



INFORME DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

PFV DIEGO DE ALMAGRO SUR

FECHA	REVISIÓN	COMENTARIOS	PREPARADO	REVISADO	APROBADO
20/07/2022	R1	Correcciones tras revisión CEN	José Espinoza José Araya	Sergio Aspee	Francisco Beltrán

REVISIÓN 1



B&B Asociados SpA

SEGUIMIENTO DE DOCUMENTACIÓN

El presente informe de parámetros de partida y detención, asociado a la conexión del proyecto fotovoltaico Diego de Almagro Sur, registra la siguiente documentación:

DOCUMENTO	FECHA	REVISIÓN	COMENTARIOS	PREPARADO	REVISADO	APROBADO
Informe PPyD - PFV Diego de Almagro Sur REV_0	14-06-2022	0	Para entrega CEN	José Espinoza José Araya	Sergio Aspe	Francisco Beltrán
Informe PPyD - PFV Diego de Almagro Sur REV_1	20-07-2022	1	Correcciones ante observaciones del CEN en documento: "CEN-GO-DCO- PPyD - PFV Diego de Almagro Sur.pdf"	José Espinoza	Sergio Aspe	Francisco Beltrán

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	6
2	Objetivos.....	6
3	Antecedentes.....	7
3.1	Antecedentes PFV Diego de Almagro Sur.....	7
3.1.1	Descripción del proyecto	7
3.1.2	Diagrama unilineal zona de interconexión del proyecto.....	9
3.2	Antecedentes técnicos del PFV Diego de Almagro Sur	11
3.2.1	Transformadores de bloque BT / MT	13
3.2.2	Transformador de potencia S/E Inca de Oro	13
3.2.3	Línea Diego de Almagro Sur – Illapa 1x220kV	14
3.2.4	Red de media tensión en 33kV	15
3.2.5	Características generales de Inversores	20
3.2.6	Consumo de servicios auxiliares del parque solar.....	25
3.3	Antecedentes y Exigencias Normativas.....	26
4	Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención Parque Fotovoltaico Diego de Almagro Sur	28
4.1	Registros obtenidos durante el ensayo a nivel de parque	28
4.1.1	Parámetros de detención	34
4.1.2	Parámetros de partida.....	35
4.2	Registros de partida y detención a nivel de inversor	37
4.3	Determinación de parámetros de partida y detención.....	39
5	Conclusiones.....	40
6	Referencias	41
ANEXO I	Datasheet y pruebas fábrica transformador de bloque BT/MT [5].....	43
ANEXO II	Placa de datos y ensayos de fábrica Transformador de poder	45
ANEXO III	Datasheet Inversor y consumos auxiliares	47
ANEXO IV	Especificaciones instrumentos de medición	51
ANEXO V	Archivos adjuntos	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Ubicación geográfica referencial PFV Diego de Almagro Sur. Fuente: Google Earth.....	7
Figura 3.2: Mapa de ubicación del PFV Diego de Almagro Sur en el SEN.	8
Figura 3.3: Diagrama unilineal zona de influencia sin proyecto.....	9
Figura 3.4: Diagrama unilineal zona de influencia con proyecto.	10
Figura 3.5: Diagrama unilineal MT e inversores - PFV Diego de Almagro Sur.....	11
Figura 3.6: Diagrama unilineal simplificado SE Elevadora 220/33kV - PFV Diego de Almagro Sur.	12
Figura 3.7: Configuración de alimentador con 4 inversores - PFV Diego de Almagro Sur.	12
Figura 3.8: Silueta de torre de suspensión S220.1M h=20,4	14
Figura 3.9: Extracto placas transformadores Zig-Zag [8].....	15
Figura 3.10: Extracto HCTG Resistencia de neutro de reactor [8].....	16
Figura 3.11: Detalle cables red media tensión 33kV.	17
Figura 3.12: Diagrama unilineal de alimentadores y centros de transformación PFV Diego de Almagro Sur.	18
Figura 3.13: Fotos de placa banco de condensadores.	19
Figura 3.14: Características centro de transformación MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA [5]).	21
Figura 3.15: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva 25°C y tensión de red $U \geq U_n$ – Inversores SMA SC 4600-UP . (Fuente: Datasheet fabricante [6]).	22
Figura 3.16: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva 25°C y tensión de red $U = 0.9U_n$ – Inversores SMA SC 4600-UP . (Fuente: Datasheet fabricante [6]).	22
Figura 3.17: Consumo de servicios auxiliares en un día soleado [5].	23
Figura 3.18: Consumo de servicios auxiliares en un día nublado [5].	24
Figura 3.19: Registro del comportamiento de potencia activa en SSAA de SE Inca de Oro.....	25
Figura 4.1: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Prueba completa.....	29
Figura 4.2: Registro de irradiancia para el día de la prueba 25-05-2022.	29
Figura 4.3: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Potencia máxima a mínimo técnico.	30
Figura 4.4: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Mínimo técnico a detención.	31
Figura 4.5: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Detención a mínimo técnico.	32
Figura 4.6: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Detención a mínimo técnico.	33
Figura 4.7: Registro de potencia activa en inversor 24, con fecha 25-05-2022 prueba de partida y detención. ...	37
Figura 6.1: Placa de datos Centro de transformación tipo MVPS-4600 S2- PFV Diego de Almagro Sur.	49
Figura 6.2: Consumo de servicios auxiliares en un día soleado [5].	50
Figura 6.3: Consumo de servicios auxiliares en un día nublado [5].	50
Figura 6.4: Datasheet instrumento de medida PURE BlackBox marca Elspec [3].	51
Figura 6.5: Datasheet instrumento de medida G4500 marca Elspec [4].	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Parámetros eléctricos de transformadores elevadores PFV Diego de Almagro Sur [5].	13
Tabla 3.2: Parámetros eléctricos del transformador de poder de la S/E Inca de Oro [7].	13
Tabla 3.3: Características de conductor de fase [8].	14
Tabla 3.4: Características de cable de guradia [8].	15
Tabla 3.5: Componentes principales del centro de transformación MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA [5]).	20
Tabla 4.1: Datos relevantes de prueba desde potencia máxima disponible a mínimo técnico, a nivel de parque.	30
Tabla 4.2: Datos relevantes de prueba desde mínimo técnico a detención del parque.	31
Tabla 4.3: Datos relevantes de prueba desde detención a sincronización y posteriormente a mínimo técnico, a nivel de parque.	32
Tabla 4.4: Datos relevantes de prueba desde mínimo técnico a potencia máxima disponible, a nivel de parque.	33
Tabla 4.5: Ensayo de detención PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.	34
Tabla 4.6: Proceso de detención PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.	35
Tabla 4.7: Ensayo de partida PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.	36
Tabla 4.8: Proceso de partida PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.	36
Tabla 4.9: Datos relevantes de potencia activa a nivel de inversor con sus respectivos tiempos.	37
Tabla 4.10: Proceso de detención y partida a nivel de inversor PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.	38
Tabla 4.11: Resumen de parámetros asociados a las pruebas de partida y detención, a nivel de parque.	39
Tabla 4.12: Resumen de parámetros asociados a las pruebas de partida y detención, a nivel de inversor.	39

1 INTRODUCCIÓN

Colbún S.A. desarrolla el proyecto Parque Fotovoltaico Diego de Almagro Sur (NUP 1265), ubicado en la comuna de Diego de Almagro, Región de Atacama. El proyecto tendrá una potencia instalada de 232 MWp de capacidad total. La energía generada por el Parque Fotovoltaico (PFV) se evacuará a través de una línea de transmisión de circuito simple de 220 kV y 2,6 km de longitud que se conectará a la subestación Illapa 220 kV.

En el contexto del proceso de conexión y operación comercial del Parque Fotovoltaico es que se desarrollaron las pruebas de: Determinación de mínimo técnico, determinación de máxima potencia, parámetros proceso de partida y detención de unidades generadoras y validación de modelo dinámico. En el presente informe se entregan los resultados y conclusiones obtenidos en los ensayos de campo relacionados a la determinación de parámetros para los procesos de partida y detención de la Planta Fotovoltaica Diego de Almagro Sur, realizadas en el mes de mayo del 2022.

2 OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo determinar los parámetros asociados a los procesos de Partida y Detención (PPyD) del PFV Diego de Almagro Sur. Las mediciones se realizan dando cumplimiento al Anexo Técnico de la NTSyCS “Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” septiembre del 2020, y se utiliza como referencia el documento elaborado por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN): “Puesta en Servicio de Unidades Generadoras – Aplicación de Anexos Técnicos”.

3 ANTECEDENTES

3.1 ANTECEDENTES PFV DIEGO DE ALMAGRO SUR

3.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la generación fotovoltaica de 232 MWp, conectándose a la subestación elevadora Inca de Oro para ser evacuada mediante una línea de transmisión de circuito simple de 220 kV y 2,6km de longitud, que se conectará a la subestación Illapa existente en 220 kV.

El Proyecto se encuentra emplazado en la Comuna de Diego de Almagro, Provincia de Chañaral, Región de Atacama, aproximadamente a unos 25 km al sur de la ciudad Diego de Almagro y a 92,5 km al noreste de la ciudad de Copiapó, como se puede observar de forma referencial en la Figura 3.1.



Figura 3.1: Ubicación geográfica referencial PFV Diego de Almagro Sur. Fuente: Google Earth.

La ubicación del PFV Diego de Almagro Sur con respecto al sistema eléctrico nacional es el siguiente:

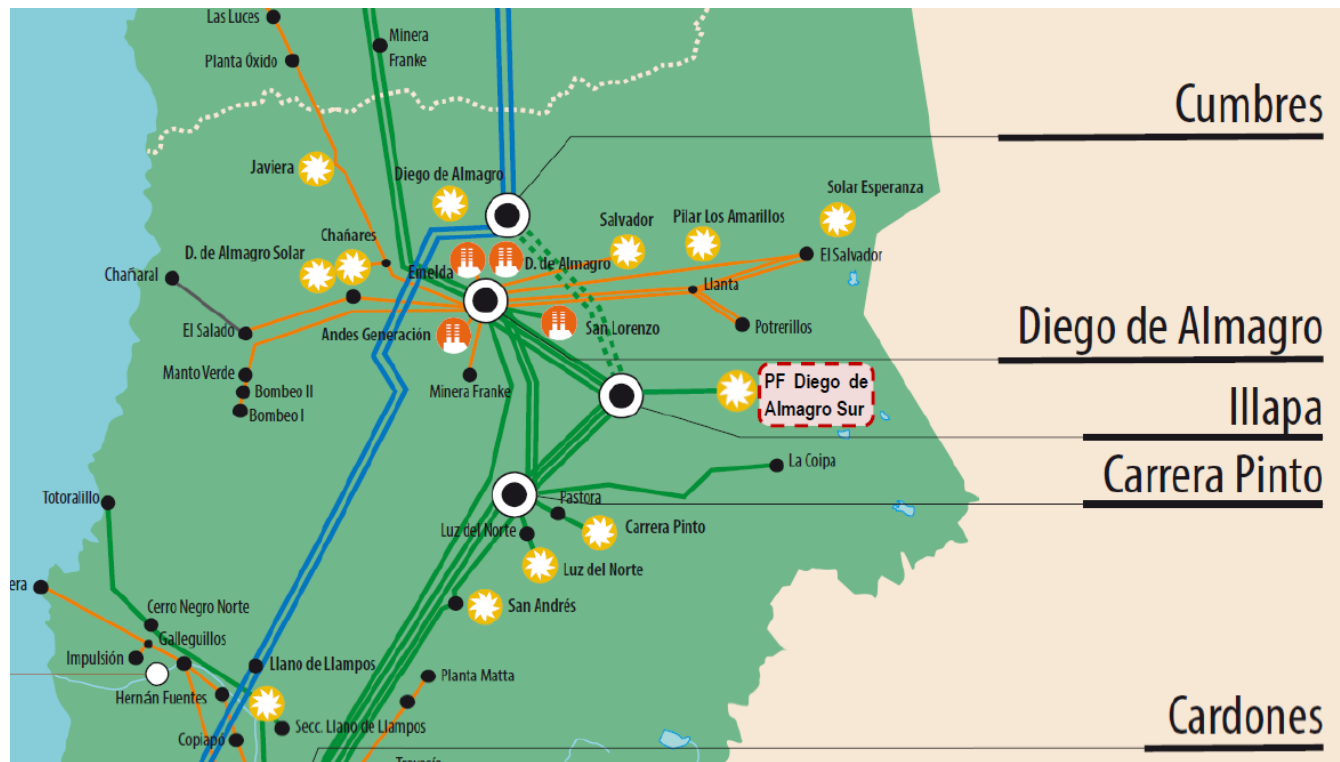


Figura 3.2: Mapa de ubicación del PFV Diego de Almagro Sur en el SEN.

3.1.2 Diagrama unilineal zona de interconexión del proyecto

En la Figura 3.3 se presenta el diagrama unilineal del entorno eléctrico en donde se conectará el proyecto, a su vez, en la Figura 3.4 se presenta el diagrama unilineal de la zona con el proyecto conectado.

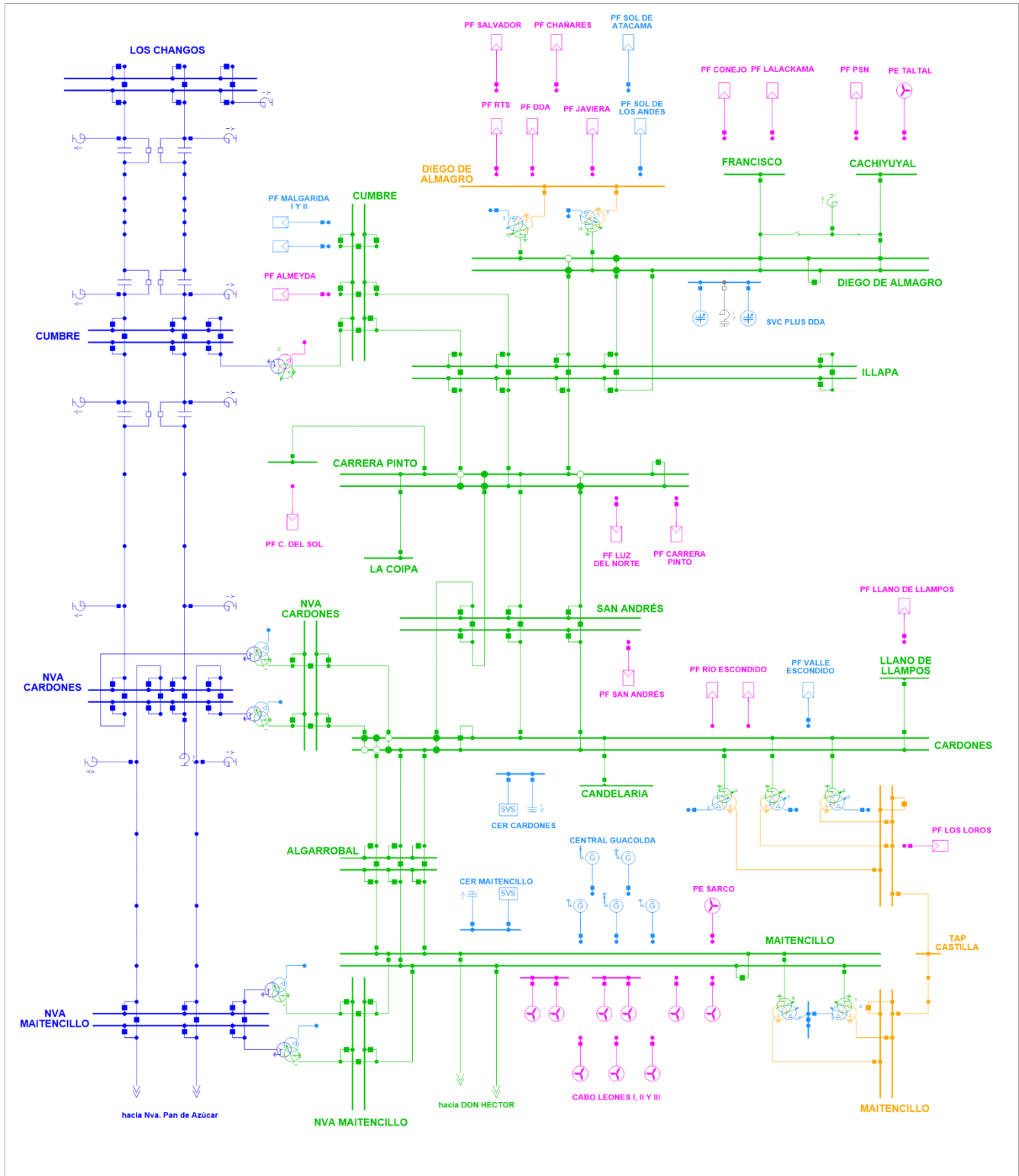


Figura 3.3: Diagrama unilineal zona de influencia sin proyecto.

