

Empresa
País
Proyecto
Descripción

AES Andes
Chile
PF Andes Solar IIB + Expansión
Informe de Parámetros de Partida y
Detención

 | 

CÓDIGO DE PROYECTO EE-2023-011
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-0207
REVISIÓN B



20 mar. 24



Este documento **EE-EN-2024-0207-RB** fue preparado para AES Andes por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Andrés Capalbo
Sub-Gerente Dpto. Ensayos
andres.capalbo@estudios-electricos.com

Ing. Claudio Celman
Sub-Gerente Dpto. Ensayos
claudio.celman@estudios-electricos.com

Ing. Pablo Rifrani
Gerente Dpto. Ensayos
pablo.rifrani@estudios-electricos.com

Informe realizado en colaboración con todas las empresas del grupo: **Estudios Eléctricos S.A., Estudios Eléctricos Chile, Estudios Eléctricos Colombia y Electrical Studies Corp.**

Este documento contiene 109 páginas y ha sido guardado por última vez el 20/03/2024 por César Colignon; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	19.03.2024	Para presentar	FM/CiC	AC	PR
B	20.03.2024	Correcciones según comentarios AES Andes	CiC	AC	PR

Todas las firmas digitales pueden ser validadas y autenticadas a través de la web de Estudios Eléctricos; <http://www.estudios-electricos.com/certificados>.



Contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	5
	1.1 Fecha ensayo y personal auditor	6
	1.2 Fecha ensayo y personal auditor	6
	1.3 Definiciones	7
	1.4 Nomenclatura	8
2	ASPECTOS NORMATIVOS.....	10
3	DESCRIPCIÓN DEL PARQUE.....	11
	3.1 Unifilar de planta	12
	3.2 Descripción de operación de la planta	17
	3.3 Datos de los paneles solares	20
	3.4 Datos de los inversores	22
	3.5 Datos de los transformadores de bloque.....	25
	3.6 Datos del transformador de poder.....	26
	3.7 Datos de consumos de SSAA de planta	27
4	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN.....	28
	4.1 Descripción de los ensayos	28
	4.1.1 Prueba 1: Descarga (Escenario nocturno)	28
	4.1.2 Prueba 2: Carga lenta y generación (Escenario diurno 2).....	28
	4.1.3 Prueba 3: Carga nominal y generación (Escenario diurno 2)	29
	4.1.4 Prueba 4: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1)	29
	4.1.5 Prueba 5: Generación mixta (Escenario diurno 3)	29
	4.1.6 Prueba 6: Desde 1 inversor hasta descarga nominal (Escenario Nocturno)	30
	4.1.7 Prueba 7: Desde 1 inversor hasta generación nominal (Escenario diurno 1)	31
	4.1.8 Prueba 8: Desde 1 inversor hasta generación mixta nominal (Escenario diurno 3)	32
	4.1.9 Prueba 9: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1) con gradiente temporal .	33
	4.2 Prueba 1: Descarga (Escenario nocturno)	34
	4.2.1 Parámetros de detención.....	36
	4.2.2 Parámetros de partida	39
	4.3 Prueba 2: Carga lenta y generación (Escenario diurno 2)	42
	4.3.1 Parámetros de detención.....	44
	4.3.2 Parámetros de partida	46
	4.4 Prueba 3: Carga nominal y generación (Escenario diurno 2)	49
	4.4.1 Parámetros de detención.....	51
	4.4.2 Parámetros de partida	54
	4.5 Prueba 4: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1)	57
	4.5.1 Parámetros de detención.....	59
	4.5.2 Parámetros de partida	62
	4.6 Prueba 5: Generación mixta (Escenario diurno 3).....	65
	4.6.1 Parámetros de detención.....	67
	4.6.2 Parámetros de partida	70
	4.7 Prueba 6: Desde 1 inversor hasta descarga nominal (Escenario nocturno)	72
	4.7.1 Parámetros de detención.....	74
	4.7.2 Parámetros de partida	77
	4.8 Prueba 7: Desde 1 inversor hasta generación nominal (Escenario diurno 1)	80
	4.8.1 Parámetros de detención.....	82
	4.8.2 Parámetros de partida	84
	4.9 Prueba 8: Desde 1 inversor hasta generación mixta nominal (Escenario diurno 3)	86
	4.9.1 Parámetros de detención.....	88
	4.9.2 Parámetros de partida	91
	4.10 Prueba 9: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1) con gradiente temporal	94



	4.10.1 Parámetros de detención.....	96
	4.10.2 Parámetros de partida	99
	4.11 Resumen de resultados.....	102
5	CONCLUSIONES	106
6	ANEXOS	108
	6.1 Certificado de calibración del medidor de energía.....	108



1 INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar los parámetros para los Procesos de Partida y Detención del Parque Fotovoltaico Andes Solar IIB junto a su ampliación de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”, cuyos aspectos más relevantes se destacan en la Sección 2.

El PF Andes Solar IIB + Expansión contará con una potencia final de 130 MW y se encuentra ubicado en la región de Antofagasta, emplazado en la comuna homónima. Cuenta con una capacidad instalada en DC de 210.24 MWp provenientes de paneles fotovoltaicos, además de aproximadamente 650 MWh en baterías (130 MW durante 5 horas). En tanto, la potencia instalada del parque en AC es de 140.45 MVA, distribuida en 53 inversores. En operación durante las horas de sol la energía generada por los paneles fotovoltaicos se inyectará a la red y a la vez cargará las baterías, mientras que, en horas sin recurso primario serán las baterías las que inyecten energía al SEN. Cabe destacar que no se considera el flujo de potencia desde la red AC hacia las baterías para su carga.

El parque está constituido por 27 centros de transformación compuestos por un transformador de tres devanados de relación 0.85 kV / 0.85 kV / 34.5 kV ($\pm 2.5 \times 5\%$) y 5.4 MVA de potencia aparente nominal y dos inversores marca GPTech modelo MP2M2.3WD3-3L-V850, de 2.65 MVA de capacidad nominal y 850 V de tensión nominal. Cabe mencionar que, en un centro de transformación, correspondiente a la expansión, se dispone de un solo inversor. Adicionalmente, el parque cuenta con 3 equipos STATCOM marca GPTech modelo SVC3MWD3-V690 de 4.2 MVA de capacidad nominal y 690 V de tensión nominal, para compensación de reactivos, cada uno con un transformador de bloque de relación 0.69 kV / 34.5 kV ($\pm 2.5 \times 5\%$) y 4.2 MVA de potencia aparente nominal.

La red colectora de media tensión está constituida por 5 alimentadores que agrupan 27 centros de transformación que permiten la conexión de 53 inversores y un colector adicional que consta de 3 equipos STATCOM.

El parque se vincula al SEN mediante un transformador de poder de relación 33 kV / 33 kV / 220 kV ($\pm 10 \times 1.25\%$) y de capacidad 112.5/130 MVA (ONAN/ONAF) por devanado, ubicado en la S/E Futuro. Luego, una línea aérea 2 x 220 kV de 2,7 km de longitud conecta la S/E Futuro con el paño J09 de la S/E Andes 220 kV.

En lo que refiere a la operación conjunta, el Parque Fotovoltaico Andes Solar IIB cuenta con un sistema de control marca GPTech que permite el control de variables eléctricas en su punto de interconexión con el sistema (POI). La medición de las variables eléctricas necesarias para el control es llevada a cabo en el lado de 33 kV del transformador principal.



1.1 Fecha ensayo y personal auditor

Personal	Fecha de ensayo
Ing. Nicolás Silva	7 al 24 de febrero 2024

Tabla 1.1 – Personal participante

1.2 Fecha ensayo y personal auditor

Denominación	Marca	Modelo	Precisión
Analizador de energía	Janitza	UMG 512-pro	±0.2

Tabla 1.2 – Equipos utilizados

Además de lo mostrado en la Tabla 1.2, se cuenta con datos complementarios del sistema controlador de planta adquiridos mediante el SCADA de la central el cual cuenta con una tasa de muestreo de 1 segundo para todas las mediciones de inversores, POI y 10 minutos en el caso de las variables meteorológicas.



1.3 Definiciones

El “Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” presenta las siguientes definiciones a considerar en la elaboración del presente informe:

- **Mínimo Técnico:** Se entenderá como 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. Para efectos del presente informe, se entiende por Mínimo Técnico el valor de potencia activa bruta mínima que permite mantener la operación del parque considerando todos los inversores en servicio.
- **Proceso 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.
- **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.
- **Tiempo de Partida:** El tiempo de partida corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de partida de una unidad generadora.
- **Tiempo de Detención:** El Tiempo de detención corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de detención de una unidad generadora.
- **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. Para efectos del presente informe, se entiende por Condición Fuera de Servicio del parque, el escenario en que la totalidad de inversores se encuentra fuera de servicio.
- **Estado Apagado:** Se entenderá que una unidad generadora se encuentra en estado apagado, cuando la unidad está completamente detenida. Para efectos del presente informe, el Estado Apagado es equivalente a la Condición Fuera de Servicio.
- **Tiempo Mínimo de Operación:** se entiende como el tiempo mínimo que debe permanecer la unidad en servicio luego de culminado su proceso de partida, una vez alcanzada la operación estable a mínimo técnico.
- **Tiempo Mínimo de Detención:** definido como el tiempo antes de poder iniciar un nuevo proceso de partida, una vez concluido un proceso de detención programado.



