3200/4480-LV MV Turnkey solution for 1500 Vdc String inverter SG350HX, 2022.
- [8] Sungrow, Power Consumption MVS3200/4425/4480-LV.
- [9] Sungrow, SPECIFICATION FOR APPROVAL - Sungrow Model: T153S08000415A.
- [10] Sungrow, Hoja de datos Inversor -DS_20231208_SG350HX_Datasheet_V20_EN.
- [11] Sungrow, Consumo de inversores SG350HX, "TI_20221031_SG320HX and SG350HX_Power Consumption_V3_EN".





FIN DEL DOCUMENTO



ESTUDIOS
SISTÉMICOS
POR UN MUNDO MAS RENOVABLE

www.estudiossistemicos.cl

Email: contacto@estudiossistemicos.cl

Fono: +562 3307 6960

Móvil: +569 7898 7194

Oficina Central
Padre Mariano Chaparro 3598, Macul,
Santiago – Chile.