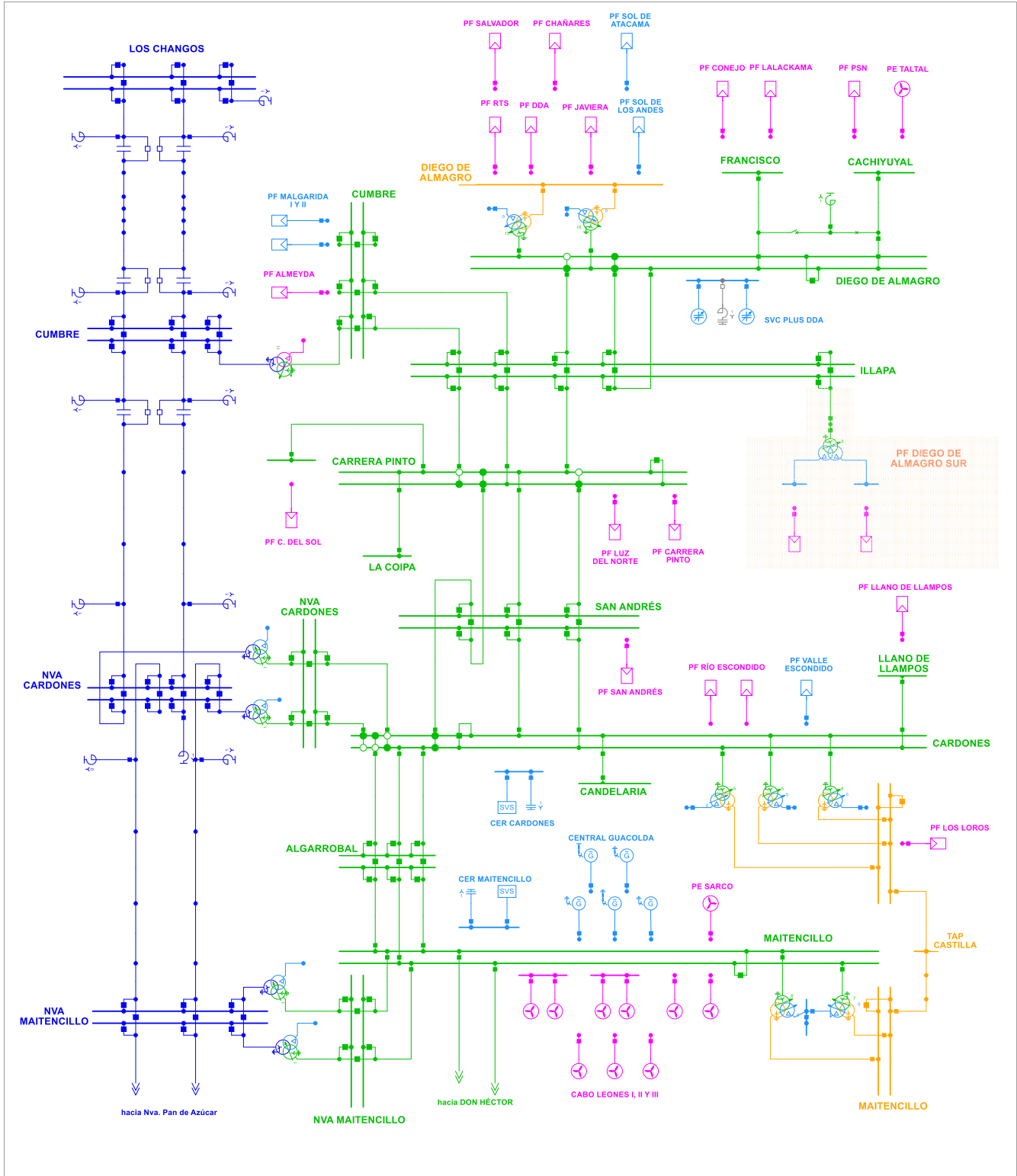


Figura 3.4: Diagrama unilineal zona de influencia con proyecto.

3.2 ANTECEDENTES TÉCNICOS DEL PFV DIEGO DE ALMAGRO SUR

La planta de generación solar posee 12 alimentadores que conectan los centros de transformación con 2 barras de 33kV, correspondientes al devanado secundario y terciario del transformador de poder. En 10 de los alimentadores se conectan 4 inversores del fabricante SMA, mientras que en los alimentadores restantes se conectan 3 inversores del mismo tipo, tal como se observa en el diagrama simplificado de la Figura 3.5. Cada inversor se encuentra asociado a un centro de transformación del tipo MVPS 4600-S2.

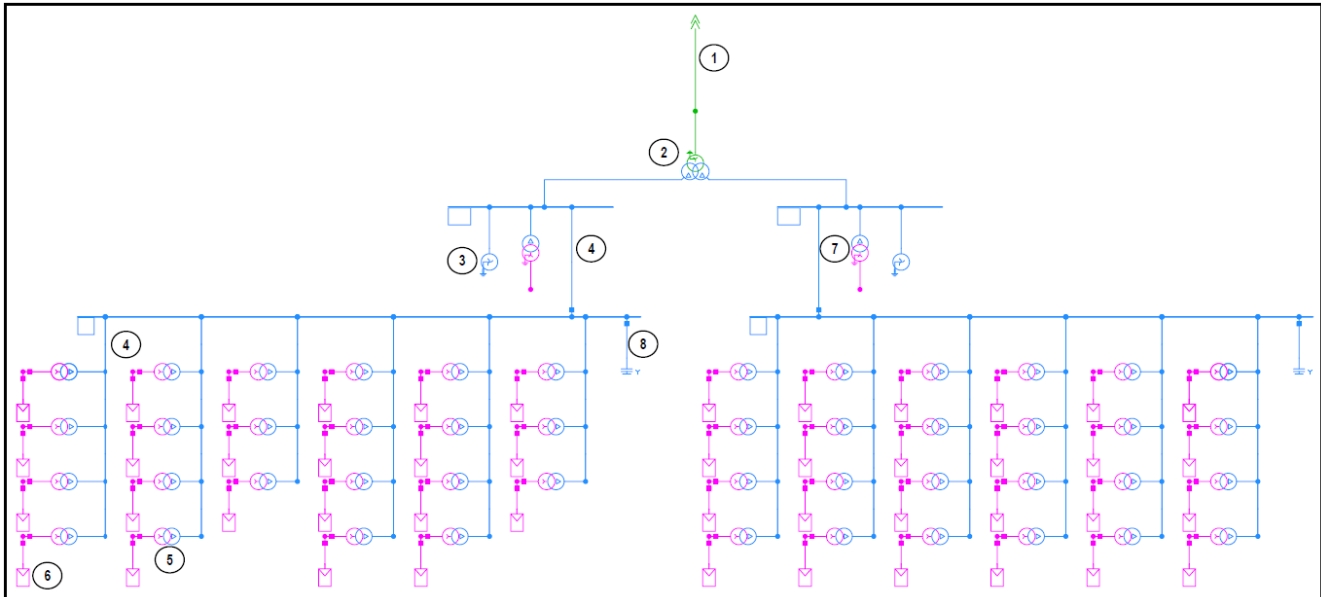
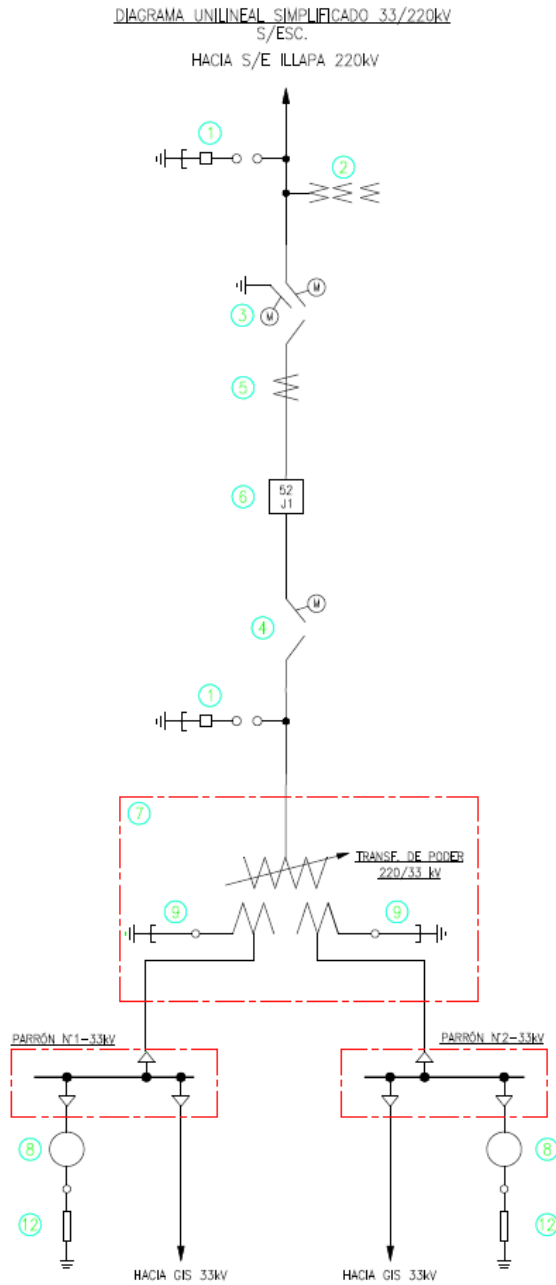


Figura 3.5: Diagrama unilineal MT e inversores - PFV Diego de Almagro Sur.

Los principales elementos pertenecientes a la red interna del PFV se desglosa a continuación:

1. Línea aérea Inca de Oro – Illapa 1x220 kVA (2,6 km).
2. Transformador elevador 220/33/33 kV 250 MVA.
3. Transformador zigzag (reactor de neutro).
4. Red colectora (sistema de cables de 240 mm², 400 mm² y 630 mm²).
5. Transformador de bloque de los inversores.
6. Inversores.
7. Transformador de servicios auxiliares.
8. Banco de condensadores: 40 Mvar, distribuidos entre el Switchgear 1 (20 Mvar) y Switchgear 2 (20 Mvar).

Por su parte, en la Figura 3.6 se presenta el diagrama unilineal de la SE elevadora Inca de Oro.



ITEM	DESCRIPCIÓN
1	PARARRAYOS 220 kV
2	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 220 kV
3	DESCONECTOR HORIZONTAL C.P.A.T. 220 kV
4	DESCONECTOR HORIZONTAL S.P.A.T. 220 kV
5	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 220 kV
6	INTERRUPTOR DE PODER 220 kV TRIFÁSICO OPERACIÓN MONOPOLAR.
7	TRANSFORMADOR DE PODER 33/220kV – 160/210/250 MVA
8	REACTOR ZIG-ZAG 33 kV
9	PARARRAYOS 33 kV
12	RESISTENCIA PUESTA A TIERRA

Figura 3.6: Diagrama unilineal simplificado SE Elevadora 220/33kV - PFV Diego de Almagro Sur.

A su vez, en la Figura 3.7 es posible apreciar el diagrama unilineal correspondiente a uno de los alimentadores que se conectan a la barra de 33kV de la subestación elevadora Inca de Oro.

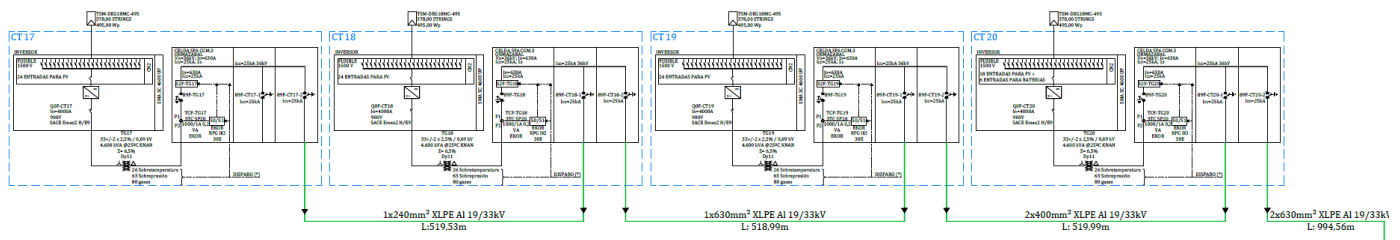


Figura 3.7: Configuración de alimentador con 4 inversores - PFV Diego de Almagro Sur.

3.2.1 Transformadores de bloque BT / MT

El PFV Diego de Almagro Sur posee 46 transformadores elevadores de tensión, los cuales se conectan a un solo inversor, cuya hoja de datos se presenta en el ANEXO I. Las principales características de los transformadores de bloque se presentan a continuación:

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Potencia Nominal	4600 kVA @25°C
Niveles de tensión	33 / 0,69 kV
Grupo de conexión	Dy11
N° de fases	3
Impedancia cc	6,5%
Perdidas en vacío	3,056 kW
Perdidas a plena carga	37,091 kW
Frecuencia	50 Hz
Altitud de trabajo	1,000 m.s.n.m.
Cambiador de taps	No posee

Tabla 3.1: Parámetros eléctricos de transformadores elevadores PFV Diego de Almagro Sur [5].

3.2.2 Transformador de potencia S/E Inca de Oro

La subestación Inca de Oro, posee un transformador de potencia trifásico de tres devanados 220/33/33 kV de 250 MVA ONAF2, cuyo grupo de conexión es YNd11d11 (conectado a tierra en el lado de 220 kV), con cambiador de tap bajo carga. La foto de placa del transformador se presenta en el ANEXO II, mientras que en la Tabla 3.2 se indican las características principales del transformador de poder:

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Potencia Nominal	150 / 200 / 250 MVA
Niveles de tensión	220 ±8x1,25% / 33 / 33 kV
Refrigeración	ONAN / ONAF1 / ONAF2
Grupo de conexión	YNd11d11
N° de fases	3
Impedancia (%) HV-LV1	11,82% (base 125 MVA)
Impedancia (%) HV-LV2	11,95% (base 125 MVA)
Impedancia (%) LV1-LV2	22,34% (base 125 MVA)
Impedancia homopolar (%)	11,08% (base 250MVA)
Pérdidas cobre HV-LV1	368,86 kW (125 MVA)
Pérdidas cobre HV-LV2	369,56 kW (125 MVA)
Pérdidas cobre Lv1-LV2	720,58 kW (125 MVA)
Pérdidas en vacío	100,7 kW
Frecuencia	50 Hz
Elevación de temperatura	80° C
Ubicación del cambiado de taps	Alta tensión
Altitud de trabajo	1,000 m.s.n.m.

Tabla 3.2: Parámetros eléctricos del transformador de poder de la S/E Inca de Oro [7].

3.2.3 Línea Diego de Almagro Sur – Illapa 1x220kV

El parque fotovoltaico Diego de Almagro Sur evacuará su potencia a través de una línea de transmisión de simple circuito de 220 kV y 2,6 km de largo (sin transposiciones). Además, esta línea tendrá un cable de guardia tipo OPGW para brindar protección a la línea contra descargas atmosféricas y proporcionar un canal de comunicación entre las subestaciones de ambos extremos.

Se utiliza la torre de suspensión S220.1M H=20,4 para el modelamiento de la línea 1x220 kV Inca de Oro - Illapa, la cual es la estructura más representativa de la línea. A continuación, se muestra la silueta de la estructura utilizada [8]:

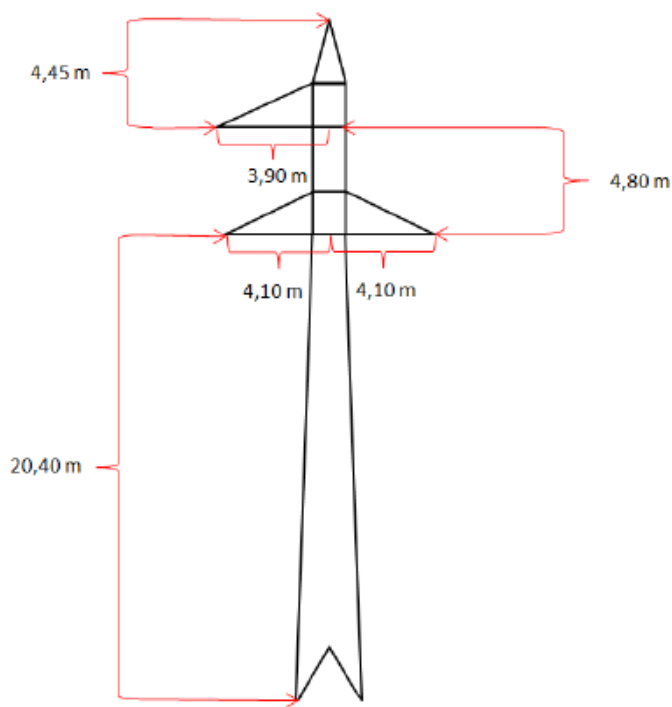


Figura 3.8: Silueta de torre de suspensión S220.1M h=20,4

El tipo de conductor de la línea corresponde a FLINT 375,4 mm², cuyas principales características se indican a continuación:

Características	Valor
Tipo	Aleación de aluminio (AAAC)
Nombre de código	Flint
Sección transversal	375,4 [mm ²]
Diámetro nominal del conductor	25,16 [mm]
Tensión de rotura	11,041 [kg]
Peso del conductor	1,0299 [kg]
Radio medio geométrico	9,797 [mm]
Resistencia DC a 20°C	0,08944 [Ω /km]

Tabla 3.3: Características de conductor de fase [8].

Del mismo modo, en la Tabla 3.4 se muestran las principales características del conductor utilizado para el cable de guardia son:

Características	Valor
Tipo	OPGW 24 Fibras
Sección transversal	121,86 [mm ²]
Diámetro nominal del conductor	14,6 [mm]
Radio medio geométrico	5,69 [mm]
Resistencia DC a 20°C	0,327 [Ω /km]
Resistencia DC a 30°C	0,338 [Ω /km]
Tipo	OPGW 24 Fibras

Tabla 3.4: Características de cable de guradía [8].

3.2.4 Red de media tensión en 33kV

3.2.4.1 Transformador Zig-Zag (Reactor de neutro)

El PFV Diego de Almagro Sur cuenta con dos reactores de puesta a tierra, uno en cada parrón proyectado en el nivel de 33kV. Los cuales se modelan contemplando la impedancia de secuencia cero informada en sus datos de placa.