1.4 Nomenclatura

La Figura 1.1 muestra un sistema equivalente de conexión de un parque fotovoltaico, el cual nos permite identificar y definir los siguientes elementos:

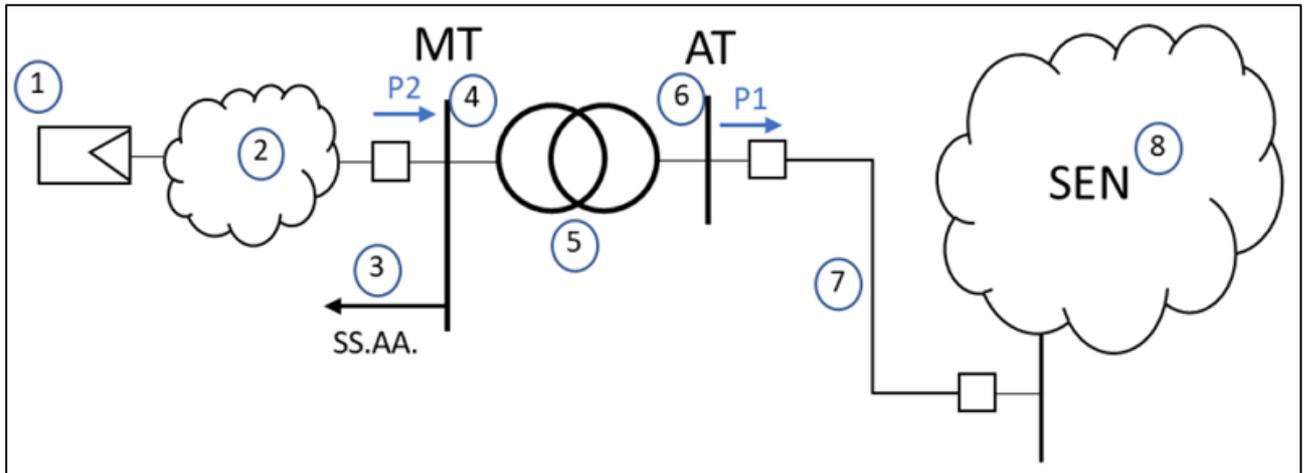


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque solar

- 1) **Generador equivalente:** Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del parque fotovoltaico.
- 2) **Pérdidas en sistema colector del parque (Pcolector):** Corresponde a las pérdidas del sistema colector del parque fotovoltaico, principalmente en cables de baja y media tensión, y en los transformadores colectores que elevan de baja a media tensión.
- 3) **Servicios Auxiliares de la central (SS.AA.).**
- 4) **Barra de media tensión (MT):** Corresponde a la tensión en el lado de baja tensión del transformador de poder del parque fotovoltaico.
- 5) **Transformador de Poder:** Equipo elevador presente en la subestación de salida del parque fotovoltaico.
- 6) **Barra de alta tensión (AT):** Corresponde a la tensión en el lado de alta tensión del transformador de poder del parque fotovoltaico.
- 7) **Línea dedicada de la central:** Línea de alta tensión que vincula el parque fotovoltaico con el sistema eléctrico.
- 8) **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**



A partir de las definiciones anteriores, el presente informe considera la siguiente nomenclatura:

- ✓ **P1:** Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) del parque [MW].
- ✓ **P2:** Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque [MW].
- ✓ **Pperd:** Pérdidas de potencia activa en línea de transmisión [MW] (ver número "7" en Figura 1.1).
- ✓ **Ptrafo:** Pérdidas activas en el transformador de poder del parque [kW].
- ✓ **SS.AA.:** Servicios Auxiliares del parque [kW].
- ✓ **Pcolector:** Pérdidas en el sistema colector del parque [kW] (ver número "2" en Figura 1.1).
- ✓ **IR:** Irradiancia.
- ✓ **Tamb:** Temperatura ambiente.
- ✓ **Tp:** Temperatura de panel.
- ✓ **Pneta,med:** Potencia neta sin corregir.
- ✓ **Pbruta,med:** Potencia bruta sin corregir.
- ✓ **Pbruta,ir:** Potencia bruta corregida por irradiancia.
- ✓ **Pbruta,corr:** Potencia bruta corregida por irradiancia y temperatura de operación del panel.

Para el análisis de registros se presenta la siguiente nomenclatura:

- **PTOT:** Potencia activa inyectada en barra principal de 33 kV del parque [MW_{AC}].
- **PINV:** Potencia activa generada por los inversores, medida en sus bornes [MW_{AC}].
- **PBESS:** Potencia inyectada/absorbida por el sistema de baterías [MW_{DC}].
- **PPV:** Potencia inyectada por paneles fotovoltaicos [MW_{DC}].
- **SOC:** Estado de carga de baterías [%].



2 ASPECTOS NORMATIVOS

El “**Anexo Técnico**: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” establece cómo determinar e informar los tiempos asociados a los procesos de arranque y detención de un sistema de generación, y la energía eléctrica consumida durante los mismos procesos.

El tiempo de partida corresponde a aquel que demanda llevar la unidad desde el estado apagado hasta su condición de operación a Mínimo Técnico. El tiempo de detención es el necesario para que la unidad generadora deje de entregar energía al Sistema, partiendo del Mínimo Técnico y llegando al estado apagado.

Las empresas generadoras que estén realizando pruebas previas a su entrada en operación, deberán informar al Coordinador los siguientes antecedentes de sus unidades, conforme a los términos y condiciones que se establecen en el anexo técnico:

- 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.

Los parámetros deberán ser informados adjuntando antecedentes técnicos y respaldos representativos de las características técnicas de operación del parque fotovoltaico.



3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Fotovoltaico Andes Solar IIB cuenta en su configuración final con una potencia de 130 MW y se encuentra ubicado en la región de Antofagasta, emplazado en la comuna de Calama. Cuenta con una capacidad instalada en DC de 210.24 MWp provenientes de paneles fotovoltaicos, además de aproximadamente 650 MWh en baterías (130 MW durante 5 horas en su punto de interconexión).

En tanto, la potencia instalada del parque en AC es de 140.45 MVA, distribuida en 53 inversores. En operación durante las horas de sol la energía generada por los paneles fotovoltaicos se inyectará a la red y a la vez cargará las baterías, mientras que, en horas sin recurso primario serán las baterías las que inyecten energía al SEN. Cabe destacar que no se considera el flujo de potencia desde la red AC hacia las baterías para su carga.

El parque está constituido por 27 centros de transformación, 26 de ellos están compuestos por un transformador de tres devanados de relación 0.85 kV / 0.85 kV / 34.5 kV ($\pm 2.5 \times 5\%$) y 5.4 MVA de potencia aparente nominal y dos inversores marca GPTECH modelo MP2M2.3WD3-3L-V850, de 2.65 MVA de capacidad nominal y 850 V de tensión nominal. El centro de transformación restante dispone de un solo inversor. Adicionalmente, el parque cuenta con 3 equipos STATCOM marca GPTECH modelo SVC3MWD3-V690 de 4.2 MVA de capacidad nominal y 690 V de tensión nominal, para compensación de reactivos, cada uno con un transformador de bloque de relación 0.69 kV / 34.5 kV ($\pm 2.5 \times 5\%$) y 4.2 MVA de potencia aparente nominal.

El parque se vincula al SEN mediante un transformador de poder de relación 33 kV / 33 kV / 220 kV ($\pm 10 \times 1.25\%$) y de capacidad 112.5/130 MVA (ONAN/ONAF) por devanado, ubicado en la S/E Futuro. Luego, una línea aérea 2 x 220 kV de 2,7 km de longitud conecta la S/E Futuro con el paño J09 de la S/E Andes 220 kV.

La red colectora está compuesta por seis (6) circuitos colectores en MT, donde la disposición de los Centros de Transformación dentro de dichos circuitos es la siguiente:

- Circuito N°1: Centros de Transformación CU-01, CU-02, CU-3, CU-04 y CU-05.
- Circuito N°2: Centros de Transformación CU-06, CU-07, CU-08, CU-09, CU-10 y CU-11.
- Circuito N°3: Centros de Transformación CU-14, CU-15, CU-16, CU-17, CU-18 y CU-19.
- Circuito N°4: Centros de Transformación CU-13, CU-12, CU-20, CU-21, CU-22 y CU-23.
- Circuito N°5: Equipos STATCOM CR-03, CR-02 y CR-01.
- Circuito N°6: Centros de Transformación CU-28, CU-29, CU-30 y CU-31



3.1 Unifilar de planta

A continuación, se presenta en la Figura 3.1 el diagrama unifilar de la S/E Futuro. El recuadro azul muestra el transformador principal del parque.