TRANSFORMADOR DE PUESTA A TIERRA

TIPO DE TRANSFORMADOR	<input type="text" value="STD-600/33"/>	ESTÁNDAR No.	<input type="text" value="IEC-60076"/>
IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO	<input type="text" value="23.5 Ω"/>	TIPO DE ENFRIAMIENTO	<input type="text" value="ONAN"/>
CORRIENTE NEUTRA DE CORTO PLAZO	<input type="text" value="394.7A, 10S"/>	PÉRDIDA SIN CARGA	<input type="text" value="W"/>
FRECUENCIA NOMINAL	<input type="text" value="50Hz"/>	PESO DE CUERPO PRINCIPAL	<input type="text" value="1350 KG"/>
NÚMERO DE FASE	<input type="text" value="3"/>	PESO DE ACEITE	<input type="text" value="840 KG"/>
GRUPO DE CONEXIÓN	<input type="text" value="ZN"/>	PESO TOTAL	<input type="text" value="3370 KG"/>
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO	<input type="text" value="/"/>	NIVEL DE AISLAMIENTO	<input type="text" value="LI170AC70"/>
FECHA DE FABRICACIÓN.	<input type="text"/>	NÚMERO DE SERIE	<input type="text"/>

TRANSFORMADOR DE PUESTA A TIERRA

TIPO DE TRANSFORMADOR	<input type="text" value="STD-600/33"/>	NÚMERO ESTANDAR	<input type="text" value="IEC-60076"/>
IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO	<input type="text" value="18.6 Ω"/>	TIPO DE ENFRIAMIENTO	<input type="text" value="ONAN"/>
CORRIENTE NEUTRA DE CORTO PLAZO	<input type="text" value="396.7A, 10S"/>	PÉRDIDA SIN CARGA	<input type="text" value="W"/>
FRECUENCIA NOMINAL	<input type="text" value="50Hz"/>	PESO DE CUERPO PRINCIPAL	<input type="text" value="1350 KG"/>
NÚMERO DE FASE	<input type="text" value="3"/>	PESO DE ACEITE	<input type="text" value="840 KG"/>
GRUPO DE CONEXION	<input type="text" value="ZN"/>	PESO TOTAL	<input type="text" value="3370 KG"/>
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO	<input type="text" value="/"/>	NIVEL DE AISLAMIENTO	<input type="text" value="LI170AC70"/>
FECHA DE MANUFACTURA	<input type="text"/>	NÚMERO DE SERIE	<input type="text"/>

Figura 3.9: Extracto placas transformadores Zig-Zag [8].

Item	Descripción	Unidad	Especificado	Ofrecido
2.0	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS RESISTENCIA DE P.A.T			
2.1	Cantidad de Equipos	c/u	2	2
2.2	Corriente durante la falla a Tierra	A	400	400
2.3	Resistencia	ohm	47.63	47.63
2.4	tiempo de operación	s	10	10
2.5	Frecuencia Nominal	Hz	50	50
2.6	Tensión nominal del resistor (tensión fase/neutro)	kV	33/√3	33/√3

Figura 3.10: Extracto HCTG Resistencia de neutro de reactor [8].

3.2.4.2 Cables de la red de media tensión en 33kV

La red colectora de media tensión se contará con un sistema de cables subterráneos, directamente enterrados, esquema de trébol. Se utilizan cuatro tamaños:

- Cable XLPE 630mm²: con un largo aproximado de 28559 m
- Cable XLPE 500mm²: con un largo aproximado de 203 m
- Cable XLPE 400mm²: con un largo aproximado de 18717 m
- Cable XLPE 240mm²: con un largo aproximado de 7378 m

La Figura 3.11 indica las principales características de los cables conductores entre las estaciones convertidoras y las barras principales de media tensión, a su vez, en la Figura 3.12 se presente un diagrama unilineal con la distribución de conductores, centros de transformación e inversores pertenecientes al PFV Diego de Almagro Sur.

Feeder No.	Desde	Hacia	Cable	Longitud [m]	Feeder No.	Desde	Hacia	Cable	Longitud [m]
1	Barra 1	CT02	3x2x400mm2	2673	7	Barra 2	CT24	3x2x630mm2	313
	CT01	CT12	3x1x240mm2	1261		CT22	CT21	3x1x240mm2	518
	CT02	CT01	3x1x400mm2	443		CT23	CT22	3x1x630mm2	517
Barra 1	CT06	3x2x630mm2	1796	CT24		CT23	3x2x400mm2	517	
2	CT04	CT03	3x1x240mm2	376	8	Barra 2	CT29	3x2x630mm2	1763
	CT05	CT04	3x1x400mm2	385		CT27	CT26	3x1x240mm2	547
	CT06	CT05	3x1x630mm2	383		CT28	CT27	3x1x240mm2	546
Barra 1	CT10	3x2x630mm2	910	CT29		CT28	3x1x630mm2	545	
3	CT08	CT07	3x1x240mm2	382	9	Barra 2	CT33	3x2x630mm2	1078
	CT09	CT08	3x1x400mm2	382		CT31	CT30	3x1x240mm2	544
	CT10	CT09	3x1x630mm2	381		CT32	CT31	3x1x630mm2	544
Barra 1	CT38	3x2x400mm2	2956	CT33		CT32	3x2x400mm2	543	
4	CT25	CT11	3x1x240mm2	605	10	Barra 2	CT37	3x2x630mm2	393
	CT38	CT25	3x1x400mm2	1131		CT35	CT34	3x1x240mm2	542
Barra 1	CT16	3x2x630mm2	1676	CT36		CT35	3x1x630mm2	542	
5	CT14	CT13	3x1x240mm2	522		CT37	CT36	3x2x400mm2	541
	CT15	CT14	3x1x240mm2	521	Barra 2	CT42	3x2x630mm2	1752	
	CT16	CT15	3x1x630mm2	521	CT40	CT39	3x1x240mm2	496	
6	Barra 1	CT20	3x2x630mm2	995	11	CT41	CT40	3x1x400mm2	491
	CT18	CT17	3x1x240mm2	519		CT42	CT41	3x1x630mm2	563
	CT19	CT18	3x1x630mm2	519		Barra 2	CT46	3x2x630mm2	960
	CT20	CT19	3x2x400mm2	520	CT44	CT43	3x1x630mm2	388	
-	Parrón 1	Barra 1	3x4x500mm2	25	12	CT45	CT44	3x1x400mm2	387
				CT46		CT45	3x1x630mm2	388	
				-		Parrón 2	Barra 2	3x4x500mm2	25

Figura 3.11: Detalle cables red media tensión 33kV.

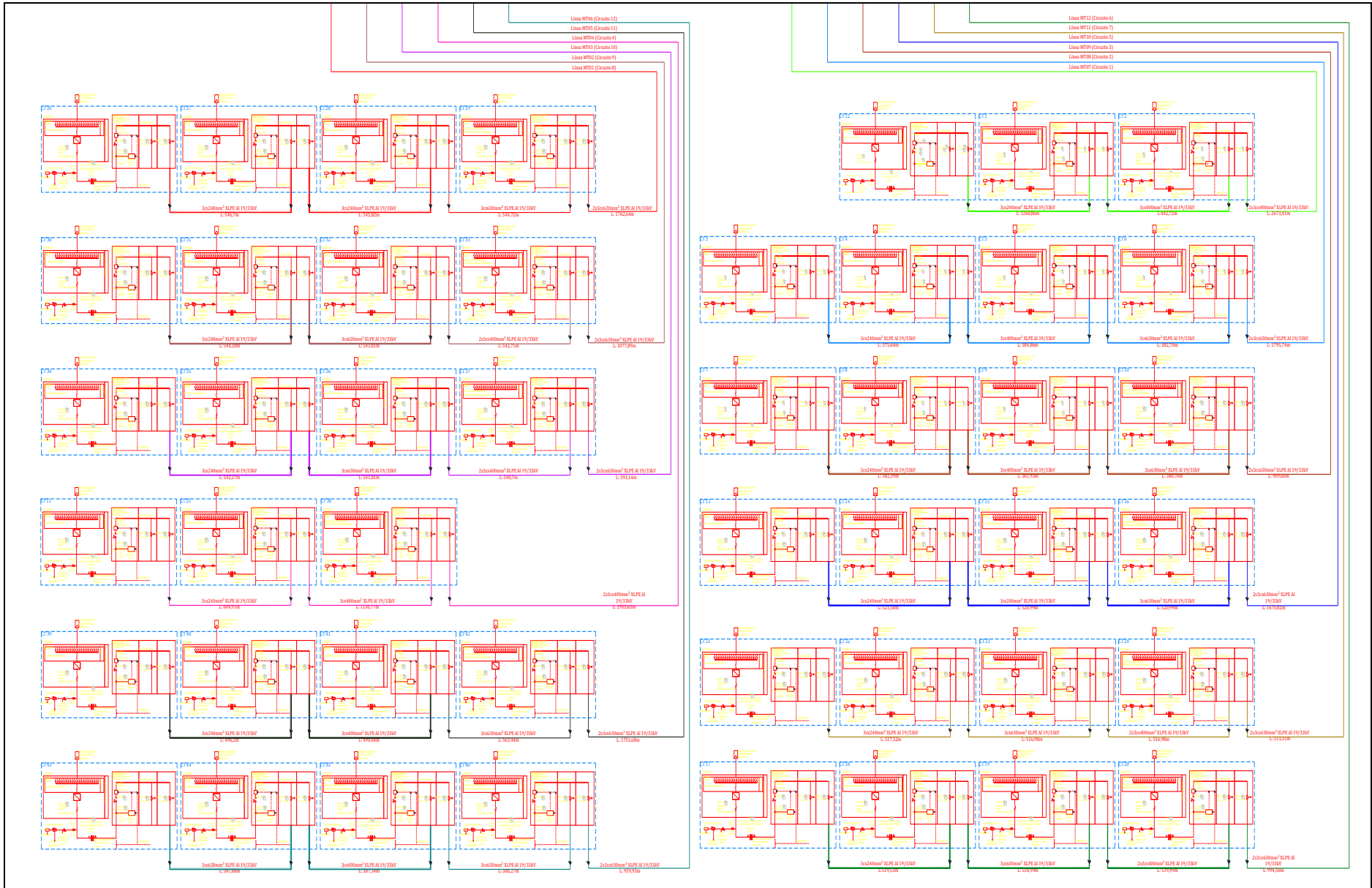


Figura 3.12: Diagrama unilineal de alimentadores y centros de transformación PFV Diego de Almagro Sur.

3.2.4.3 Banco de condensadores

El proyecto contempla un banco de condensadores de 40MVar de potencia reactiva, distribuidos de manera equitativa entre ambas barras de 33kV, es decir, un banco de 20MVar por cada una.



Figura 3.13: Fotos de placa banco de condensadores.

3.2.5 Características generales de Inversores

El PFV Diego de Almagro Sur cuenta con paneles solares de sistema bifacial y son seguidores de hilera simple con retroceso. La totalidad de los paneles solares se conectan a 46 inversores modelo SMA SC 4600-UP de potencia nominal de 4,6 MVA. Cada uno de estos inversores se encuentra asociado a un centro de transformación modelo MVPS 4600-S2. Las características relevantes de los inversores y centros de transformación, entregadas por el fabricante SMA y que se presentan en mayor detalle en el ANEXO III, son las siguientes:

Número	Nomenclatura	Componentes principales
1	MVT	4140 kVA 33/0,69 kV KNAN hermetically sealed liquid immersed transformer (SBG)
2	INV	Central Inverter SC 4600-UP
3	BW	Low Voltage Busbar/Busway between inverter and transformer
4	MVSG	Medium Voltage Ring Main Unit Switchgear SIEMENS 8DJH RRL with Circuit breaker
5	MVC	3 x Medium Voltage Cable N2XS(F)2Y 18/30kV 70mm ² between transformer and Medium Voltage Switchgear
6	STSD	230V 50 Hz low voltage distribution panel
7	SCAS-P	Low voltage cable from BW to fuse holder for installation of auxiliary power supply

Tabla 3.5: Componentes principales del centro de transformación MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA [5]).

Power Class	:		→	MVPS-4200-S2-US-10
Target Country	:	CL	→	Chile
Inverter type	:	0	→	SC UP
Inverter Power	:	3	→	4600 kVA
Ambient Temperature	:	1	→	-25°C to +55°C
Altitude	:	1	→	1001 - 2000 m
Environment	:	0	→	Standard
MV Transformer	:	1	→	KNAN
Transformer Protection	:	1	→	Full Protection
Nominal Voltage	:	H	→	33 kV
Nominal Frequency	:	0	→	50 Hz
Transformer Vector Group	:	0	→	Dy11
Transformer Tap Changer	:	1	→	With
Transformer Shield Winding	:	0	→	Without
Transformer Load Profile	:	6	→	24 Hours
Transformer Losses	:	1	→	Eco Design 1
Oil Containment	:	1	→	With
MV Switchgear	:	2	→	3F-SD-SD-CB-36 kV
Accessories MV Switchgear	:	1	→	Auxiliary Contacts
LV-Transformer	:	2	→	20 kVA, 400 V
Safety Equipment	:	0	→	Without
Monitoring	:	1	→	MVSG
Cable Entry Kit	:	1	→	With
Transport Packaging	:	1	→	Sea Freight
Country Package	:	0	→	Without
Language	:	ES	→	Spanish
Factory Warranty	:	0	→	1 year
Customized Solution	:	1	→	Yes

Figura 3.14: Características centro de transformación MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA [5]).

En la Figura 3.15 y Figura 3.16 se evidencia el aporte de potencia activa y reactiva que puede alcanzar cada inversor para distintos niveles de tensión.

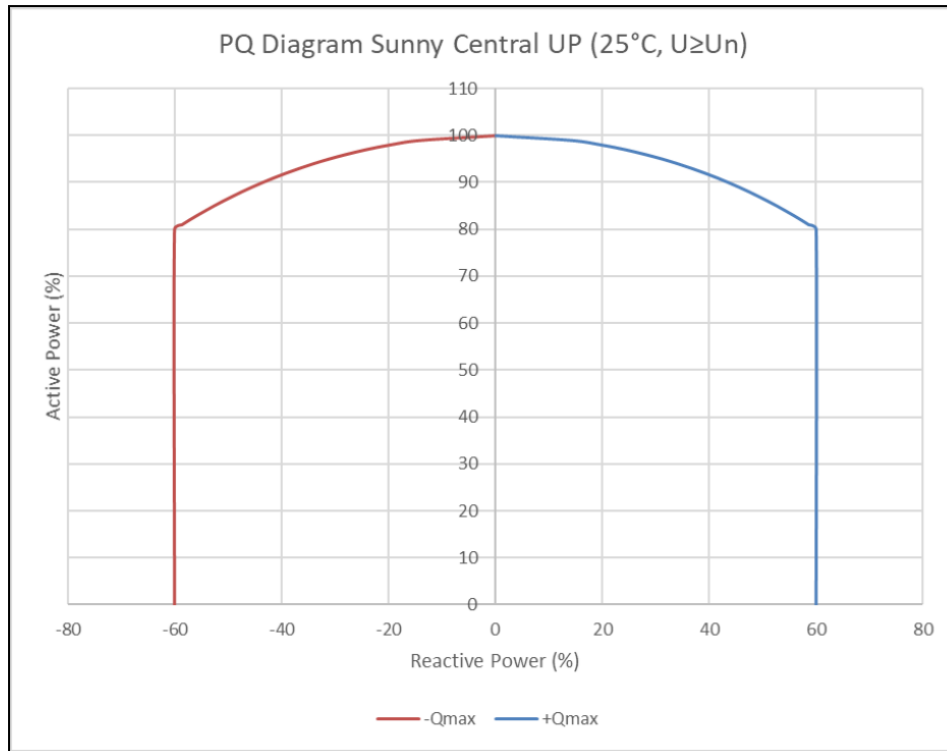


Figura 3.15: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva 25°C y tensión de red $U \geq U_n$ – Inversores SMA SC 4600-UP . (Fuente: Datasheet fabricante [6]).

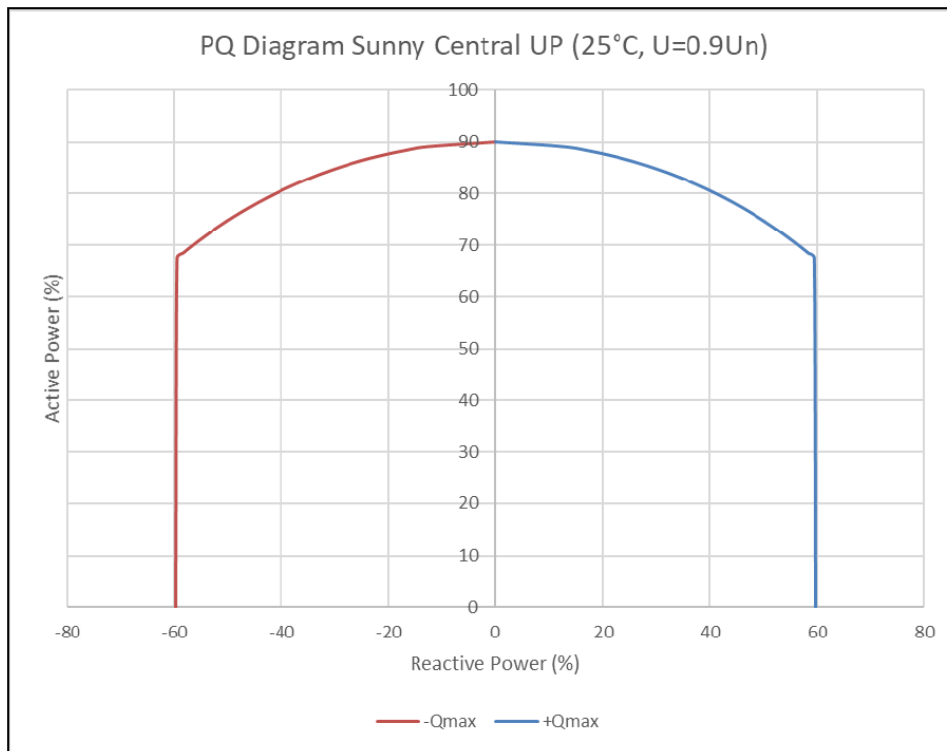


Figura 3.16: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva 25°C y tensión de red $U = 0.9U_n$ – Inversores SMA SC 4600-UP . (Fuente: Datasheet fabricante [6]).

Respecto al consumo de servicio auxiliares de cada centro de transformación, el fabricante en el documento [6], indica lo siguiente: “El inversor convierte la energía de CC a CA, lo que requiere algo de energía auxiliar para el sistema de control, comunicación y enfriamiento. La cantidad de energía auxiliar depende de la temperatura ambiente y de la potencia de salida producida. La alimentación auxiliar se extrae del lado de CA en los terminales del inversor.

Si la potencia fotovoltaica disponible supera el 100 % de la potencia de CC que puede convertir el inversor según el valor nominal de la placa de datos, el inversor produce algo más de potencia de CA para compensar sus pérdidas internas. De esta forma el consumo auxiliar efectivo del inversor es de 0 kVA en cuanto la potencia DC supera el 100%. En la Figura 3.17 y en la Figura 3.18 se presenta de manera gráfica el comportamiento descrito anteriormente.”

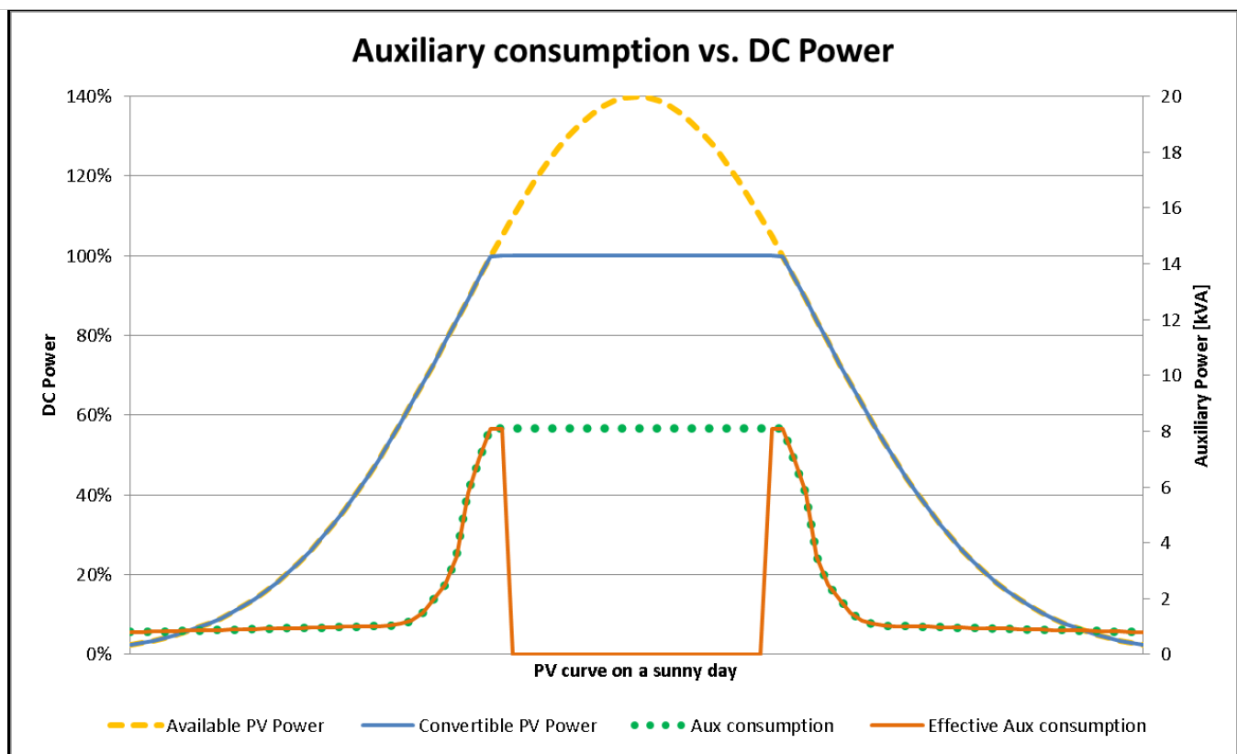


Figura 3.17: Consumo de servicios auxiliares en un día soleado [5].

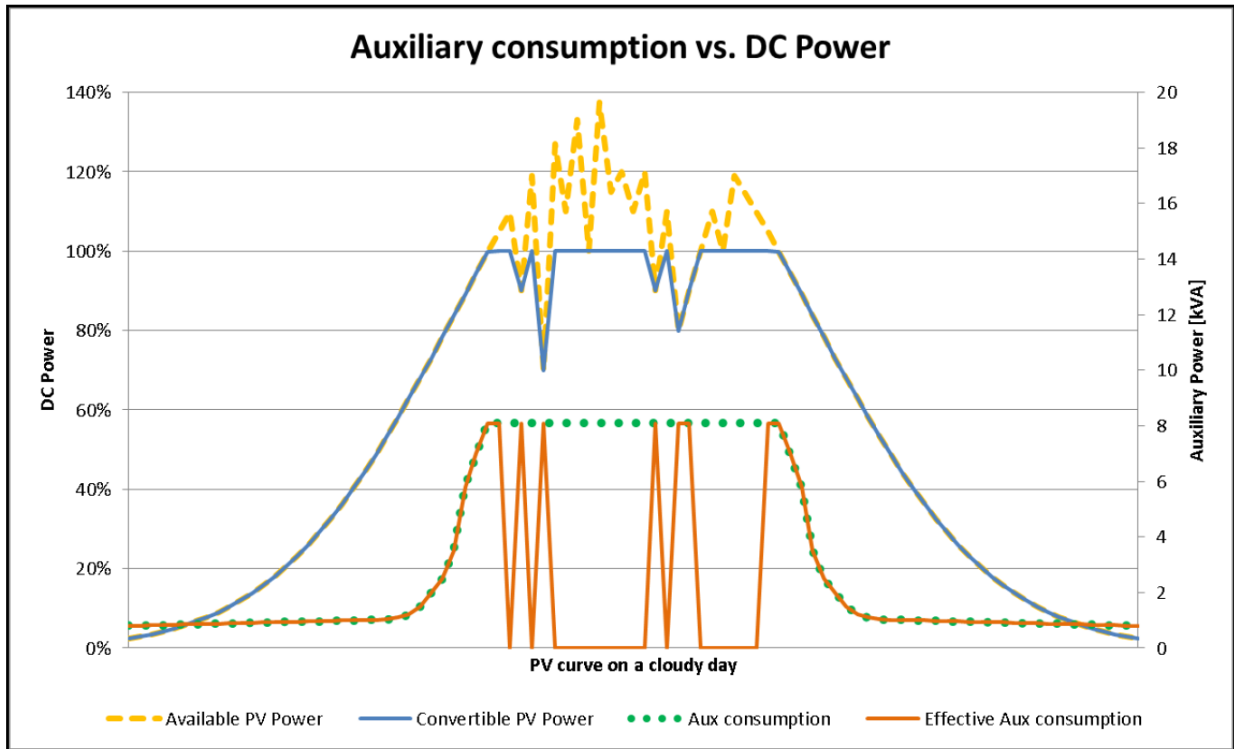


Figura 3.18: Consumo de servicios auxiliares en un día nublado [5].

3.2.6 Consumo de servicios auxiliares del parque solar

Para calcular el consumo de los 46 inversores incluidos en el PFV Diego de Almagro Sur, se utiliza la información entregada por el fabricante (Figura 3.17), en donde se observa que el consumo de servicios auxiliares alcanza los 8 kW, lo que equivale a 368 kW considerando todos los inversores pertenecientes a la planta.

Por su parte, el día 25 de mayo de 2022 se registraron los consumos de los servicios auxiliares de la SE Inca de Oro asociados a equipos de protección, medición, calefacción de la sala eléctrica, operación de los equipos de poder, iluminación, entre otros consumos asociados a 400V. La figura 3.19 muestra el perfil de carga de los servicios auxiliares durante la prueba de Determinación de Parámetros de Partida y Detención del parque.

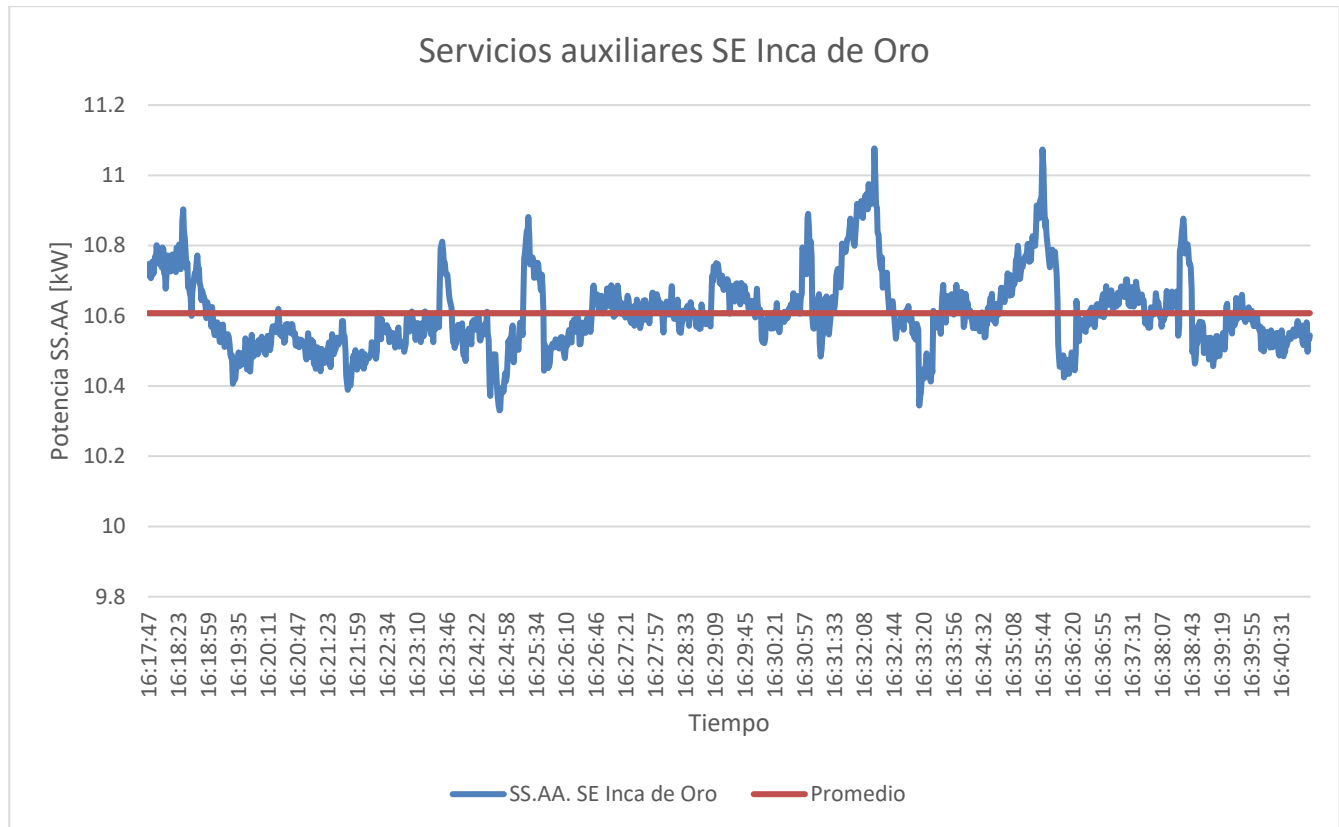


Figura 3.19: Registro del comportamiento de potencia activa en SSAA de SE Inca de Oro.

Tal como se puede apreciar, los consumos asociados a 400V de la SE Inca de Oro son relativamente constantes, por lo que, en adelante para efectos de cálculos de energía consumida durante las maniobras de las pruebas, se considerarán los SS.AA. de la SE Inca de Oro como constantes e igual al promedio del registro durante la prueba de PPyD, es decir, 10,608 [kW].

3.3 ANTECEDENTES Y EXIGENCIAS NORMATIVAS

Las Empresas Generadoras cuyas unidades generadoras hayan entrado en operación en el SI y aquellas que estén realizando pruebas de operatividad previas a su entrada en operación, deberán informar al Coordinador, los parámetros de Partida y Detención de sus unidades, conforme a los plazos y formas que se establecen en el anexo técnico: “Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”.

El anexo técnico mencionado anteriormente, en su artículo 6 “Entrega de información por las Empresas Generadoras” se indica que:

Las Empresas Generadoras cuyas unidades hayan entrado en operación y se encuentren conectadas al SI y aquellas que estén realizando pruebas previas a su entrada en operación, deberán informar al Coordinador la siguiente información de sus unidades, conforme a los términos y condiciones que se establecen en el presente Anexo:

- a) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida.
- b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida.
- c) Tiempo requerido para el proceso de partida.
- d) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención.
- e) Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención.
- f) Tiempo requerido para el proceso de detención.
- g) Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida.

Estos valores deberán informarse desglosados en los siguientes periodos, según corresponda:

- I. Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización.
- II. Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.
- III. Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal.
- IV. Desde la operación a potencia nominal hasta la desconexión.
- V. Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención.

Además, en el artículo 4 se entregan las siguientes definiciones:

- a) **Mínimo Técnico:** 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 SI en forma continua.
- b) **Procesos de partida:** El proceso de partida de una unidad generadora es aquel que permite llevar la unidad desde el estado apagado hasta su condición de operación a Mínimo Técnico, inyectando energía al SI de manera segura y estable. Al término de este proceso, la unidad generadora se considerará en servicio.
- c) **Proceso de detención:** El proceso de detención de una unidad generadora es aquel que permite que la unidad deje de entregar energía al sistema, partiendo del punto de operación a Mínimo Técnico hasta quedar en estado apagado.
- d) **Tiempo de Partida:** El tiempo de partida corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de partida de una unidad generadora b) del presente Artículo.

- e) **Tiempo de Detención:** El Tiempo de detención corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de detención de una unidad generadora, según lo establecido en el literal c) del presente Artículo.
- f) **Condición Fuera de Servicio:** Se entenderá que una unidad generadora se encuentra fuera de servicio cuando ésta deja de inyectar energía y se encuentra desconectada del SI, verificando dicha condición a través del estado de su interruptor principal.
- g) **Estado Apagado:** Se entenderá que una unidad generadora se encuentra en estado apagado, cuando la unidad está completamente detenida.

Por ende, el presente informe técnico contiene la información solicitada en el anexo técnico “Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”.

4 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE FOTOVOLTAICO DIEGO DE ALMAGRO SUR

En la presente sección se determina los parámetros de partida y detención del PFV Diego de Almagro Sur considerando lo señalado en el anexo técnico “Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”. Para la obtención de los diferentes parámetros requeridos en el artículo 6 del anexo técnico mencionado se utilizan las definiciones señaladas en el artículo 3 del mismo.

4.1 REGISTROS OBTENIDOS DURANTE EL ENSAYO A NIVEL DE PARQUE

El día 25 de mayo del 2022 se realiza un ensayo de detención y posterior partida de la planta fotovoltaica con la totalidad de los inversores en servicio. Las maniobras se llevan a cabo a través del controlador del parque (PPM), y los registros de potencia activa en el paño 52J1 de la SE Inca de Oro se extraen directamente del sistema SCADA. El parque se encuentra configurado con una rampa de toma y bajada de carga de $\pm 18\%$ Pnom/min (esto es 38,09MW/min), tal como lo indica la normativa vigente (menor al 20%Pnom/min).

Los registros obtenidos, durante el día de las pruebas, han sido graficados para el periodo de pruebas tal como lo muestra la Figura 4.1, cuya descripción de cada condición de operación se indica a continuación:

1. Inicialmente, el parque se encuentra operando a la máxima potencia activa disponible en el instante de comienzo de la prueba, 105 MW aproximadamente. En la Figura 4.2 se entrega el registro de irradiancia del día en que se desarrolla la prueba PPyD, destacándose el bloque horario en que se lleva a cabo la misma¹. Desde el punto de potencia máxima disponible se consigna un valor de potencia activa de 12,721 MW, correspondiente al mínimo técnico informado en el documento “NUP 1265 - Informe Mínimo Técnico - PFV Diego de Almagro Sur REV_1.pdf”.
2. La planta fotovoltaica alcanza el valor de mínimo técnico y permanece en dicha condición en forma estable.
3. Con el parque operando en mínimo técnico se ingresa la señal de detención de la planta.
4. Se alcanza el estado de condición fuera de servicio.
5. Con el parque en condición de fuera de servicio se ingresa la señal de arranque de la totalidad de la planta, encontrándose configurada la consigna de alcanzar la potencia activa de mínimo técnico.
6. Se alcanza el estado de condición mínimo técnico.
7. Con el parque operando a mínimo técnico se ingresa la consigna de potencia máxima disponible.

¹ La realización de la prueba determinación de parámetros de partida y detención fue restringida por el despacho del SEN, no permitiendo su realización durante las horas de potencia máxima disponible en el día.

8. Se alcanza la consigna de potencia máxima disponible, lo que debido a las condiciones ambientales en ese instante corresponden a 83 MW, aproximadamente.