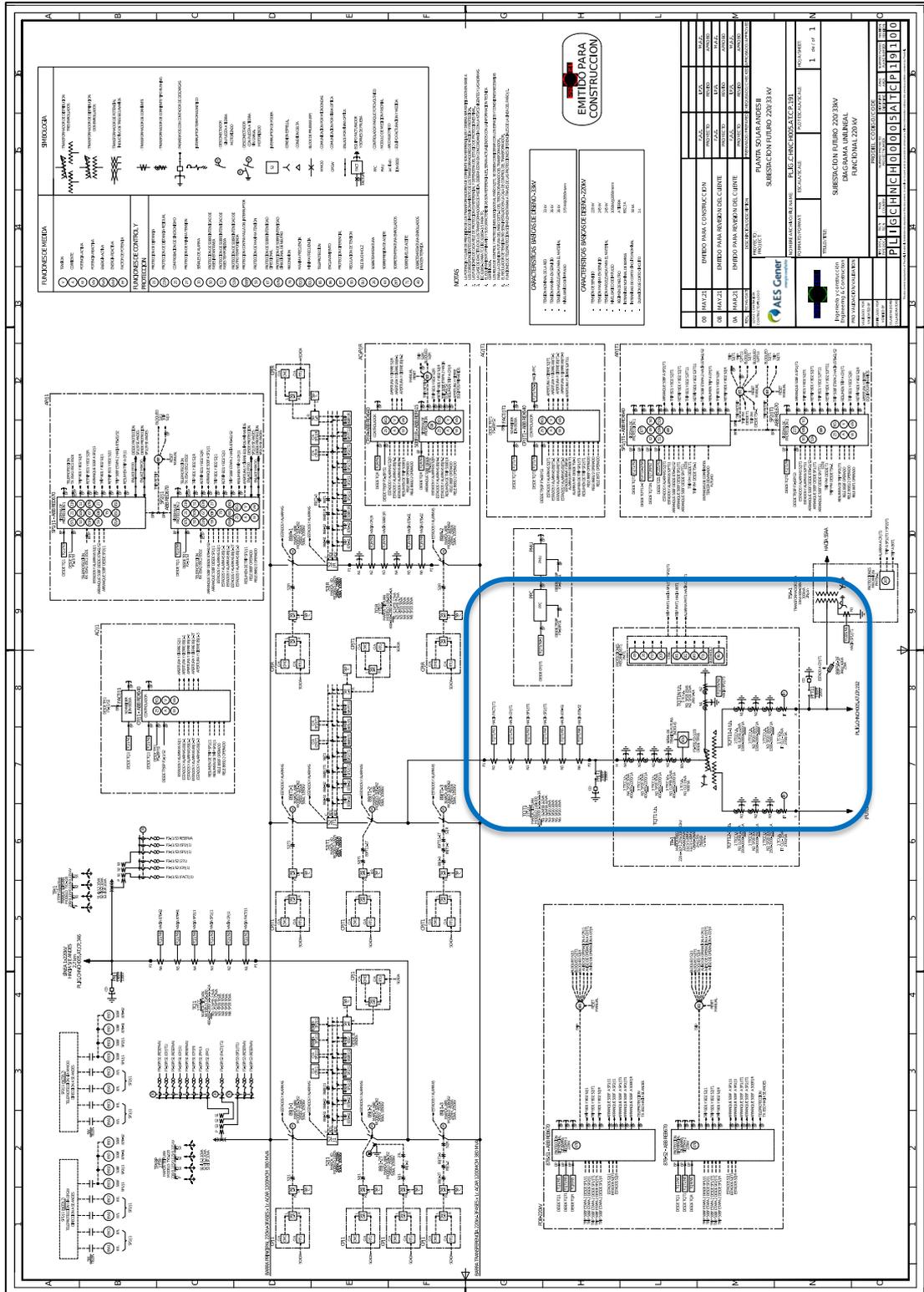


Figura 3.1 – Diagrama unifilar de S/E Futuro



3.2 Descripción de operación de la planta

La presente sección resume los escenarios de operación de la instalación. En la Figura 3.6 se presenta el detalle de un centro de transformación. En el recuadro azul se muestra el transformador de bloque de 3 devanados. En el recuadro verde se enmarca el inversor fotovoltaico que cuenta con dos módulos. El recuadro rojo muestra el convertidor DC/DC asociado a las baterías y el recuadro negro presenta los paneles solares. Este detalle es válido para los equipos que conforman la etapa inicial del parque y su expansión.

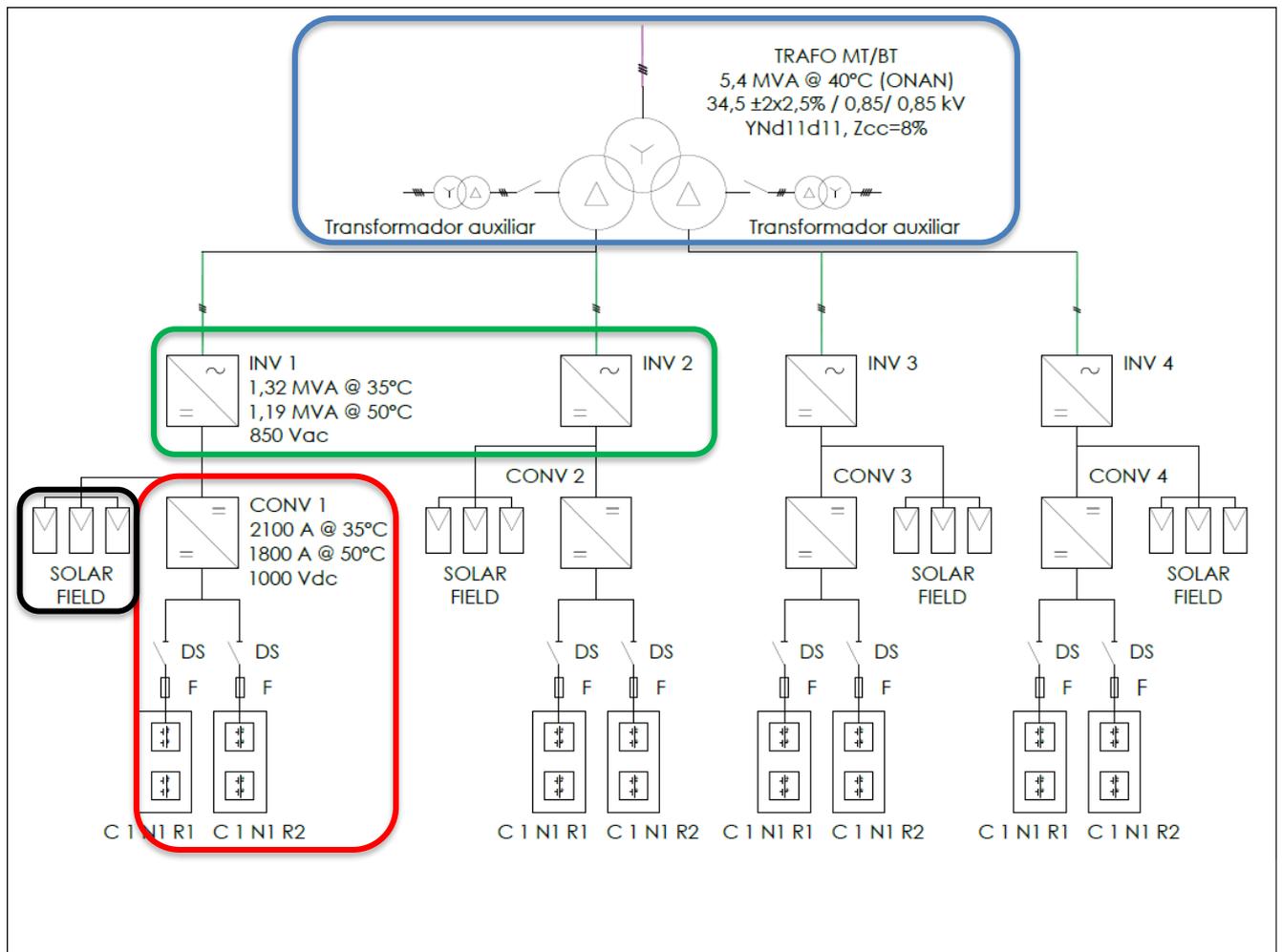


Figura 3.6 – Detalle de centro de transformación



A continuación, se describen los modos de operación factibles del PF Andes Solar IIB + Expansión considerando las diferentes combinaciones del par paneles fotovoltaicos/baterías ya mencionados anteriormente. Los modos de operación posibles son:

- **Escenario Diurno 1:** Consiste en la inyección de potencia en el punto de interconexión considerando exclusivamente como fuente primaria los paneles fotovoltaicos y, por lo tanto, con dependencia del recurso solar disponible.
- **Escenario Diurno 2:** Concierno a la inyección de potencia en el punto de interconexión considerando como fuente primaria la generación fotovoltaica mientras que el sistema de baterías es cargado. En este sentido, una vez alcanzada la inyección máxima en POI (130 MW aproximadamente), el excedente de generación fotovoltaica es utilizado en la carga del sistema de almacenamiento. También es posible privilegiar la carga del sistema de almacenamiento en desmedro de la inyección de potencia en POI.
- **Escenario Diurno 3:** La inyección en POI considerando la participación conjunta de la generación fotovoltaica y la descarga desde el sistema de baterías. En otras palabras, ambas fuentes primarias se complementan a fin de maximizar la inyección en el POI.
- **Escenario Nocturno¹:** Consiste en la inyección de potencia en el punto de interconexión considerando exclusivamente como fuente primaria las baterías y, por lo tanto, no depende de la disponibilidad de recurso solar.

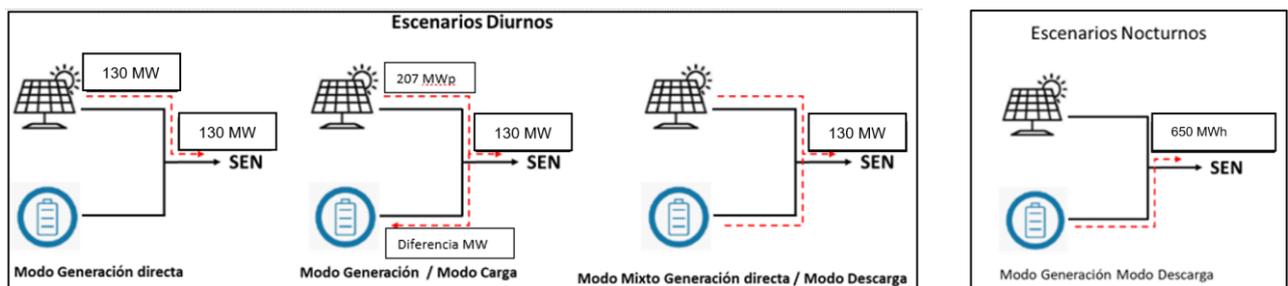


Figura 3.8 – Escenarios de operación

AES Andes ha informado que el rango de estado de carga (SOC) en que opera el Parque Fotovoltaico Andes Solar IIB va entre 2.3% y 99.8%. Esto permite evitar ciclos profundos de descarga que limitan la vida útil de las baterías.

¹ Notar que la descarga del sistema de baterías también puede ser realizada con presencia de recurso solar y la denominación de "Nocturno" es referencial



3.3 Datos de los paneles solares

El PF Andes Solar IIB + Expansión está compuesto por paneles fotovoltaicos de marca AstroTwins y Longi. En cuanto a los paneles AstroTwins, estos corresponden a los modelos CHSM72M(DG)/F-BH bifacial de 530Wp y 535Wp. Sus principales características se presentan en la Figura 3.9. En cuanto a los paneles Longi, estos corresponden a modelos LR5-72HBD de 540Wp y 545 Wp. Sus características se presentan en la Figura 3.10.