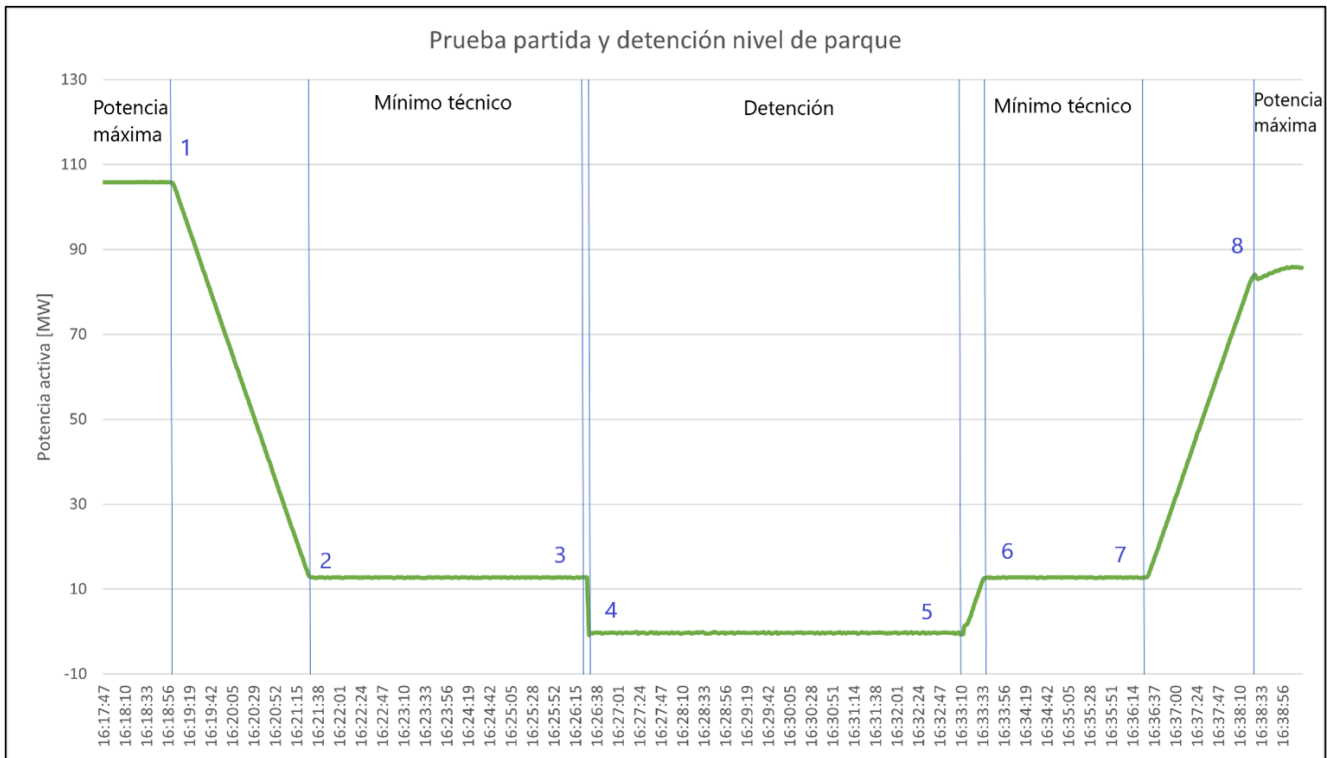


Figura 4.1: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Prueba completa.

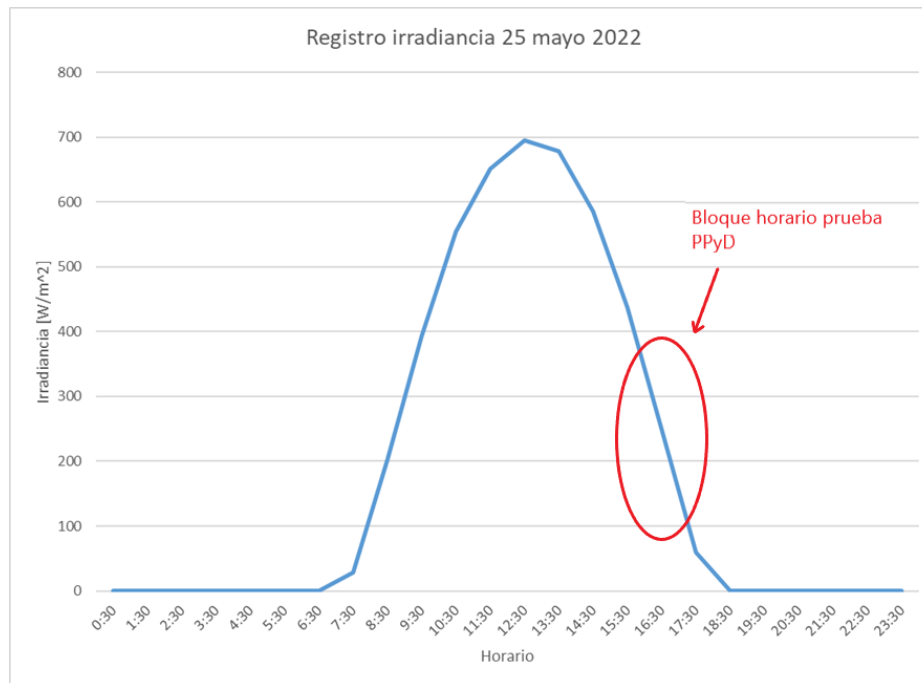


Figura 4.2: Registro de irradiancia para el día de la prueba 25-05-2022.

Con el objetivo de brindar una mejor visualización de las cotas de tiempo y valores de potencia activa durante las maniobras asociadas a las pruebas de determinación de parámetros de partida y detención del parque, se procede a elaborar diferentes gráficas con periodos reducidos que puedan ilustrar los cambios en el punto de operación del PFV Diego de Almagro Sur.

La Figura 4.3 presenta el registro de potencia activa máxima disponible hasta mínimo técnico, con un gradiente de reducción de carga de $-38,09$ MW/min.

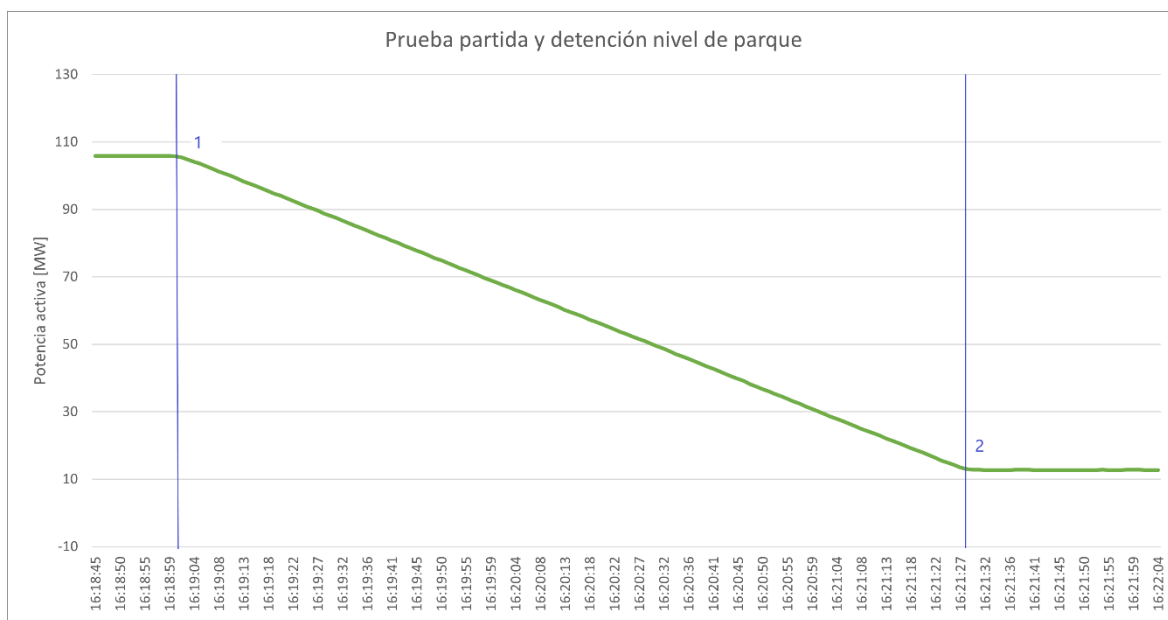


Figura 4.3: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Potencia máxima a mínimo técnico.

De la gráfica anterior se desprenden los siguientes puntos de relevancia desde la potencia máxima disponible hasta mínimo técnico a nivel de parque:

PUNTO	TIEMPO	POTENCIA [MW]
Potencia máxima disponible	16:19:02.623	105,405
Mínimo Técnico	16:21:33.154	12,721

Tabla 4.1: Datos relevantes de prueba desde potencia máxima disponible a mínimo técnico, a nivel de parque.

La Figura 4.4 presenta el registro desde la potencia a mínimo técnico, correspondiente a 12,721 MW, hasta la detención de la planta, lo que ocurre en aproximadamente 3s.

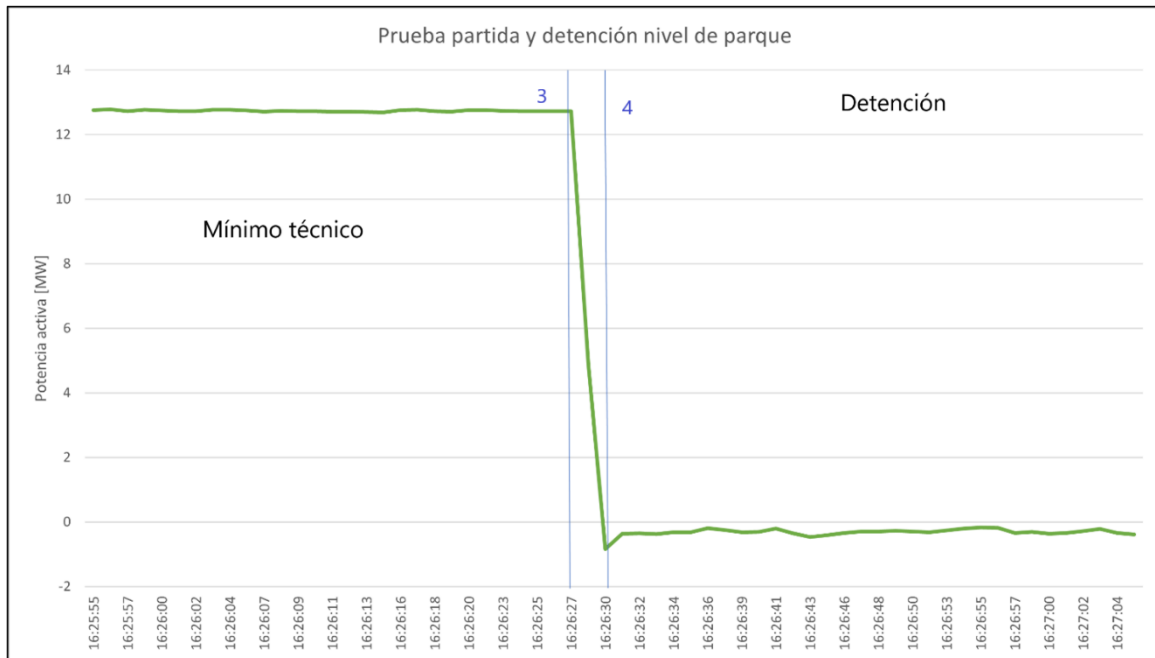


Figura 4.4: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Mínimo técnico a detención.

Análogamente a la maniobra anterior, es de interés conocer el último punto a mínimo técnico y la detención del parque:

PUNTO	TIEMPO	POTENCIA [MW]
Mínimo Técnico	16:26:27.262903	12,721
Detención	16:26:29.569642	-0,838

Tabla 4.2: Datos relevantes de prueba desde mínimo técnico a detención del parque.

En el proceso de encendido de la planta, pasando por la sincronización y posteriormente alcanzar la potencia de mínimo técnico, se tiene la gráfica presentada en la Figura 4.5.

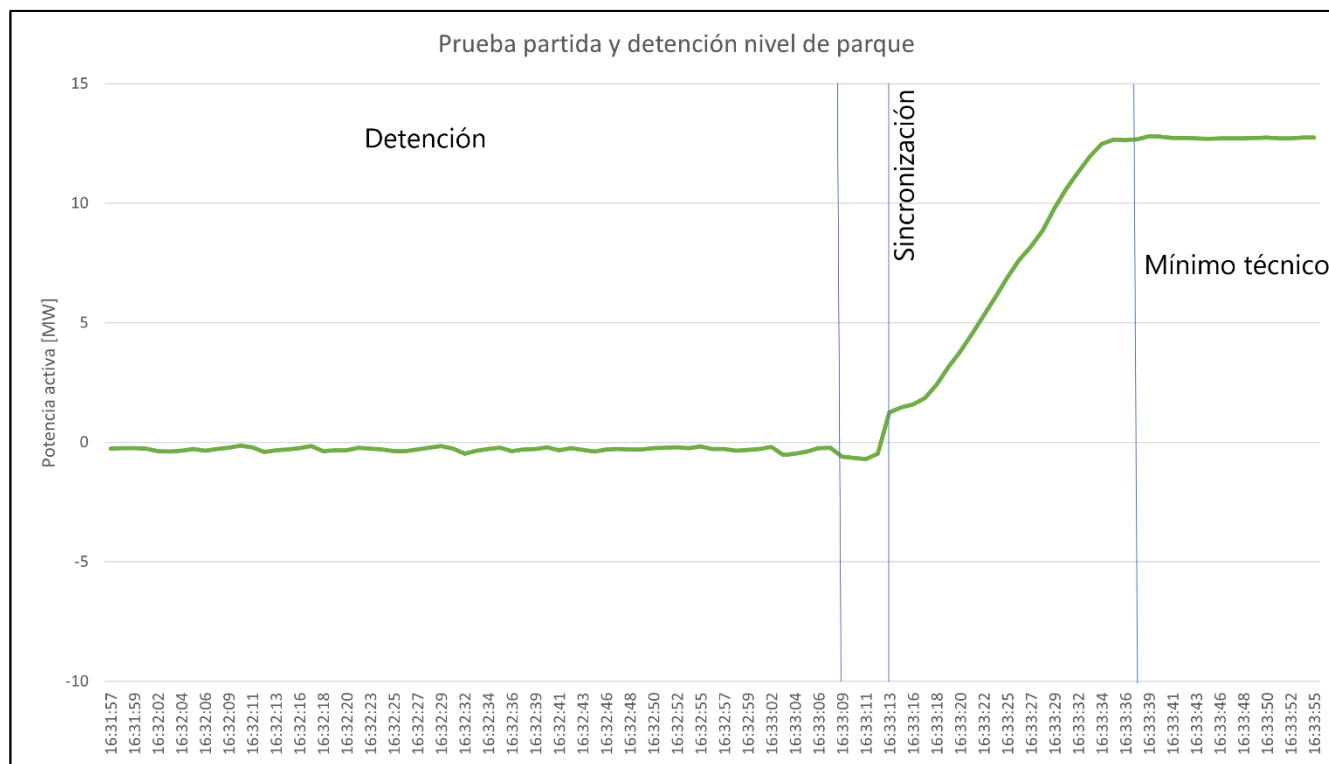


Figura 4.5: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Detención a mínimo técnico.

De la gráfica anterior se desprenden los siguientes puntos de relevancia desde detención hasta mínimo técnico.

PUNTO	TIEMPO	POTENCIA [MW]
Detención	16:33:08.635414	-0,599
Sincronización	16:33:13.248892	1,247
Mínimo Técnico	16:33:37.469647	12,668

Tabla 4.3: Datos relevantes de prueba desde detención a sincronización y posteriormente a mínimo técnico, a nivel de parque.

Finalmente, durante el día de pruebas se llevó la potencia activa de la planta desde el mínimo técnico hasta su potencia máxima disponible, generando la gráfica de la Figura 4.6.

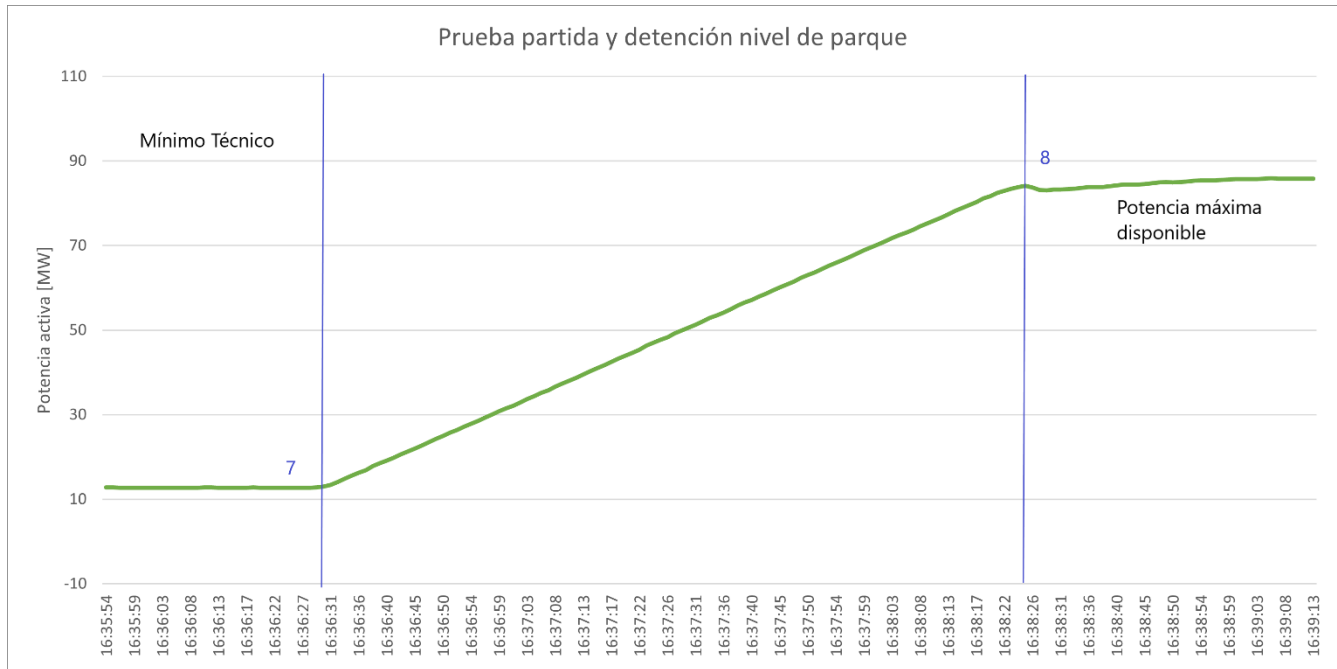


Figura 4.6: Registro de potencia activa a nivel de parque en paño 52J1 SE Inca de Oro 25-05-2022. Detención a mínimo técnico.

De la gráfica anterior se desprenden los siguientes puntos de relevancia desde mínimo técnico hasta potencia máxima disponible en ese instante del parque:

PUNTO	TIEMPO	POTENCIA [KW]
Mínimo Técnico	16:36:29.321670	12,721
Potencia máxima disponible	16:38:25.811968	84,154

Tabla 4.4: Datos relevantes de prueba desde mínimo técnico a potencia máxima disponible, a nivel de parque.

4.1.1 Parámetros de detención

En la presente sección se presentan los parámetros del proceso de detención del PFV Diego de Almagro Sur. De acuerdo con lo indicado en la Figura 4.1, los hitos señalados en el proceso de detención son:

1. Operación del parque con potencia máxima disponible.
2. Operación del parque a mínimo técnico.
3. Consigna de apagado de la planta.
4. Condición de apagado de todos los inversores.

Para el caso del PFV Diego de Almagro Sur se considera que el tiempo mínimo de operación (TMO) antes de poder detenerse es de cero, no existiendo restricción para iniciar un proceso de detención.

Tal como se observa en la Figura 4.3, el proceso de detención se realiza con una rampa de reducción de carga de -38.09MW/min. Se debe considerar que entre los hitos 2 y 3 se mantiene el parque operando a mínimo técnico sólo para visualizar que la planta se mantiene operando de forma estable, no existiendo restricciones para dar orden de detención a la planta. El tiempo que se encuentra operando a mínimo técnico no se considera parte del proceso de detención.

Considerando la información entregada por el fabricante, y lo descrito en la sección 3.2.6, el valor de potencia de servicios auxiliares queda determinado como sigue:

$$P_{SSAA} = P_{SSAA-inv} + P_{SSAA-SE}$$

$$P_{SSAA} = 368 \text{ kW} + 10,608 \text{ kW} = 378,608 \text{ kW}$$

En la Tabla 4.5 se entregan los tiempos y la energía consumida en cada etapa del proceso de detención del PFV Diego de Almagro Sur.

CONDICIÓN	TIEMPO	TIEMPO ACUMULADO	ENERGÍA CONSUMIDA
1.-Operación del parque con potencia máxima disponible.	16:19:02.623	0.0	0,0 kWh
2.-Operación del parque a mínimo técnico.	16:21:33.154	150,531 s	15,831 kWh
3.-Consigna de apagado de la planta.	16:26:27.263	150,531 s	0,0 kWh
4.-Condición de apagado de todos los inversores.	16:26:29.569	152,837 s	0,243 kWh

Tabla 4.5: Ensayo de detención PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.

De acuerdo con lo indicado en el documento “NUP 1265 - Informe Potencia Máxima - PFV Diego de Almagro Sur REV_1”, la potencia máxima en el punto de conexión del parque corresponde a 208,949 MW, valor que no fue posible alcanzar en el día de las pruebas debido a la fecha de estas (Figura 4.2). Por ende, resulta necesario recalcular el tiempo que transcurre desde la operación con potencia máxima hasta la operación a mínimo técnico (desde condición 1 a 2), considerando la rampa de reducción de carga de -38,09 MW/min.

En la Tabla 4.6 se entrega un resumen de los parámetros obtenidos en el proceso de detención del PFV Diego de Almagro Sur. Se obtiene que la energía total consumida en el proceso de detención es 32,751 kWh.

CONDICIÓN	TIEMPO ACUMULADO	ENERGÍA CONSUMIDA
1.-Operación del parque con potencia nominal.	0.0	0,0 kWh
2.-Operación del parque a mínimo técnico.	309,102 s	32,508 kWh
3.-Consigna de apagado de la planta.	309,102 s	0,0 kWh
4.-Condición de apagado de todos los inversores.	311,408 s	0,243 kWh

Tabla 4.6: Proceso de detención PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.

4.1.2 Parámetros de partida

En la presente sección se presentan los parámetros del proceso de detención del PFV Diego de Almagro Sur. De acuerdo con lo indicado en la Figura 4.1, los hitos señalados en el proceso de detención son:

5. Con el parque en condición de fuera de servicio se ingresa la señal de arranque de la totalidad de la planta, encontrándose configurada la consigna de alcanzar la potencia activa de mínimo técnico.
6. Se alcanza el estado de condición mínimo técnico.
7. Con el parque operando a mínimo técnico se ingresa la consigna de potencia máxima.
8. Se alcanza la consigna de potencia máxima disponible.

Se considera que el tiempo mínimo de detención (TMD) es de cero, no existiendo restricción para iniciar un proceso de partida luego de un proceso de detención.

Tal como se observa en la Figura 4.3, el proceso de partida se realiza con una razón de toma de carga de 38.09MW/min. Se debe considerar que entre los hitos 7 y 8 se mantiene el parque operando a mínimo técnico sólo para visualizar que la planta se mantiene operando de forma estable, no existiendo restricciones para dar orden de potencia máxima a la planta. El tiempo que se encuentra operando a mínimo técnico no se considera parte del proceso de partida.

Considerando la información entregada por el fabricante, y lo descrito en la sección 3.2.6, el valor de potencia de servicios auxiliares queda determinado como sigue:

$$P_{SSAA} = P_{SSAA-inv} + P_{SSAA-SE}$$

$$P_{SSAA} = 368 \text{ kW} + 10,608 \text{ kW} = 378,608 \text{ kW}$$

En la Tabla 4.7 se entregan los tiempos y la energía consumida en cada etapa del proceso de detención del PFV Diego de Almagro Sur.

CONDICIÓN	TIEMPO	TIEMPO ACUMULADO	ENERGÍA CONSUMIDA
5.-Condición de apagado de los inversores.	16:33:08.635	0.0	0,0 kWh
6.-Operación del parque a mínimo técnico.	16:33:37.470	28,835 s	3,033 kWh
7.-Consigna de potencia máxima.	16:36:29.322	28,835 s	0,0 kWh
8.-Condición de potencia máxima disponible	16:38:25.812	145,325 s	12,251 kWh

Tabla 4.7: Ensayo de partida PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.

De forma homologa al proceso de detención y considerando lo indicado en el documento “NUP 1265 - Informe Potencia Máxima - PFV Diego de Almagro Sur REV_1”, la potencia máxima en el punto de conexión del parque corresponde a 208,949 MW, valor que no fue posible alcanzar en el día de las pruebas debido a la fecha de estas (Figura 4.2). Por ende, resulta necesario recalculer el tiempo que transcurre desde la operación a mínimo técnico hasta la operación con potencia nominal (desde 7 a 8), considerando la rampa de toma de carga de 38,09 MW/min.

En la Tabla 4.8 se entrega un resumen de los parámetros obtenidos en el proceso de partida del PFV Diego de Almagro Sur. Se obtiene que la energía total consumida en el proceso de detención es 35,541 kWh.

CONDICIÓN	TIEMPO ACUMULADO	ENERGÍA CONSUMIDA
5.-Condición de apagado de los inversores.	0.0	0,0 kWh
6.-Operación del parque a mínimo técnico.	28,835 s	3,033 kWh
7.-Consigna de potencia máxima.	28,835 s	0,0 kWh
8.-Condición de potencia nominal	337,937 s	32,508 kWh

Tabla 4.8: Proceso de partida PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.

4.2 REGISTROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN A NIVEL DE INVERSOR

Se tienen los registros de potencia activa a nivel de inversor, para lo cual se cuenta con los datos del inversor 24, correspondiente al inversor más cercano a la SE Inca de Oro, cuyos datos corresponden a los registros del 25 de mayo de 2022. Pasando de potencia máxima disponible hasta mínimo técnico, y posteriormente de mínimo técnico a detención, son presentados los datos del inversor de manera gráfica en la Figura 4.7. Cabe señalar que, la potencia de mínimo técnico a nivel de inversor es de 0,281 MW, mientras que la potencia nominal de los inversores es de 4,6 MW.

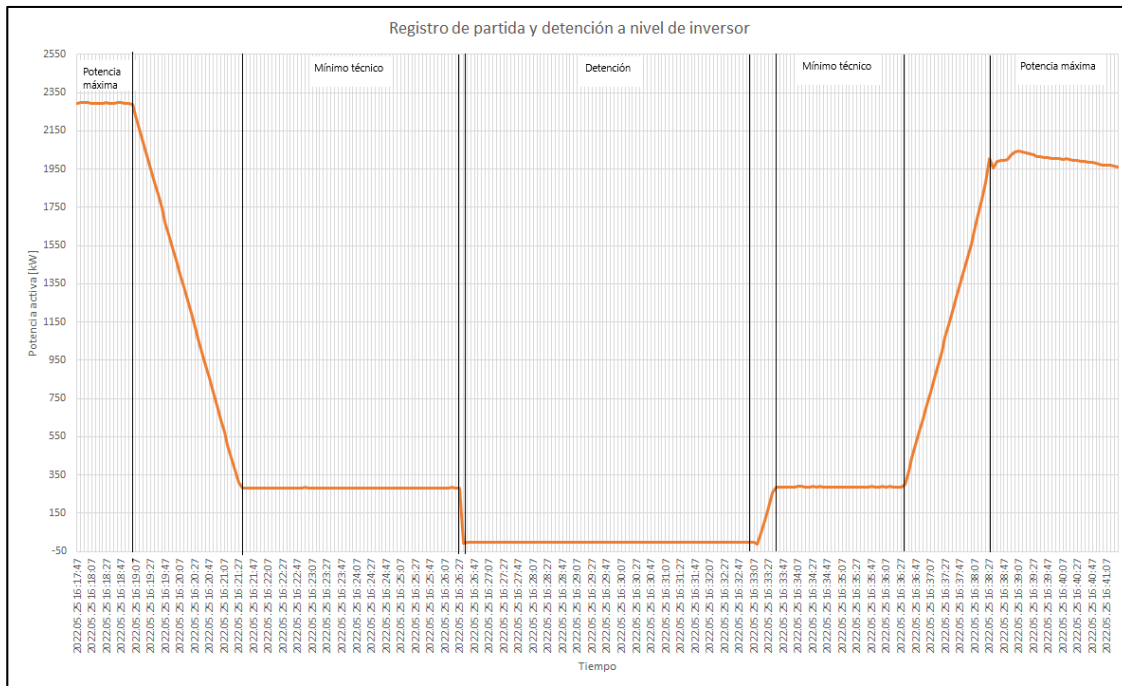


Figura 4.7: Registro de potencia activa en inversor 24, con fecha 25-05-2022 prueba de partida y detención.

A partir de la gráfica presentada en la Figura 4.7 se tienen los datos más relevantes contenido en ella y que son resumidos en la Tabla 4.9:

PUNTO	TIEMPO	POTENCIA [MW]
Potencia máxima	16:19:02	2,289
Mínimo Técnico	16:21:37	0,281
Orden de Detención	16:26:27	0,281 a -0,0
Estado de Detención	16:26:37	0,0
Sincronización	16:33:02	0,0
Mínimo Técnico	16:33:32	0,281
Potencia máxima	16:38:27	2,007

Tabla 4.9: Datos relevantes de potencia activa a nivel de inversor con sus respectivos tiempos.

Considerando lo indicado en el documento “NUP 1265 - Informe Potencia Máxima - PFV Diego de Almagro Sur REV_1”, la potencia nominal de los inversores es de 4,6 MW, valor que no fue posible alcanzar en el día de las pruebas debido a la fecha de estas (Figura 4.2). Entonces, resulta necesario recalcular el tiempo que transcurre desde la operación a mínimo técnico hasta la operación con potencia nominal y viceversa, considerando la rampa de toma de carga de 18% Pnom/min.

Para la potencia consumida por los servicios auxiliares se utiliza lo indicado en la sección 3.2.5, valor que alcanza los 8 kW por un inversor.

En la Tabla 4.8 se entrega un resumen de los parámetros obtenidos en el proceso de partida y detención a nivel del inversor 24 del PFV Diego de Almagro Sur. Se obtiene que la energía total consumida en el proceso de partida y detención es 1,479 kWh.

CONDICIÓN	TIEMPO ACUMULADO	ENERGÍA CONSUMIDA
1.-Operación del inversor a potencia nominal	0.0	0,0 kWh
2.-Operación del parque a mínimo técnico.	312,97 s	0,695 kWh
3.-Consigna de apagado.	312,97 s	0,0 kWh
4.-Condición de apagado del inversor.	322,97 s	0,022 kWh
5.-Orden de partida.	322,97 s	0,0 kWh
6.-Operación del inversor a mínimo técnico.	352,97 s	0,066 kWh
7.-Consigna de potencia máxima.	352,97 s	0,0 kWh
8.-Condición de potencia nominal	665,94 s	0,695 kWh

Tabla 4.10: Proceso de detención y partida a nivel de inversor PFV Diego de Almagro Sur – tiempos y energía consumida.

4.3 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

A continuación, en función de los registros y cálculos desarrollados en las secciones precedentes, se determinan los Parámetros de Partida y Detención, los que son presentados en las Tabla 4.11 y Tabla 4.12.

Parámetro	I) Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización.	II) Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.	III) Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal.	IV) Desde la operación a potencia nominal hasta la operación a Mínimo Técnico.	V) Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la desconexión.	VI) Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención (Estado de apagado).	VII) Desde finalizado el proceso de partida hasta antes de poder detenerse
Cantidad y tipo de combustible	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Energía eléctrica consumida	No aplica	3,033[kWh]	32,508[kWh]	32,508 [kWh]	0,243[kWh]	No aplica	No aplica
Tiempo requerido [min]	No aplica	0'28"	5'09"	5'09"	0'02"	No aplica	0*

Tabla 4.11: Resumen de parámetros asociados a las pruebas de partida y detención, a nivel de parque.

Parámetro	I) Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización.	II) Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.	III) Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal.	IV) Desde la operación a potencia nominal hasta la operación a Mínimo Técnico.	V) Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la desconexión.	VI) Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención (Estado de apagado).	VII) Desde finalizado el proceso de partida hasta antes de poder detenerse
Cantidad y tipo de combustible	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Energía eléctrica consumida	No aplica	0,066[kWh]	0,695[kWh]	0,695[kWh]	0,022[kWh]	No aplica	No aplica
Tiempo requerido	No aplica	0'30"	5'13"	5'13"	0'10"	No aplica	0*

Tabla 4.12: Resumen de parámetros asociados a las pruebas de partida y detención, a nivel de inversor.

*El tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida se considera nulo.

5 CONCLUSIONES


En base a los registros y cálculos obtenidos del PFV Diego de Almagro Sur el día 25 de mayo de 2022, ha sido posible determinar los parámetros asociados a la partida y detención del Parque Fotovoltaico Diego de Almagro Sur tanto a nivel de parque como a nivel de inversor, dando cumplimiento al Anexo Técnico “Determinación de parámetros para los procesos de partida y detención de unidades generadores” de la NTSyCS de septiembre 2020.

6 REFERENCIAS

- [1]. Guía Técnica Homologación de Modelos Dinámicos centrales ERNC.pdf en su versión 3, CEN.
- [2]. Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, CNE, septiembre 2020.
- [3]. Manual instrumento de medida “PureBB-3phases-SMX-0621-0100-V2-26122017(1).pdf”, ELSPEC.
- [4]. Manual instrumento de medida “SMX-0618-0100-Portable-BLACKBOX-User-Installation-Manual-V1.3-b.pdf”, ELSPEC.
- [5]. Información técnica Proyecto Diego de Almagro Sur “MVPS 4600-S2 Documentation”, SMA, 2020.
- [6]. Technical Information Document – Sunny Central UP (-US), SMA Solar Technology, march 2020.
- [7]. Información técnica transformador de poder ABB: “Anexo 2 - Placa transformador de Poder 3D.pdf” y “Anexo 3 - Ensayos del Transformador (FAT).pdf”.
- [8]. Estudio ECAP – PFV Diego de Almagro Sur: “PVDA-S42-5-e1-IN-20-4.pdf”, Colbún.
- [9]. Estudio Estabilidad Transitoria – PFV Diego de Almagro Sur: “PVDA-S42-5-e1-IN-18-2.pdf”, Colbún.
- [10]. Coordinador Eléctrico Nacional (CEN): “Puesta en Servicio de Unidades Generadoras – Aplicación de Anexos Técnicos”.