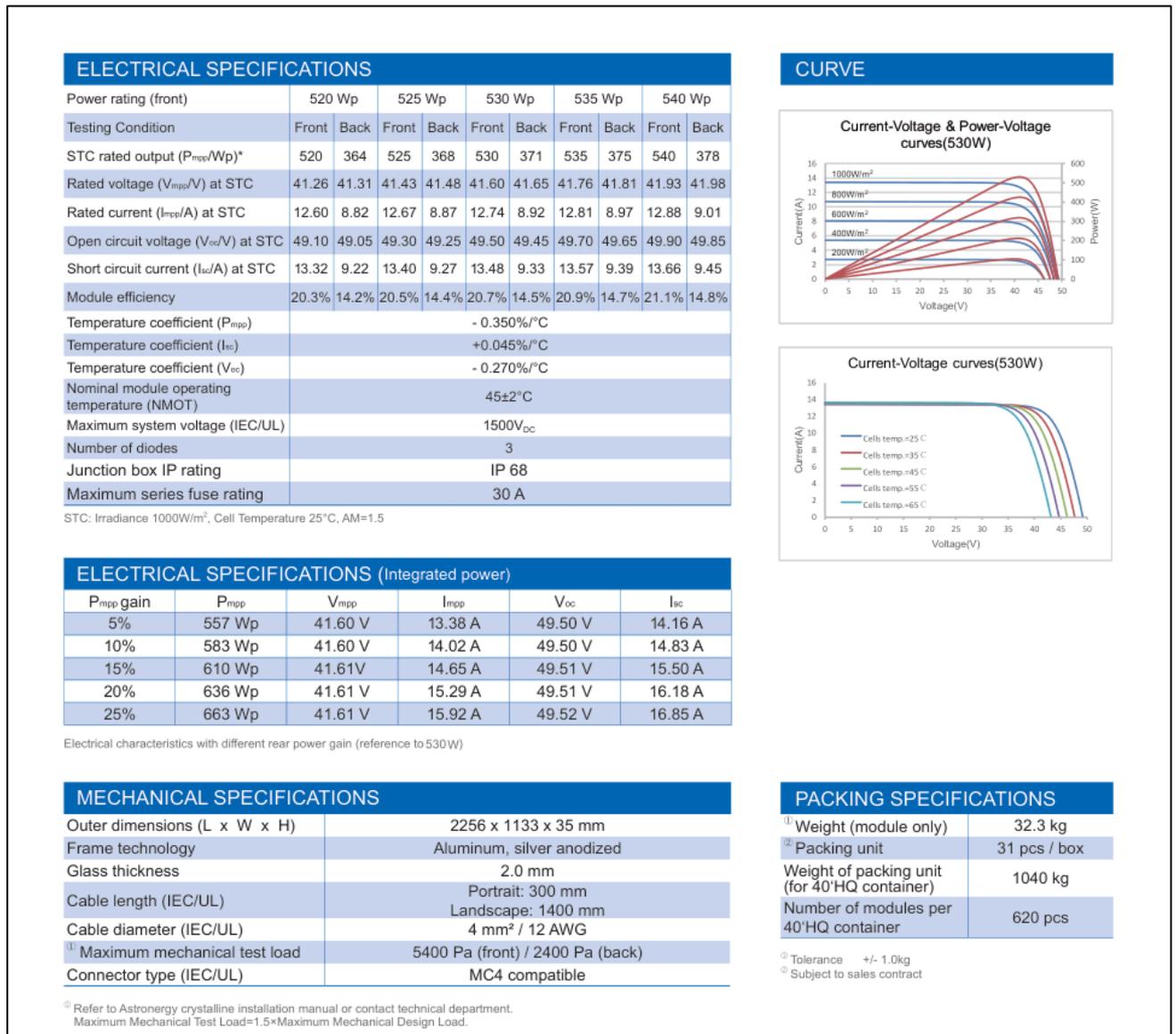


Figura 3.9 – Datos de paneles AstroTwins modelo CHSM72M(DG)/F-BH



Electrical Characteristics		STC: AM1.5 1000W/m ² 25°C		Test uncertainty for Pmax: ±3%			
Power Class		520	525	530	535	540	545
Maximum Power (Pmax/W)		520	525	530	535	540	545
Open Circuit Voltage (Voc/V)		48.90	49.05	49.20	49.35	49.50	49.65
Short Circuit Current (Isc/A)		13.57	13.65	13.71	13.78	13.85	13.92
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)		41.05	41.20	41.35	41.50	41.65	41.80
Current at Maximum Power (Imp/A)		12.67	12.75	12.82	12.90	12.97	13.04
Module Efficiency(%)		20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3

Operating Parameters	
Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 29
Bifaciality	70±5%

Mechanical Loading	
Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)	
Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.284%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C

Figura 3.10 – Datos de paneles Longi modelo LR5-72HBD

Se presenta en la Figura 3.11 el número y distribución de módulos solares en el PF Andes Solar IIB + Expansión. Se destaca un total de 394.536 paneles.

Bloque	Tipo de panel	Potencia módulos	Cantidad	Potencia DC [MWp]
1	CHSM72M(DG)/F-BH	530	249132	132.04
2	CHSM72M(DG)/F-BH	535	95004	50.83
3	LR5-72HBD-540M	540	20328	10.98
4	LR5-72HBD-545M	545	30072	16.39
		Total	394536	210.24

Figura 3.11 – Distribución de paneles solares



3.4 Datos de los inversores

El PF Andes Solar IIB + Expansión está constituido por 53 inversores GP Tech MP2M2.3WD3-3L-V850, de 2.65 MVA de capacidad nominal y 850 V de tensión de operación nominal. Los parámetros nominales del generador se presentan en la Figura 3.12 y Figura 3.13.

Cada inversor se compone de 2 módulos de potencia (“power blocks”).

DC link inputs (PV inputs)	
Voltage range for DC link inputs 1 and 3 [Vdc] ⁽¹⁾	1200-1650
Voltage range @ full power [Vdc] ⁽¹⁾	1200- 1550
Max. input voltage	2000
Rated input current at Vdc_min [A] @35°C	2 x 1600
Rated input current at Vdc_min [A] @50°C	2 x 1600
Max. Short circuit input current ⁽²⁾	2 x 4800
Number of inputs fuse protected	2 x 12
PV fuse size range [A]	200...500
Number of MPPT	2
Switch type	Motorized load break switch. Keylock included
PV fuses DC current monitoring	Optional (Class 1)
Surge protection	Type II (Optional I+II)
PV Isolation monitoring device	Yes (Floating poles)
DCDC inputs (BESS inputs)	
Maximum SoC Voltage range [Vdc]	600-1550
Rated Voltage [Vdc]	1000
Max. input voltage [Vdc]	1600
Rated Input current @ Tamb=35°C [Adc]	2 x 2100 (3x 700)
Rated Input current @ Tamb=50°C [Adc]	2 x 1800 (3x600)
Rated Power @35°C [kWdc]	2 x 2100 kW
Rated Power @50°C [kWdc]	2 x 1800 kW
Rated short-time withstand current [kA]	2 x 34 kA (0.1 s)
Max ripple @rated current	< 10%
Nº of independent BESS circuits	2
Switch type	Motorized load break switch. Keylock included
BESS input fuses	No (Required at the BESS container)
Surge protection	Type II (Optional I+II)
BESS Isolation monitoring device	Yes (Floating poles)
AC output	
Nominal AC voltage [Vac]	850
Max. AC voltage range (3)	90%-110%
Frequency, f [Hz]	50-60
Frequency operation range [Hz]	f ±3Hz
Rated apparent AC power [kVA] @ 95°F/35°C up to 1550Vdc (4)	2650
Rated apparent AC power [kVA] @ 122°F/50°C up to 1550Vdc (4)	2375
Total Harmonic Distortion (THD)	< 3%
Power factor	Adjustable
AC Cabinet	Integrated
Switch type	AC circuit breaker
Number of handling switches	2. Keylock included
Surge protection	Type II (Optional I+II)
Integrated AC monitoring	Optional (Class 0.5)
Efficiency	
DC/AC: Maximum Peak Efficiency	>98.6%
DC/AC: European Efficiency	>98.4%
DC/AC: CEC Efficiency	> 98.4%
DC/DC: Maximum Peak Efficiency	>99.0%
Self-consumption in standby [W]	< 550
Self-consumption in operation [kW]	< 11
Daily Self consumption 12h (European / CEC) [kW]	< 4,9 / < 5,9

Figura 3.12 – Datos nominales del inversor GP Tech MP2M2.3WF3-3L-V850, 1 de 2



Ambient conditions	
Operation ambient temperature	-4°F / 140°F (-20°C / 60°C)
Operation ambient temperature (without de-rating)	-4°F / 122°F (-20°C / 50°C)
Storage and transport temperature	-13°F / 149°F (-25 °C / 65°C)
Maximum relative humidity	100%
Maximum relative storage humidity without condensation	80%
Max. altitude above sea level without derating [masl]	1000
Max. altitude above sea level allowed	4000 masl
Mechanical Characteristics	
Dimensions (W x D x H) [mm]	6860 x 1650 x 2460
Protection degree (Indoor model / Outdoor model)	NEMA 3R, IP54 (Optional IP65)
AC Protections	
Anti-islanding	Yes
Grid voltage variations	Yes
Frequency failures	Yes
Asymmetric currents	Yes
Asymmetric voltage	Yes
Low Voltage Ride Through (LVRT) capability	Yes
Other Protections	
Breaker protections of ancillary systems	Yes
Converter shutting down on overload error	Yes
Overvoltage ancillary systems protections	Yes
Power Control Features	
Anti-islanding protection	Yes
Active power curtailment	Yes
Active power ramp rate constraint	Yes
Reactive power close-loop control	Yes
Power factor close-loop control	Yes
Frequency Ride Through (FRT) capability	Yes
Voltage Ride Through (VRT) capability	Yes
Over frequency active power response	Yes
Reactive power injection for VRT	Yes
Power station soft start/stop	Yes
Error/Alarm Handling	Yes
ESS management (Dynamic Active Power Limits and SOC Recovery)	Yes
STATCOM mode: Reactive injection at night	Optional
STATCOM mode: Reactive power compensator for voltage dip	Optional
Interfaces	
Touchscreen-HMI	Optional
Communication channel	1 Ethernet port: 10 or 100 Mbps (no switched) for external communications (SCADA or PPC)
Communication port connector	RJ45 Female or Fiber (optional)
Communication protocol	Modbus TCP Simple Network Time Protocol (SNTP)
Luminous indicator, start/stop control and emergency stop	Yes
Additional Digital I/O and Analog I/O	Optional
Monitoring external UPS module	Optional
Monitoring external transformer module	Optional
Monitoring external MV switchgear	Optional
Remote access	Optional
Legal standards	
IEC 62109-1, IEC 62109-2	Yes
IEC 61000-3-4	Yes
IEC 61000-3-11	Yes
IEC 61000-3-12	Yes
IEC 61000-6-4	Yes
IEC 61683	Yes (only PV operation mode)
IEC 62116	Yes
IEC 60529	Yes
CE Marking	Yes
NEC Compliance	Yes
IEEE 1547	Yes
UL 1741 – Supplement SA	Yes (Optional)

Figura 3.13 – Datos nominales del inversor GPTech MP2M2.3WF3-3L-V850, 2 de 2



La curva de capacidad de los inversores se presenta en la Figura 3.14.

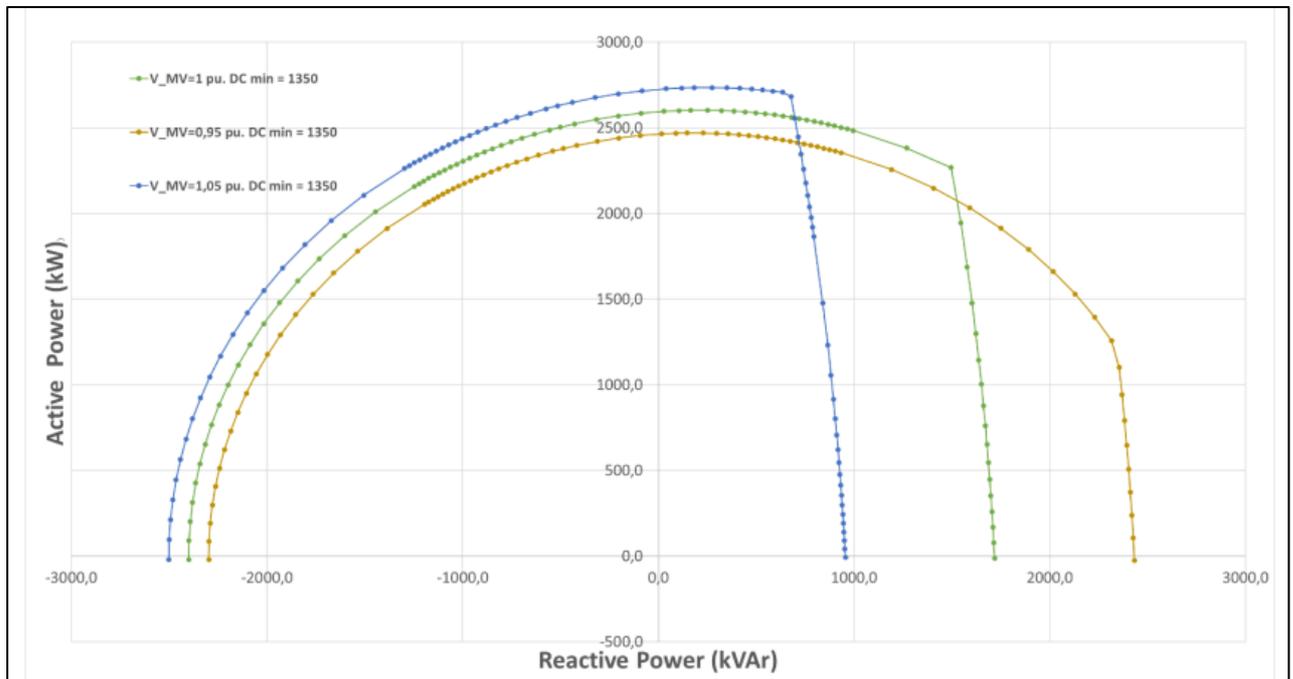


Figura 3.14 – Curva de capacidad del inversor GPTech MP2M2.3WF3-3L-V850

Las pruebas FAT realizadas a los inversores y presentadas en el documento: “E001_199330001-2109_051_0001_FAT_general_check_V1_signed.pdf” adjunto al presente documento, permiten determinar el consumo propio de los inversores el cual se establece en **3,75 kW** a plena carga y **0.26 kW** en estado *standby*. Para efectos del presente informe, se considerará el consumo de los 53 inversores de igual valor.

ANCILLARY CONSUMPTION AT FULL POWER (PERDIDAS AUXILIARES DEL INVERSOR A POTENCIA NOMINAL)		
VDC (V input - V inside)	Inverter's auxiliary losses limit (kW)	Inverter's auxiliary power measure (kW) (measurement in control cabinet)
1150Vdc(DCDC input) - 1350 Vdc(DCDC output)	7	3,75

Figura 3.15 – Consumo auxiliar Inversor GPTech a plena carga

STANDBY CONSUMPTION TESTED IN AUXILIARY TRANSFORMER AT PRIMARY SIDE (CONSUMO EN ESPERA MEDIDO EN EL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR)			
Current consumption [A] (Corriente consumida [A])	Apparent power [VA] (Potencia aparente [VA])	Power consumption [W] (Consumo de potencia [W])	Limit Co
0,6 / 0,5 / 0,3	330	260	

Figura 3.16 – Consumo auxiliar Inversor GPTech en standby



3.5 Datos de los transformadores de bloque

El Parque Fotovoltaico Andes Solar IIB cuenta con veintisiete (27) transformadores de bloque de 5.4 MVA de potencia aparente nominal cada uno. Este equipo posee dos devanados de baja tensión que permite la interconexión de dos inversores en 850 V y un devanado de media tensión que permite la inyección de potencia en la red de 34.5 kV. Los transformadores cuentan con cambiador de tomas el cual no puede ser operado bajo carga.

Los datos de placa de los transformadores se muestran en la Tabla 3.1.

Parámetro	Nominal
Potencia Nominal	5.4 MVA
Refrigeración	ONAN
Tensión nominal lado HV	34.5 kV
Tensión nominal lado LV	0.85 kV
Grupo de conexión	YNd11d11
Impedancia	6 %
Pérdidas en carga	43.2 kW
Pérdidas en vacío	10.8 kW
Posiciones de TAP	±2 x 2.5 %

Tabla 3.1 – Datos de los transformadores de bloque



3.6 Datos del transformador de poder

El PF Andes Solar IIB + Expansión se interconecta al SEN por medio de uno de los devanados de 33 kV del transformador de poder de 3 devanados de relación 33 kV / 33 kV / (220 kV \pm 10 x 1.25%) y de capacidad 225/260 MVA (ONAN/ONAF), de potencia aparente nominal (112.5/130 MVA por devanado). Este equipo posee cambiador de tomas bajo carga.

La placa característica de los mismos se muestra en la Tabla 3.2 listada a continuación:

Parámetro	Valor devanado 1	Valor devanado 2
Potencia Nominal	112.5/130 MVA	112.5/130 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF	ONAN/ONAF
Tensión nominal lado HV	220.0 kV	220.0 kV
Tensión nominal lado LV	33.0 kV	33.0 kV
Grupo de conexión	YNd1	YNd1
Impedancia	11.94 %	12.00 %
Pérdidas en carga	713.0 kW	
Pérdidas en vacío	93.0 kW	
Posiciones de TAP	\pm 10 x 1.25 %	

Tabla 3.2 – Datos transformadores de poder



3.7 Datos de consumos de SSAA de planta

El PF Andes Solar IIB + Expansión cuenta con un transformador trifásico de poder para alimentar sus servicios auxiliares de 300 kVA de potencia aparente nominal. Este transformador cuenta con un devanado de baja de 400 V y un arrollamiento de alta tensión de 33 kV.

Se ha registrado el consumo de los servicios auxiliares de la central a través del analizador de red asociado al transformador de los servicios. Se presenta en la Figura 3.17 el consumo de las tres fases, totalizando **11.2 kW** en esta materia.



Figura 3.17 – Medición Consumos SSAA



4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

Los tiempos y consumos de energía correspondientes a los procesos de partida y detención fueron determinados mediante ensayo, considerando diversas configuraciones de operación que son presentadas en la secciones siguientes.

La determinación de los parámetros se ha realizado considerando los resultados obtenidos de los informes: “EE-EN-2024-0206-RB_Minimo_Tecnico_PF_Andes_Solar_IIB_Extension” (de ahora en adelante Informe de Mínimo Técnico) y “EE-EN-2024-0204-RB_Potencia_Maxima_PF_Andes_Solar_IIB_Expansion” (de ahora en adelante Informe de Potencia Máxima), para los valores de Mínimo Técnico y Potencia Máxima, respectivamente. Sus principales puntos se presentan a continuación.

4.1 Descripción de los ensayos

Considerando que el parque cuenta con acoplamiento de paneles fotovoltaicos y baterías en su lado DC se propone una serie de pruebas relacionadas al alcance de Parámetros de Partida y Detención. Estas pruebas han sido descritas en el procedimiento de pruebas aprobado por el CEN, documento: “EE-EN-2024-0085-RA_Procedimiento_Ensayos_PPOO_PF_ASIIB_exp”.

4.1.1 Prueba 1: Descarga (Escenario nocturno)

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando los valores de MT y PMAX definidos para la inyección de potencia en el escenario Nocturno, es decir alcanzar 130.0 MW a nivel de la barra principal de 33 kV utilizando exclusivamente las baterías como fuente primaria de potencia.

Los hitos de potencia máxima y mínimo técnico a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en los capítulos 4.1.1 y 4.1.1 de los informes de Potencia Máxima y Mínimo Técnico, respectivamente.

4.1.2 Prueba 2: Carga lenta y generación (Escenario diurno 2)

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando los valores de MT y PMAX definidos para la inyección de potencia en el escenario Diurno 2, es decir alcanzar 130.0 MW a nivel de la barra principal de 33 kV utilizando los paneles fotovoltaicos como fuente primaria mientras se cargan las baterías con el excedente de potencia.



Los hitos de potencia máxima y mínimo técnico a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en los capítulos 4.1.2 del informe de Potencia Máxima. En el caso del informe de Mínimo Técnico, se considera el escenario 4.1.2 asociado a la prueba de carga nominal, ya que no se ha considerado un escenario de operación a Mínimo Técnico con carga parcial del sistema de baterías.

4.1.3 Prueba 3: Carga nominal y generación (Escenario diurno 2)

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando los valores de MT y P_{MAX} definidos para la inyección de potencia en el escenario diurno 2 maximizando la carga de baterías. Es decir, lograr una carga de 130 MW_{DC} de las baterías y entregando el excedente (aproximadamente 77 MW) en el POI.

Los hitos de potencia máxima y mínimo técnico a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en los capítulos 4.1.3 y 4.1.2 de los informes de Potencia Máxima y Mínimo Técnico, respectivamente.

4.1.4 Prueba 4: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1)

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando los valores de MT y P_{MAX} definidos para la inyección de potencia en el escenario Diurno 1, es decir alcanzar 130, MW a nivel de barra principal de 33 kV utilizando exclusivamente los paneles fotovoltaicos como fuente primaria de potencia.