ANEXOS

ANEXO I DATASHEET Y PRUEBAS FÁBRICA TRANSFORMADOR DE BLOQUE BT/MT [5]



SBG
Your dedicated partner
of the SGB-SMIT Group

Sächsisch-Bayerische Starkstrom-Gerätebau GmbH
Ohmstraße 1
D-08496 Neumark/Sachsen
Made in Germany

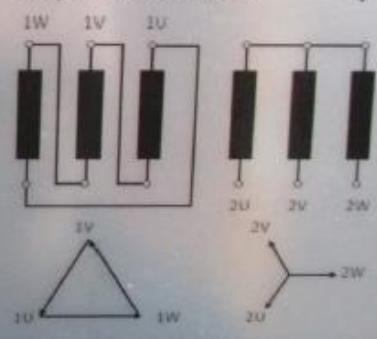


DINEN60076

No. de Serie:	2788618	Modelo:	DNT 4140 H/30	Año de Fabricación:	11.2020
Especificación:	D_00150054_01	Libro de Instrucción:	B2	Versión de Fabricación:	Q1
Clase:	KNAN	Líquido Aislante:	MIDEL EN	Modo de Operación:	Step-up
Aumento Temp. Ac./Dev.	80 / 95°C	Frecuencia:	50 Hz		
Potencia Nom. @25°C:	4600 kVA	@40°C:	4140 kVA	Grupo de Conexión:	Dy11
Alta Tensión:	33000 V	Baja Tensión:	690 V		
AC/BIL (HV):	70 / 170 kV	AC/BIL (LV):	10 / 30 kV		
Mat. de Devanado (HV):	Al	Mat. de Devanado (LV):	Al		
Perdidas en Vacío:	37091 W (@115°C)	Perdidas con Carga:	3056 W		
Corriente de cortocircuito permanente:	1,034 kA	6,5 % Tens. de cortocir.	#140 kVA		

Pos. del desviador:	1/A	2/B	3/C	4/D	5/E
Voltaje Nominal:	34650	33825	33000	32175	31350
Corriente Nominal:	68,98	70,66	72,45	74,29	76,24

Núcleo y Bobinas:	3949 kg	Presión min. de operación:	-4,5 kPa max;	3,2 kPa	Perfil de Carga:	24h
Tanque:	2106 kg	Presión de Alarma del Aceite:	20 kPa		Pantal. entre devan.:	no
Masa total:	8520 kg	Nivel de PCB (equipo nuevo):	0 ppm		Temp. Ambiente:	-25 - +40°C
Vol. + Masa de Aceite:	2045 l / 1880 kg	Temp. de Alarma del Aceite:	122 °C			



CERTIFICADO DE ENSAYO		No.d.fáb : 2788618
Tipo : DNT 4140 H/30	Prescri. : DIN EN 60076-1	Año de constr. : 2020

Modelo

 Transformador en aceite
 Protección anticorrosiva: pintura C3

Max 4600kVA @ 25 °C temperature ambiente

Potencia: 4140.0kVA	Frec.: 50,00Hz	Tens. d.c.-ci: 6.5%	Cl.: LT	M.d.op.: DB	Um(kV) : 36.0/3.6	Croq. acot. : AK4183
Ten. nom. [V]: 33000/690	Gr. de di. : Dy11				Valores de med.	
Corr. nom. [A]: 72,4/3484	Clase de prot. : IP54				Po [W] : 3056	
Derivaciones : ±2x2,5%	Clase de cúsl. : A				Pk [W] : 37091	
	T.de refrig. : KNAN				PEI [%] : 99.486 / kPEI [%] : 0.287	
	Refriger. : Midel eN 1204				ukn [%] : 6.5	
	Peso medio : 1.880t				Lpa[dB(A)] :	
	Peso total : 8.520t				Lwa [dB] :	

Medición en vacío con conex. lado t.i. 690 V y 50.00 Hz

Fase	Leer	C	Volt.	Leer	C	Amp.	A.va.medio	Leer	Σ	C	Watio
2U-2V			687.74			4.59					
2V-2W			690.82			3.44	4.30				
2W-2U			691.25			4.86	Io 0.124%				3056

Medic. en cortocir. con conex. lado t.s. 33000 V y 50.00 Hz

Fase	Leer	C	Volt.	Leer	C	Amp.	A.va.medio	Leer	Σ	C	Watio
1U-1V			1090.79			36.92					7991
1V-1W			1092.47			37.27	37.31				34.0
1W-1U			1122.91			37.75					7957

Fase	Leer	C	Volt.	Leer	C	Amp.	A.va.medio	Leer	Σ	C	Watio

Pk en	Conexi./Cortocir.	33000 V/690 V	con 115 °C	Pk en										
con 23.5 °C	Pz W	I ² R W	Pk W	ukn %	ur %	ux %	con	°C	Pz W	I ² R W	Pk W	ukn %	ur %	ux %
29957	4378	32713	37091	6.51	0.90	6.45								

Medic. de la resistencia con 23.5 °C (Valores de medic.[Ohm])

Esc.de ten.V	1U-1V	1V-1W	1W-1U	2U-2V	2V-2W	2W-2U	Esc.de ten.V
33000.0	1.617	1.621	1.616	0.0006221	0.0006274	0.0006348	690.0

Medición de la relación de transformación (Error [%])

Conexión V	34650	33825	33000	32175	31350
Transf. nom.	50.22	49.02	47.83	46.63	45.43
1U-1V/2U-2V	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07
1V-1W/2V-2W	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
1W-1U/2W-2U	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04

Ensayos de aislamiento

En. del arrollam.	kV	Hz	min	En. entre espir.	kV	Hz	sec
t.s./t.i. Núcleo	70.0	50.0	1	t.i.-Lado	1.380	125	48.0
t.i./Núcl.	10.0	50.0	1				

Ensayos adicionales
NOTAS

0020207083	SPAN 40°C [35°C]	
Fecha de exped. 05.11.2020	Fecha de la prueba 05.11.2020	verificado Gohr
		SÄCHSISCH-BAYERISCHE STARKSTROM-GERÄTEBAU Ohmstr. 01, 08492 Neumark/Sachsen

ANEXO II PLACA DE DATOS Y ENSAYOS DE FÁBRICA TRANSFORMADOR DE PODER

NÚMERO DE SERIE		2XBR62264	
AÑO DE FABRICACIÓN		2021	NORMA IEC 60076
MODELO TT54/TRIFÁSICO/50Hz		TRANSFORMADOR DE POTENCIA	

REFERENCIA ABB E-2053191.264 DISEÑO NÚMERO 12X0450013-C2479 MANUAL DE MANTENIMIENTO 12X0450022-C2479	ELEVACION DE TEMPERATURA ACEITE 60°C BOBINAS 60°C PUNTO MÁS CALIENTE 80°C	NIVELES DE AISLAMIENTO DE LAS BOBINAS <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>TERMINALES</th> <th>H1-H2-H3</th> <th>HD</th> <th>X1-X2-X3</th> <th>Y1-Y2-Y3</th> </tr> <tr> <td>IMPULSO ATMOSFÉRICO (kV PICO)</td> <td>950</td> <td>170</td> <td>170</td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>IMPULSO DE MANIOBRA (kV PICO)</td> <td>750</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>TENSIÓN INQUEDA. FASE A TIERRA, NIVEL ELEVADO / 60 MIN. (kV RMS)</td> <td>244.5/212.2</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>TENSIÓN APLICADA, DURANTE 1 MINUTO A 50Hz (kV RMS)</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>70</td> </tr> </table>	TERMINALES	H1-H2-H3	HD	X1-X2-X3	Y1-Y2-Y3	IMPULSO ATMOSFÉRICO (kV PICO)	950	170	170	170	IMPULSO DE MANIOBRA (kV PICO)	750	-	-	-	TENSIÓN INQUEDA. FASE A TIERRA, NIVEL ELEVADO / 60 MIN. (kV RMS)	244.5/212.2	-	-	-	TENSIÓN APLICADA, DURANTE 1 MINUTO A 50Hz (kV RMS)	70	70	70	70		
TERMINALES	H1-H2-H3	HD	X1-X2-X3	Y1-Y2-Y3																									
IMPULSO ATMOSFÉRICO (kV PICO)	950	170	170	170																									
IMPULSO DE MANIOBRA (kV PICO)	750	-	-	-																									
TENSIÓN INQUEDA. FASE A TIERRA, NIVEL ELEVADO / 60 MIN. (kV RMS)	244.5/212.2	-	-	-																									
TENSIÓN APLICADA, DURANTE 1 MINUTO A 50Hz (kV RMS)	70	70	70	70																									
MASAS APROXIMADAS PARTE ACTIVA 110000 kg TANQUE Y ACCESORIOS 49000 kg ACEITE 54500 kg TOTAL 213500 kg PIEZA MÁS PESADA PARA EL TRANSPORTE 24500 kg	IMPEDANCIAS A 75°C <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>BASE (MVA)</th> <th>RELACION DE TENSIONES (kV)</th> <th>IMPEDANCIA (%)</th> </tr> <tr> <td>125</td> <td>220/33 (HV-LV1)</td> <td>11,82</td> </tr> <tr> <td>125</td> <td>220/33 (HV-LV2)</td> <td>11,95</td> </tr> <tr> <td>125</td> <td>33/23 (LV1-LV2)</td> <td>22,34</td> </tr> </table>	BASE (MVA)	RELACION DE TENSIONES (kV)	IMPEDANCIA (%)	125	220/33 (HV-LV1)	11,82	125	220/33 (HV-LV2)	11,95	125	33/23 (LV1-LV2)	22,34	NIVELES DE AISLAMIENTO DE LOS BUJES <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>TERMINALES</th> <th>H1-H2-H3</th> <th>HD</th> <th>X1-X2-X3</th> <th>Y1-Y2-Y3</th> </tr> <tr> <td>IMPULSO ATMOSFÉRICO (kV PICO)</td> <td>1175</td> <td>170</td> <td>170</td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>TENSIÓN APLICADA (kV RMS)</td> <td>540</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>70</td> </tr> </table>	TERMINALES	H1-H2-H3	HD	X1-X2-X3	Y1-Y2-Y3	IMPULSO ATMOSFÉRICO (kV PICO)	1175	170	170	170	TENSIÓN APLICADA (kV RMS)	540	70	70	70
BASE (MVA)	RELACION DE TENSIONES (kV)	IMPEDANCIA (%)																											
125	220/33 (HV-LV1)	11,82																											
125	220/33 (HV-LV2)	11,95																											
125	33/23 (LV1-LV2)	22,34																											
TERMINALES	H1-H2-H3	HD	X1-X2-X3	Y1-Y2-Y3																									
IMPULSO ATMOSFÉRICO (kV PICO)	1175	170	170	170																									
TENSIÓN APLICADA (kV RMS)	540	70	70	70																									
ALTURA PARA IZAR LA PARTE ACTIVA 12800 mm RESISTENCIA MECANICA TANQUE Y TAPA FLUJO VACÍO RADIADORES 50kPa - PRESIÓN MANOMÉTRICA CONSERVADOR DE ACEITE	POTENCIA NOMINAL CONTINUA (MVA) SISTEMA DE ENFRIAMIENTO <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>TERMINALES</th> <th>ONAN</th> <th>ONAF 1</th> <th>ONAF 2</th> </tr> <tr> <td>H1 H2 H3 HD</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>X1 X2 X3</td> <td>75</td> <td>100</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>Y1 Y2 Y3</td> <td>75</td> <td>100</td> <td>125</td> </tr> </table>	TERMINALES	ONAN	ONAF 1	ONAF 2	H1 H2 H3 HD	200	250	250	X1 X2 X3	75	100	125	Y1 Y2 Y3	75	100	125	DIAGRAMA VECTORIAL YN11411 											
TERMINALES	ONAN	ONAF 1	ONAF 2																										
H1 H2 H3 HD	200	250	250																										
X1 X2 X3	75	100	125																										
Y1 Y2 Y3	75	100	125																										
CAMBADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA MUCO RV 380/800 III	ACEITE NATIVO VOLUMEN : 62644 l	ALTIMETRO DE OPERACIÓN <1250 mm																											

ALTA TENSION							
TERMINALES	POS.	CAMBADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA	SELECTOR DE TOMAS	TENSION (V)	CORRIENTE (A)		
					ONAN	ONAF 1	ONAF 2
H1-H2-H3-HD	1	1-30	242000	357.8	477.1	598.4	
	2	2-30	239250	362.0	482.6	603.3	
	3	3-30	236500	366.2	488.2	610.3	
	4	4-30	233750	370.5	494.0	617.5	
	5	5-30	231000	374.9	499.9	624.8	
	6	6-30	228250	379.4	505.9	632.4	
	7	7-30	225500	384.0	512.1	640.1	
	8	8-30	222750	388.8	518.4	648.0	
	9A	9-30					
	9B	10-30		220000	393.6	524.9	656.1
	10	1-30	217250	398.6	531.5	664.4	
	11	2-30	214500	403.7	538.3	672.9	
	12	3-30	211750	409.0	545.3	681.6	
	13	4-30	209000	414.4	552.5	690.6	
	14	5-30	206250	419.9	559.9	699.8	
	15	6-30	203500	425.6	567.4	709.3	
	16	7-30	200750	431.4	575.2	719.0	
	17	8-30	198000	437.4	583.2	729.0	

BAJA TENSION 1				
TERMINALES	TENSION (V)	CORRIENTE (A)		
X1-X2-X3	33000	ONAN	ONAF 1	ONAF 2
		1312.1	1749.5	2186.9

BAJA TENSION 2				
TERMINALES	TENSION (V)	CORRIENTE (A)		
Y1-Y2-Y3	33000	ONAN	ONAF 1	ONAF 2
		1312.1	1749.5	2186.9

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BUJE					
TC	TERMINALES	RELACION	CLASE	APLICACION	
TCH1A/B	151-152 251-252	500-1A	0.2-5VA	MEDICION	
TCH2A/B	151-153 251-253	1000-1A	0.2-5VA	MEDICION	
TCH3A/B	351-352 351-353	500-1A	5P20-15VA	PROTECCION	
TCH1C	351-353	1000-1A	0.2-5VA	MEDICION	
TCH2C	351-353	2500-1A	5P20-15VA	PROTECCION	
TCH3C	351-353	2500-1A	0.2-5VA	MEDICION	
TCH4A/B	151-152 251-252	500-1A	5P20-15VA	PROTECCION	
TCH4B/B	151-153 251-253	1000-1A	0.2-5VA	MEDICION	
TCH4C/B	151-153 251-253	2500-1A	5P20-15VA	PROTECCION	
TCY1C	351-352	1250-1A	5P20-15VA	PROTECCION	
TCY2C	351-352	2500-1A	5P20-15VA	PROTECCION	
TCY3C	351-353	2500-1A	5P20-15VA	PROTECCION	
TCY2D	451-452	3385-2.5A	3C25	IMAGEN TERMICA	
TCY2D	451-452	3385-2.5A	3C25	IMAGEN TERMICA	
TCY2D	451-452	730-2.5A	3C25	COMPENSACION DE CAIDA EN LA LINEA	

ABB Ltda
 AV. MONTEIRO LOBATO, 3411
 CNPJ 61074829/0011-03
 GUARULHOS - SAO PAULO - BRASIL

ABB	PROTOCOLO DE ENSAYOS				N° de Protocolo: 1ZBR 21 - 0338		
	Resumen				Pág 3 de 127		
N° de Serie: 2XBR62264							
Pérdidas e Intensidad de Vacío							
Tensión (% de la Nominal)	Posición	Potencia Base (MVA)	Pérdidas en Vacío (kW)		Intensidad de Vacío		
			Medidas	Garantizadas	Medida	Garantizada	
110	- / 17 / -	250	151,0		0,2326 %	1,000 %	
100	- / 17 / -	250	96,38	131,0	0,04832 %	0,07000 %	
90	- / 17 / -	250	72,66		0,03419 %		
Pérdidas en Carga y Tensión de Cortocircuito							
Terminales	Tensiones (kV)	Posiciones	Potencia Base (MVA)	Pérdidas a Temp. Ref.		Impedancia a Temp. Ref.	
				Medidas (kW)	Garantizadas (kW)	Medida (%)	Garantizada (%)
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3 Y1-Y2-Y3	220 / 33 / 33	9 / - / -	150	271,75		7,57	
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3 Y1-Y2-Y3	220 / 33 / 33	9 / - / -	250	758,87	904,00	12,62	
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3	242 / 33	1 / -	125	358,25		12,09	12,60
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3	220 / 33	9 / -	125	368,86		11,82	12,20
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3	198 / 33	17 / -	125	398,83		11,73	12,10
H1-H2-H3-H0 Y1-Y2-Y3	242 / 33	1 / -	125	364,07		12,23	12,60
H1-H2-H3-H0 Y1-Y2-Y3	220 / 33	9 / -	125	369,56		11,95	12,20
H1-H2-H3-H0 Y1-Y2-Y3	198 / 33	17 / -	125	394,07		11,85	12,10
X1-X2-X3 Y1-Y2-Y3	33 / 33	- / -	125	720,58		22,34	
Pérdidas Totales							
Terminales	Tensiones (kV)	Posiciones	Potencia Base (MVA)	Pérdidas a Temp. Ref.			
				Medidas (kW)	Garantizadas (kW)		
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3 Y1-Y2-Y3	220 / 33 / 33	9 / - / -	250	855,25	1072		
Fecha:		Ingeniero de Ensayo:		Departamento de Ensayo:			
26-abr-2021		Robson Montes		PGTR			

ANEXO III DATASHEET INVERSOR Y CONSUMOS AUXILIARES

La información técnica de inversores y centros de transformación del tipo MVPS 4600-S2 entregada por el fabricante en el documento [5], se presenta a continuación:

DOCUMENTATION

Project Diego del Almagro



Order Number	516-3005766
SAP Number	676953
Project Name	Diego del Almagro (Chile) - 1
Customer	Colbun
Change Proposal Number	1267
Station Serial Number	CT 422/20