Los hitos de potencia máxima y mínimo técnico a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en los capítulos 4.1.5 y 4.1.4 de los informes de Potencia Máxima y Mínimo Técnico, respectivamente.

4.1.5 Prueba 5: Generación mixta (Escenario diurno 3)

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando los valores de MT y P_{MAX} definidos para la inyección de potencia en el escenario Diurno 3, es decir alcanzar 130, MW a nivel de barra principal de 33 kV utilizando exclusivamente los paneles fotovoltaicos como fuente primaria de potencia.

Es importante destacar que la operación de generación mixta no es factible para bajas tal como se describe en la sección 4.1.3 y 4.17 del informe de Mínimo Técnico. Por lo tanto, se considerarán los resultados obtenidos a partir de las pruebas descritas en la sección 4.1.2.

En tanto, los hitos de potencia máxima a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en el capítulo 4.1.4 del informe de Potencia Máxima.



4.1.6 Prueba 6: Desde 1 inversor hasta descarga nominal (Escenario Nocturno)

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando el valor de MT con un solo inversor y hasta alcanzar el valor de P_{MAX} definido para la inyección de potencia en el escenario nocturno, es decir alcanzar 130 MW a nivel de barra principal de 33 kV utilizando exclusivamente baterías como fuente primaria de potencia.

A continuación, se describen los pasos a seguir para llevar a cabo esta prueba:

1. Todos los inversores deberán estar apagados. Los elementos de la red interna (circuitos colectores y transformadores de bloque) deben permanecer energizados en todo momento.
2. Se dará orden de encendido y consigna de mínimo técnico a los inversores participantes del ensayo de Mínimo Técnico detallado en el capítulo 4.6 del Informe de Mínimo Técnico. Esta condición se mantendrá por 5 minutos para demostrar la operación estable entorno a esta consigna. El resto de los inversores permanecen apagados durante este período.
3. Se dará orden de encendido a la totalidad de los inversores faltantes, consignando el valor de Potencia Máxima logrado en el capítulo 4.2 del Informe de Potencia Máxima. Se destaca la necesidad de que la única fuente primaria sean las baterías.
4. Una vez alcanzada la potencia máxima en barra principal de 33 kV de aproximadamente 130 MW, y una vez mantenida dicha potencia por 5 minutos, se deberá consignar y realizar las maniobras necesarias para alcanzar el mínimo técnico con 1 inversor (detallado en el numeral 2).
5. Alcanzada dicha condición de mínimo técnico, se dispondrá el apagado del inversor restante.

Los hitos de potencia máxima y mínimo técnico a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en los capítulos 4.1.1 y 4.1.5 de los informes de Potencia Máxima y Mínimo Técnico, respectivamente.



4.1.7 Prueba 7: Desde 1 inversor hasta generación nominal (Escenario diurno 1)

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando el valor de MT con un solo inversor y hasta alcanzar el valor de P_{MAX} definido para la inyección de potencia en el escenario diurno 1, es decir alcanzar 130, MW a nivel de barra principal de 33 kV utilizando exclusivamente la generación fotovoltaica como fuente primaria de potencia.

A continuación, se describen los pasos a seguir para llevar a cabo esta prueba:

1. Todos los inversores deberán estar apagados. Los elementos de la red interna (circuitos colectores y transformadores de bloque) deben permanecer energizados en todo momento.
2. Se dará orden de encendido y consigna de mínimo técnico a los inversores participantes del ensayo de Mínimo Técnico detallado en el capítulo 4.7 del Informe de Mínimo Técnico. Esta condición se mantendrá por 5 minutos para demostrar la operación estable entorno a esta consigna. El resto de los inversores permanecen apagados durante este período.
3. Se dará orden de encendido a la totalidad de los inversores faltantes, consignando el valor de Potencia Máxima logrado en el capítulo 4.6 del Informe de Potencia Máxima. Se destaca la necesidad de que la única fuente primaria sean los paneles fotovoltaicos (sin flujo desde/hacia baterías).
4. Una vez alcanzada la potencia máxima en barra principal de 33 kV de aproximadamente 130 MW, y una vez mantenida dicha potencia por 5 minutos, se deberá consignar y realizar las maniobras necesarias para alcanzar el mínimo técnico con 1 inversor (detallado en el numeral 2).
5. Alcanzada dicha condición de mínimo técnico, se dispondrá el apagado del inversor restante.

Los hitos de potencia máxima y mínimo técnico a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en los capítulos 4.1.5 y 4.1.6 de los informes de Potencia Máxima y Mínimo Técnico, respectivamente.



4.1.8 Prueba 8: Desde 1 inversor hasta generación mixta nominal (Escenario diurno 3)

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando el valor de MT con un solo inversor y hasta alcanzar el valor de P_{MAX} definido para la inyección de potencia en el escenario diurno 3, es decir alcanzar 130, MW a nivel de barra principal de 33 kV utilizando de manera conjunta la generación fotovoltaica y de baterías.

A continuación, se describen los pasos a seguir para llevar a cabo esta prueba:

1. Todos los inversores deberán estar apagados. Los elementos de la red interna (circuitos colectores y transformadores de bloque) deben permanecer energizados en todo momento.
2. Se dará orden de encendido y consigna de mínimo técnico a los inversores participantes del ensayo de Mínimo Técnico detallado en el capítulo 4.8 del Informe de Mínimo Técnico. Esta condición se mantendrá por 5 minutos para demostrar la operación estable entorno a esta consigna. El resto de los inversores permanecen apagados durante este período.
3. Se dará orden de encendido a la totalidad de los inversores faltantes, consignando el valor de Potencia Máxima logrado en el capítulo 4.5. Se destaca la necesidad de que la inyección de potencia provenga tanto de los paneles fotovoltaicos como de las baterías.
4. Una vez alcanzada la potencia máxima en barra principal de 33 kV de aproximadamente 130 MW, y una vez mantenida dicha potencia por 5 minutos, se deberá consignar y realizar las maniobras necesarias para alcanzar el mínimo técnico con 1 inversor (detallado en el numeral 2).
5. Alcanzada dicha condición de mínimo técnico, se dispondrá el apagado del inversor restante.

Como se ha mencionado anteriormente se aclara que la operación de generación mixta no es factible para bajas tal como se describe en la sección 4.1.3 y 4.1.7 del informe de Mínimo Técnico. Por lo tanto, se considerarán los resultados obtenidos a partir de las pruebas descritas en la sección 4.1.2.

En tanto, los hitos de potencia máxima a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en el capítulo 4.1.4 del informe de Potencia Máxima.



4.1.9 Prueba 9: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1) con gradiente temporal

Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando los valores de MT y P_{MAX} definidos para la inyección de potencia en el escenario Diurno 1, es decir alcanzar 130, MW a nivel de barra principal de 33 kV utilizando exclusivamente los paneles fotovoltaicos como fuente primaria de potencia. Sin embargo, a diferencia del subcapítulo 4.1.4, se deberá configurar la tasa de toma/reducción de carga a un valor distinto al permanente.

En el caso del PPC del parque, el rango ajustable en la tasa de toma/reducción de carga varía entre 0 y 20% de la potencia nominal del parque por minuto. El ajuste permanente de este parámetro, preliminarmente, es de 11 MW/min, es decir, 8.46% de la potencia nominal del parque por minuto. A efectos de llevar a cabo esta prueba, se deberá ajustar temporalmente a un valor propuesto de 22 MW/min (17% de la potencia nominal).

Los hitos de potencia máxima y mínimo técnico a considerar en este ensayo, y el posterior cálculo de tiempos, energía y tasa de toma/reducción de carga, serán los asociados a las pruebas descritas en los capítulos 4.1.5 y 4.1.4 de los informes de Potencia Máxima y Mínimo Técnico, respectivamente.

Se aclara que, para lograr la condición de operación con un único inversor, se debe realizar el apagado manual a cada equipo inversor. Es decir, el PPC no realiza la disminución de potencia mediante el apagado gradual de inversores. Por lo tanto, estos escenarios no deben considerarse como una condición de operación normal de la instalación.



4.2 Prueba 1: Descarga (Escenario nocturno)

El día 8 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando únicamente como medio de generación el sistema BESS. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.1 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.2 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la inyectada por el sistema de baterías (*PBESS*).

Se aprecia que la potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos se mantiene en torno a 0 MW durante el período de las pruebas.

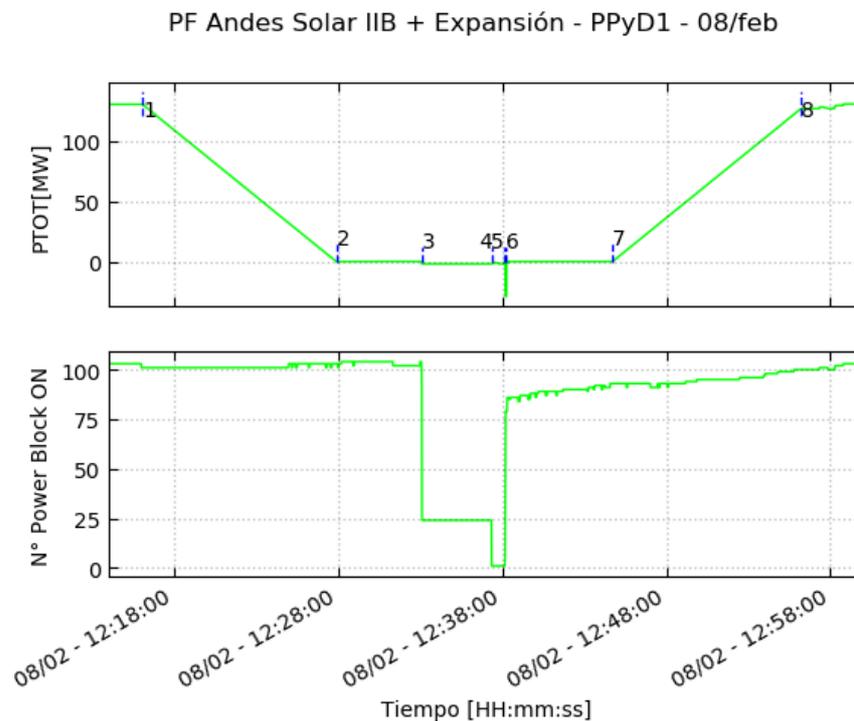


Figura 4.1 – Prueba 1 – Procesos de detención y partida

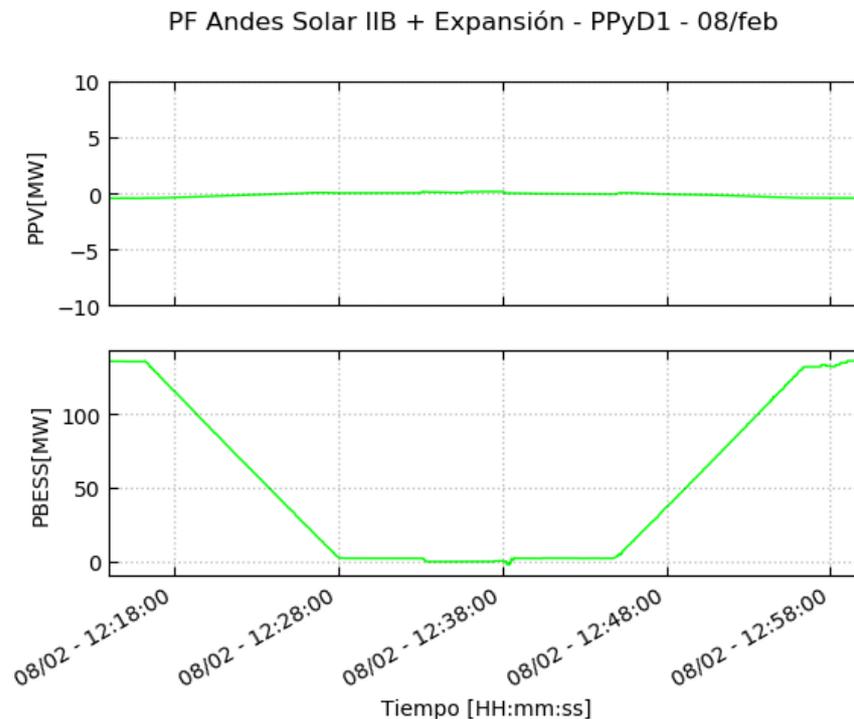


Figura 4.2 – Prueba 1 – Variables de acople DC

A partir del registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 130.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a la totalidad de los inversores y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 0 MW, que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 130.0 MW.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 126.44 MW (100 Power Blocks encendidos).

A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.



4.2.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.3 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 5 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 51 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 202.45 \text{ kW}$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Detención 1 - 08/feb

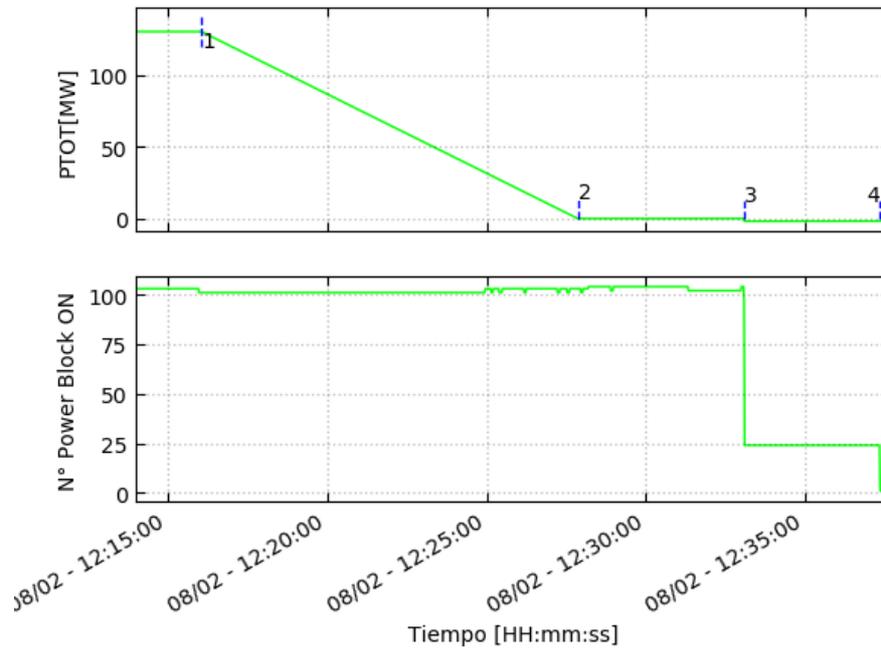


Figura 4.3 – Prueba 1 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.1 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	12:16:03	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	12:27:52	11'49"	39.87
3. Orden de apagado a los inversores ²	12:33:04	11'49"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	12:37:21	16'06"	14.45
		TOTAL	54.32

Tabla 4.1 – Prueba 1 – Resumen del ensayo del proceso de detención

² No se considera el tiempo transcurrido ni la energía consumida durante la operación a Mínimo Técnico, ya que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores apenas se alcanza dicha condición de operación.



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	11'49"	41.36
3. Orden de apagado a los inversores	11'49"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	16'06"	14.99
	TOTAL	56.35

Tabla 4.2 – Prueba 1 – Resumen del proceso de detención



4.2.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados
6. Operación a mínimo técnico
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.4 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 5 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida. Por otro lado, es posible notar que durante el arranque en este modo no logran encender todos los bloques de potencia, procediendo a la toma de carga con los disponibles, en este caso 93 (47 inversores).

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times Consumos \text{ propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 47 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 187.45 \text{ kW}$$

Se aclara que, si bien al momento de realizar la maniobra de partida no estaba la totalidad de módulos en servicio, hacia el término de las maniobras presentadas en la Figura 4.4, ya se encuentra disponible la totalidad de inversores.



PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 1 - 08/feb

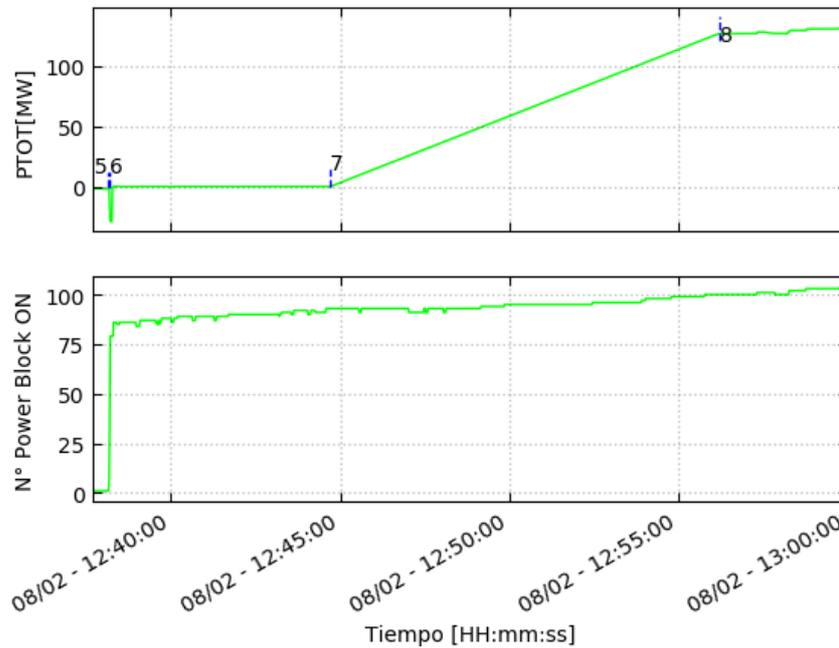


Figura 4.4 – Prueba 1 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.3 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	12:38:08	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	12:38:12	0'04"	0.21
7. Orden de toma de carga	12:44:42	0'04"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	12:56:13	11'35"	35.98
TOTAL			36.19

Tabla 4.3 – Prueba 1 – Resumen del ensayo de proceso de partida



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	0'04"	0.23
7. Orden de toma de carga	0'04"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	11'59"	41.71
TOTAL		41.94

Tabla 4.4 – Prueba 1 – Resumen del proceso de partida



4.3 Prueba 2: Carga lenta y generación (Escenario diurno 2)

El día 20 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando como medio de generación los paneles fotovoltaicos, donde se prioriza inyectar la potencia nominal del parque en el POI y dejar la potencia restante generada para cargar lentamente el sistema BESS. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.5 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.6 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la absorbida por el sistema de baterías (*PBESS*).

Se observa cómo se desarrolla un proceso de carga parcial (cercano a los 50 MW hacia las baterías) al momento de realizar la máxima inyección de potencia a la red y luego, aumento el flujo de potencia hacia el sistema de baterías.