Installed Main Components		
Number	Name	Component
1	MVT	4140 kVA 33/0.69 kV KNAN hermetically sealed liquid immersed transformer (SBG)
2	INV	Central Inverter SC 4600-UP
3	BW	Low Voltage Busbar/Busway between inverter and transformer
4	MVSG	Medium Voltage Ring Main Unit Switchgear SIEMENS 8DJH RRL with Circuit breaker
5	MVC	3 x Medium Voltage Cable N2XS(F)2Y 18/30kV 70mm ² between transformer and Medium Voltage Switchgear
6	STSD	230V 50 Hz low voltage distribution panel
7	SCAS-P	Low voltage cable from BW to fuse holder for installation of auxiliary power supply

Power Class	:		→	MVPS-4200-S2-US-10
Target Country	:	CL	→	Chile
Inverter type	:	0	→	SC UP
Inverter Power	:	3	→	4600 kVA
Ambient Temperature	:	1	→	-25°C to +55°C
Altitude	:	1	→	1001 - 2000 m
Environment	:	0	→	Standard
MV Transformer	:	1	→	KNAN
Transformer Protection	:	1	→	Full Protection
Nominal Voltage	:	H	→	33 kV
Nominal Frequency	:	0	→	50 Hz
Transformer Vector Group	:	0	→	Dy11
Transformer Tap Changer	:	1	→	With
Transformer Shield Winding	:	0	→	Without
Transformer Load Profile	:	6	→	24 Hours
Transformer Losses	:	1	→	Eco Design 1
Oil Containment	:	1	→	With
MV Switchgear	:	2	→	3F-SD-SD-CB-36 kV
Accessories MV Switchgear	:	1	→	Auxiliary Contacts
LV-Transformer	:	2	→	20 kVA, 400 V
Safety Equipment	:	0	→	Without
Monitoring	:	1	→	MVSG
Cable Entry Kit	:	1	→	With
Transport Packaging	:	1	→	Sea Freight
Country Package	:	0	→	Without
Language	:	ES	→	Spanish
Factory Warranty	:	0	→	1 year
Customized Solution	:	1	→	Yes

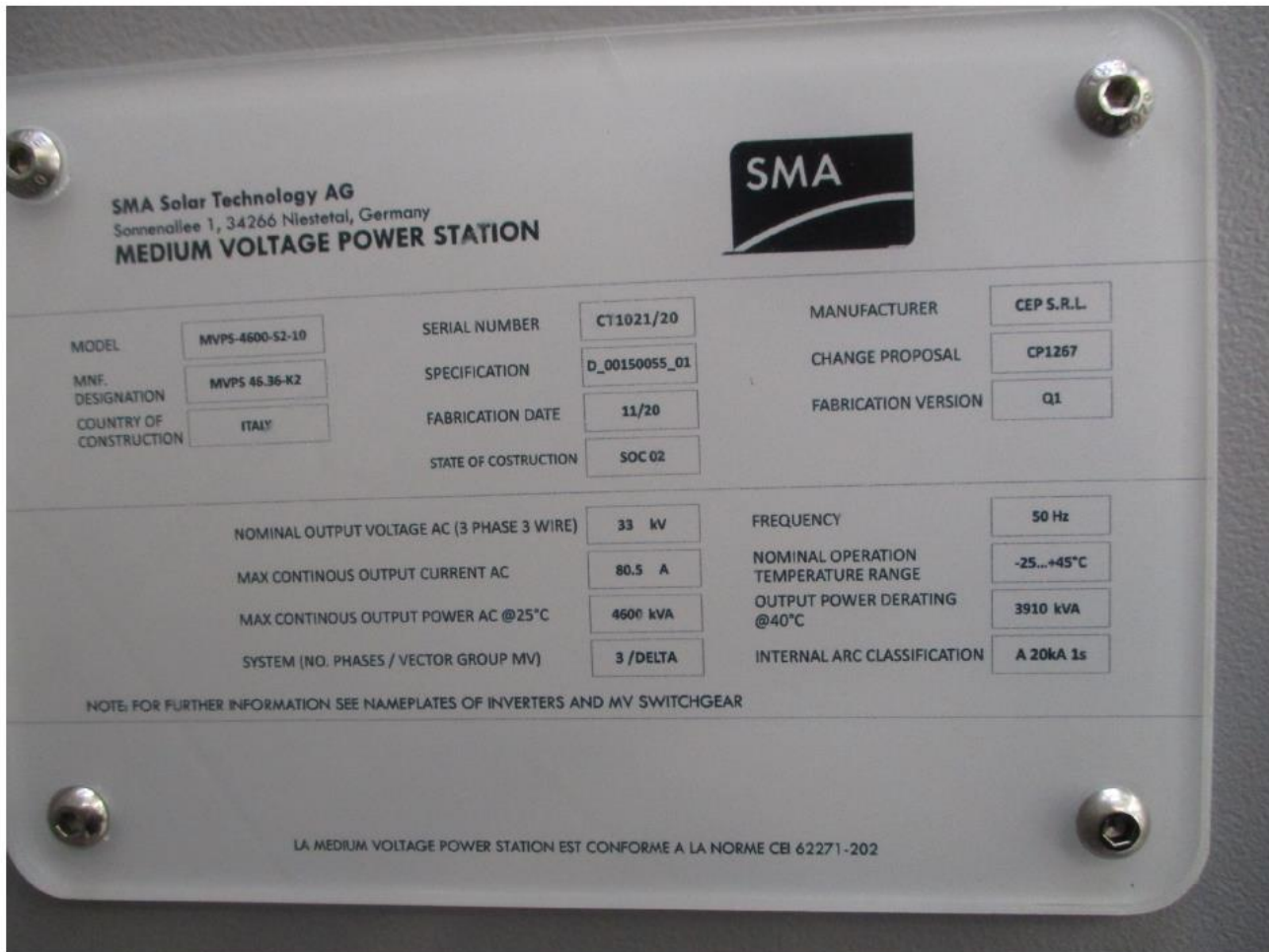


Figura 6.1: Placa de datos Centro de transformación tipo MVPS-4600 S2- PFV Diego de Almagro Sur.

Respecto al consumo de servicio auxiliares de cada centro de transformación, el fabricante en el documento [6], indica lo siguiente: “El inversor convierte la energía de CC a CA, lo que requiere algo de energía auxiliar para el sistema de control, comunicación y enfriamiento. La cantidad de energía auxiliar depende de la temperatura ambiente y de la potencia de salida producida. La alimentación auxiliar se extrae del lado de CA en los terminales del inversor.

Si la potencia fotovoltaica disponible supera el 100 % de la potencia de CC que puede convertir el inversor según el valor nominal de la placa de datos, el inversor produce algo más de potencia de CA para compensar sus pérdidas internas. De esta forma el consumo auxiliar efectivo del inversor es de 0 kVA en cuanto la potencia DC supera el 100%.”

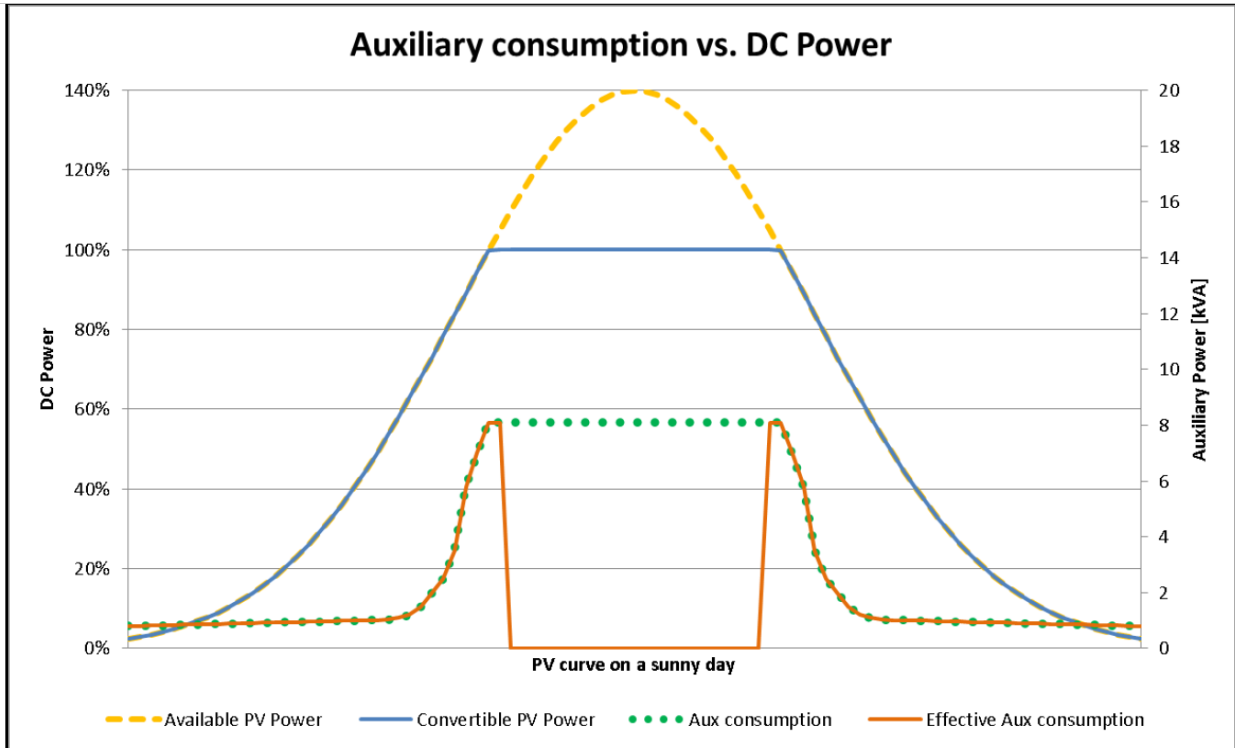


Figura 6.2: Consumo de servicios auxiliares en un día soleado [5].

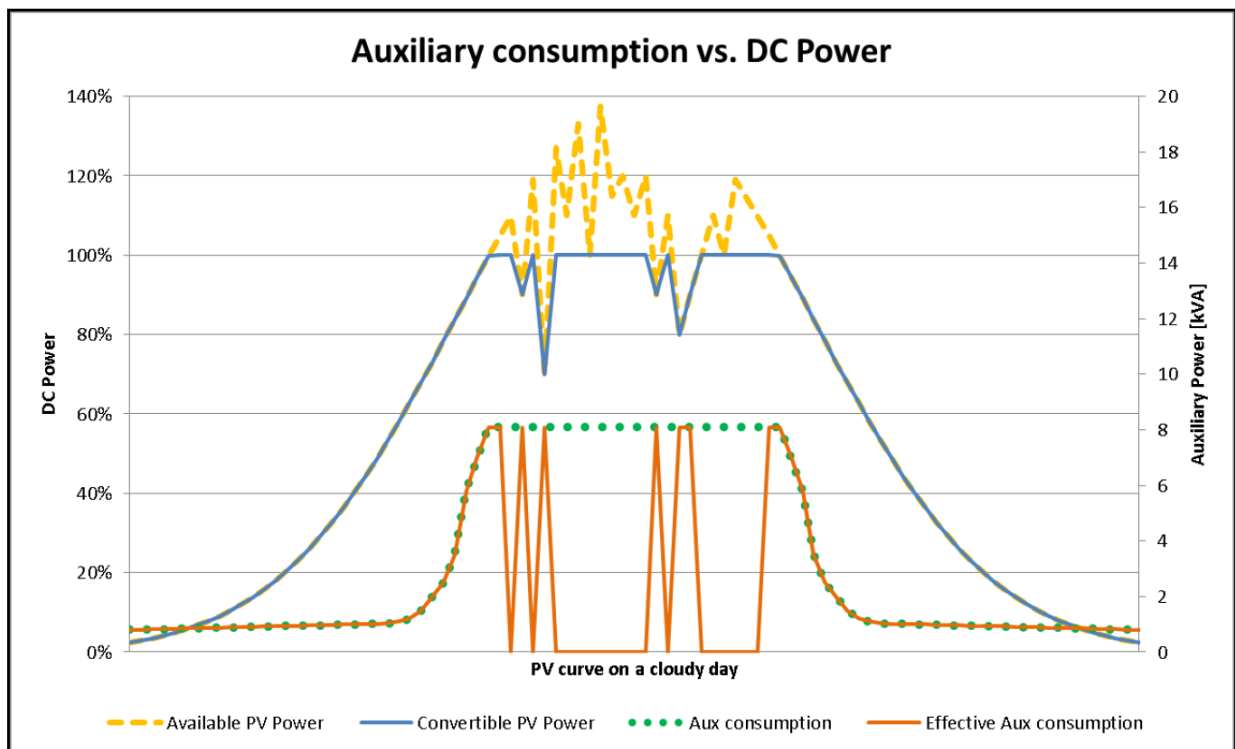


Figura 6.3: Consumo de servicios auxiliares en un día nublado [5].

ANEXO IV ESPECIFICACIONES INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

11. Specifications	
SPECIFICATIONS	
Voltage Inputs	4 channels, 600VAC CAT IV, 1000VAC CAT III
Current Channels	4 channels Voltage output CTs (0-10V peak)
Line Frequency	40-70Hz
Waveform Sampling	256 Sample/Cycle at 50/60Hz
Measurements	Continuous PQZ file
Accuracy	IEC 61000-4-30 Class A
LED Indicators	11 Bi-color LEDs
COMMUNICATION	
USB	PQZ file download, FW upgrade & clock setting
LAN	Available in extension module
POWER	
Power Supply	100-240VAC 50/60Hz 10W 5VDC over USB
Battery	Available in extension module
Ride through	15sec
MECHANICAL	
Operating Temperature	-20 to + 65 °C (*)
Humidity	5% to 95% non-condensing
Maximum Operation Altitude	2,000m (1.24Mi)
IP protection	IP 40 (**)
Weight	0.4kg
Dimensions	180 x 115 x 60
STORAGE	
Nonvolatile memory	SD card supporting hot swap
SYNCHRONIZATION	
Internal clock	10 ppm
External synchronization	NTP available in extension module
(*) T>60°C requires an external power supply	
(**) The product is intended for indoor use	

Figura 6.4: Datasheet instrumento de medida PURE BlackBox marca Elspec [3].

Waveform Sampling			
Voltage Sampling Rate	1024 Samples/Cycle		
Current Sampling Rate	256 Samples/Cycle		
Voltage Harmonics (Individual, Even, Odd, Total) Up to -	511 th		
Current Harmonics (Individual, Even, Odd, Total) Up to -	127 th		
Type of Analog to Digital Converter	16/20 ¹ bit		
Storage Capacity			
Internal Memory	32 GB/32TB ²		
Power Quality Analysis			
Transient Detection, Microseconds (50Hz/60Hz)	19.5/16.3µs		
Communication Ports			
Ethernet Ports	3		
Wi-Fi Communications (802.11g)	1		
Power Over Ethernet (PoE- Out)	1		
Digital Input	4		
RS-232	1		
RS-485	1		
Physical			
Dimensions mm	314 X 84 X 271		
Weight	3.7kg		
Control			
Comprehensive web server for local and remote real-time monitoring and control			
Applicable Standards			
Measurement Standards	EN50160, IEE1159, IEE519, IEC61000-4-15, IEC61000-4-7, IEC61000-4-30 Class A		
EMC Standards	EN61326, CFR47FCC, CISPR11 Group 1, FCC PART 15 Subpart B, EN61010-2, IEC61000-3-3, IEC61000-4-2, IEC61000-4-3, IEC61000-4-4, IEC61000-4-5, IEC61000-4-6, IEC61000-4-11		
Environmental Standards	IEC60068-2-1, 2, 6, 27, 30, 75		
Safety Standards	EN61010-1:2001 2nd Edition		
Power Supply		Voltage	
Operating Range	100-260 VAC: 50/60 Hz 100-300 VDC	Voltage Channels	4 (3 Phases + Neut.)+ 1 DC
Auxiliary DC Supply	48 Vdc	Nominal Full Scale	1000V
Auxiliary Supply	PoE In According to 802.3af	Maximum Peak Measurement	8000V
Battery Backup	2 Hours	Input Impedance	3MΩ
Time		Uncertainty	0.1% of Nominal
Current		Frequency	
Real Time Clock	±1 Second per 24 Hours	Current Channels	4 (3 Phases + Neut.)+ 1Grn/DC
Synchronization Device	Uncertainty	Current Channels Receive From Clamp	11-14: 0-10 VPK 15: 0-3 VPK
GPS	100-200µs	Uncertainty	0.1% ±0.1 mV
IRIG B	100-200µs		
Sntp Server	50-100µs		
DCF-77	±15ms	Fundamental Frequency	42.5 Hz to 69 Hz
Environmental Conditions		Frequency Resolution	10 mHz
Operation Temperature	0°C – 50°C (32°F – 122 °F)	Frequency Accuracy	±10 mHz
Storage Temperature	-20°C – 60°C (-4°F – 140 °F)	Disclaimer: Specifications subject to changes without prior notice	

¹ Effective bits

² Equivalent memory size needed without compression

Figura 6.5: Datasheet instrumento de medida G4500 marca Elspec [4].

ANEXO V ARCHIVOS ADJUNTOS

Anexo a este informe se encuentran los siguientes archivos:

- ANEXO 1 Potencia activa 52J1 SE Inca de Oro.xlsx: contiene las mediciones de potencia activa en el paño 52J1 de la SE Inca de Oro.
- ANEXO 2 Potencia activa SS.AA. SE Inca de Oro.xlsx: contiene las mediciones de potencia activa en los servicios auxiliares (400V) de la SE Inca de Oro y respectivo cálculo del promedio de los consumos.