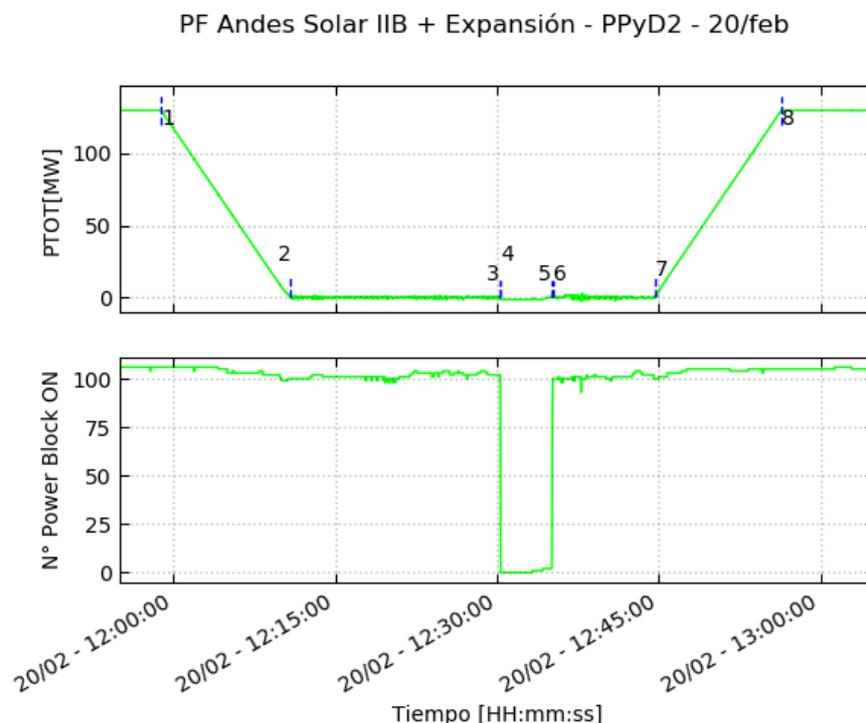


Figura 4.5 – Prueba 2 – Procesos de detención y partida

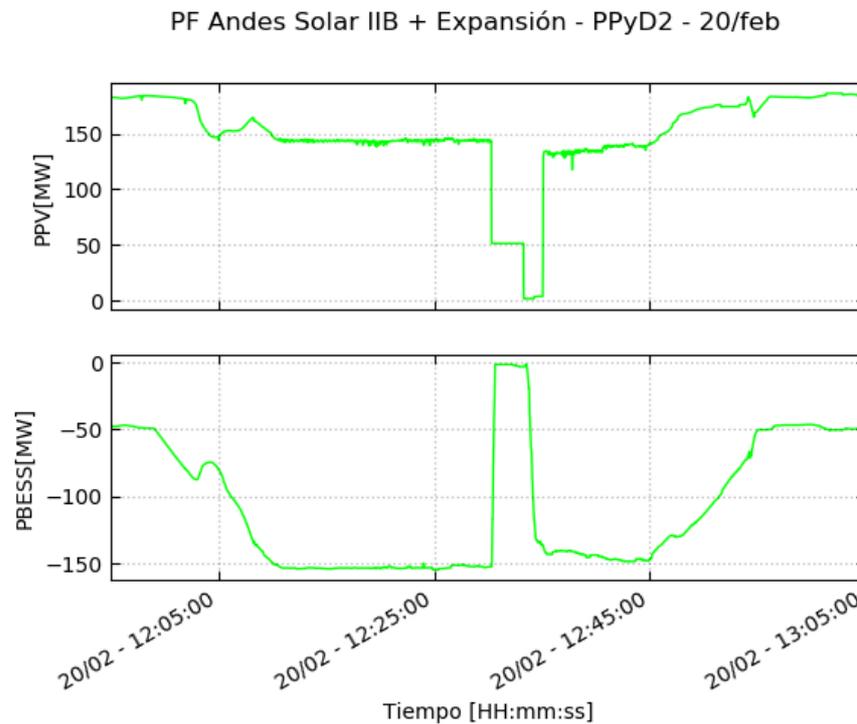


Figura 4.6 – Prueba 2 – Variables de acople DC

Se presentan en la Figura 4.5 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 130.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a la totalidad de los inversores y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 0 MW, que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 130.0 MW.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 130.0 MW

A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.



4.3.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.7 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 20 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 53 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 209.95 \text{ kW}$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Detención 2 - 20/feb

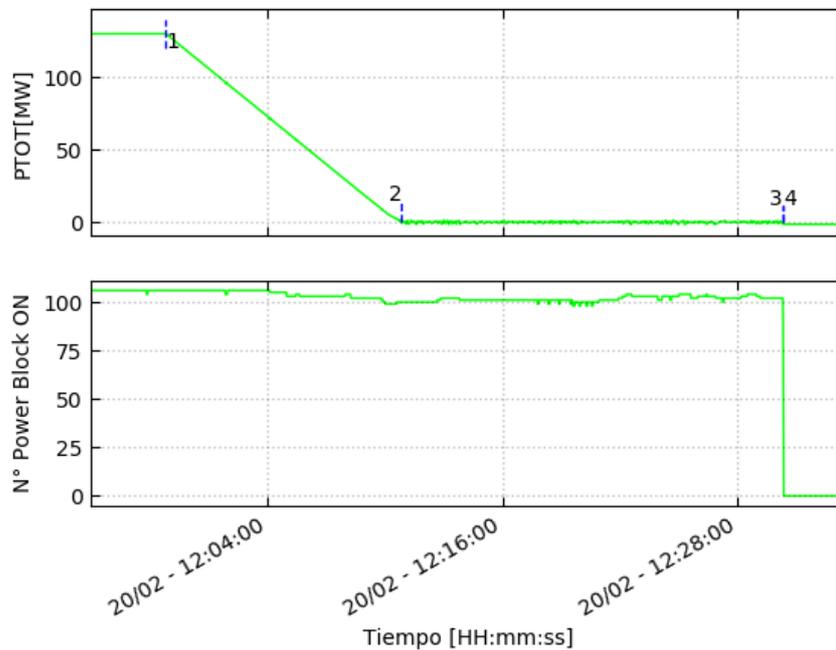


Figura 4.7 – Prueba 2 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.5 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	11:58:49	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	12:10:51	12'02"	42.11
3. Orden de apagado a los inversores	12:30:17	12'02"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	12:30:20	12'05"	0.17
TOTAL			42.28

Tabla 4.5 – Prueba 2 – Resumen del ensayo de proceso de detención

Los resultados obtenidos están en línea con lo obtenido en el informe de potencia máxima y no es necesario realizar correcciones.



4.3.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados
6. Operación a mínimo técnico
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.8 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 9 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida. Por otro lado, es posible notar que durante el arranque en este modo no logran encender todos los inversores, procediendo a la toma de carga con los disponibles, en este caso 51.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 51 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 202.45 \text{ kW}$$

Se aclara que, si bien al momento de realizar la maniobra de partida no estaba la totalidad de módulos en servicio, hacia el término de las maniobras presentadas en la Figura 4.8, ya se encuentra disponible la totalidad de inversores.



PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 2 - 20/feb

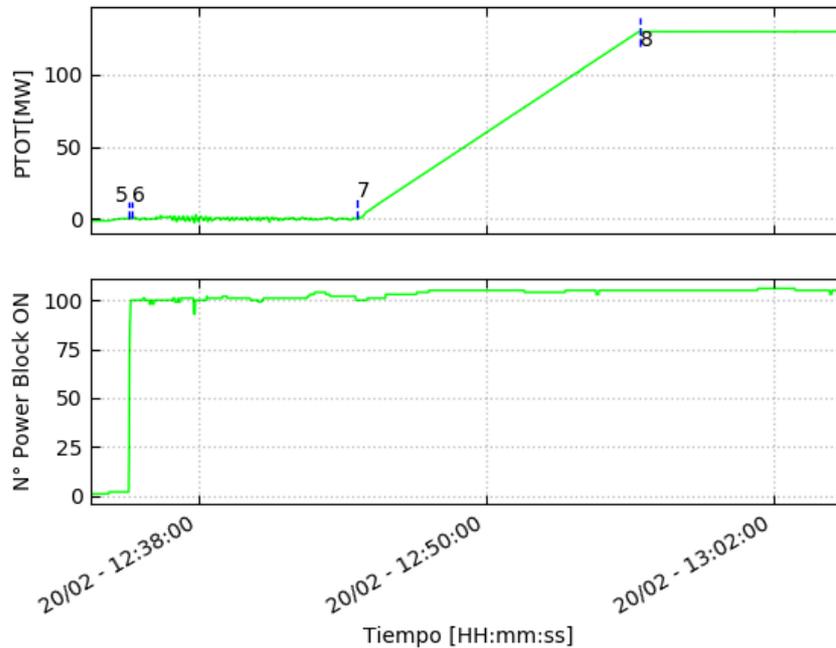


Figura 4.8 – Prueba 2 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.6 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	12:35:04	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	12:35:11	0'07"	0.39
7. Orden de toma de carga	12:44:38	0'07"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	12:56:24	11'53"	39.7
TOTAL			40.1

Tabla 4.6 – Prueba 2 – Resumen del ensayo de proceso de partida



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	0'07"	0.41
7. Orden de toma de carga	0'07"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	11'53"	41.18
	TOTAL	41.59

Tabla 4.7 – Prueba 2 – Resumen del proceso de partida



4.4 Prueba 3: Carga nominal y generación (Escenario diurno 2)

El día 21 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando como medio de generación los paneles fotovoltaicos, donde se prioriza carga el sistema BESS a su potencia nominal e inyectar la potencia restante en el POI. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.9 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.10 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la absorbida por el sistema de baterías (*PBESS*).

Se observa cómo se desarrolla un proceso de carga parcial (cercano a los 130 MW hacia las baterías) al momento de realizar la inyección del excedente de potencia a la red.

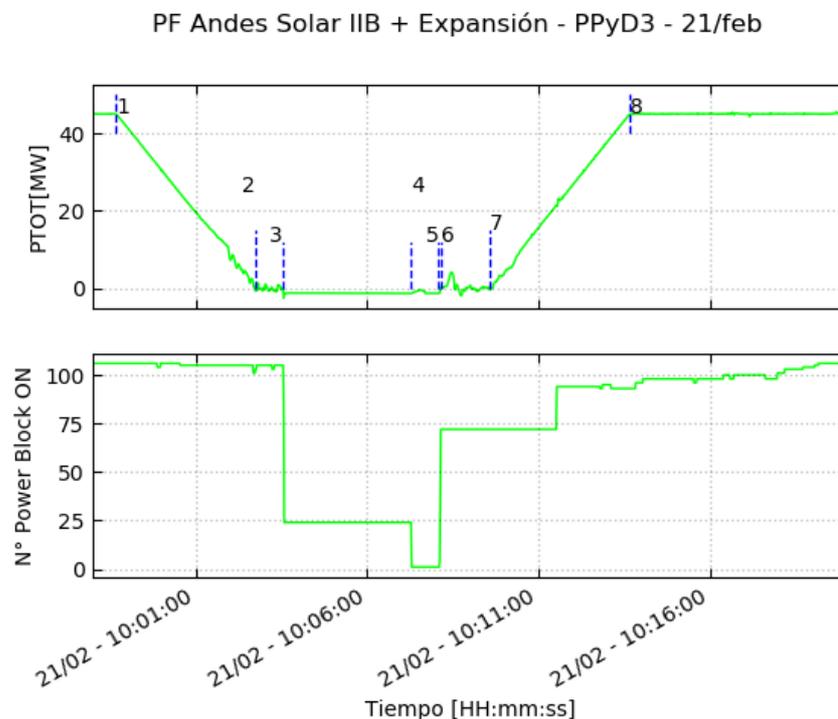


Figura 4.9 – Prueba 3 – Registro de procesos de detención y partida

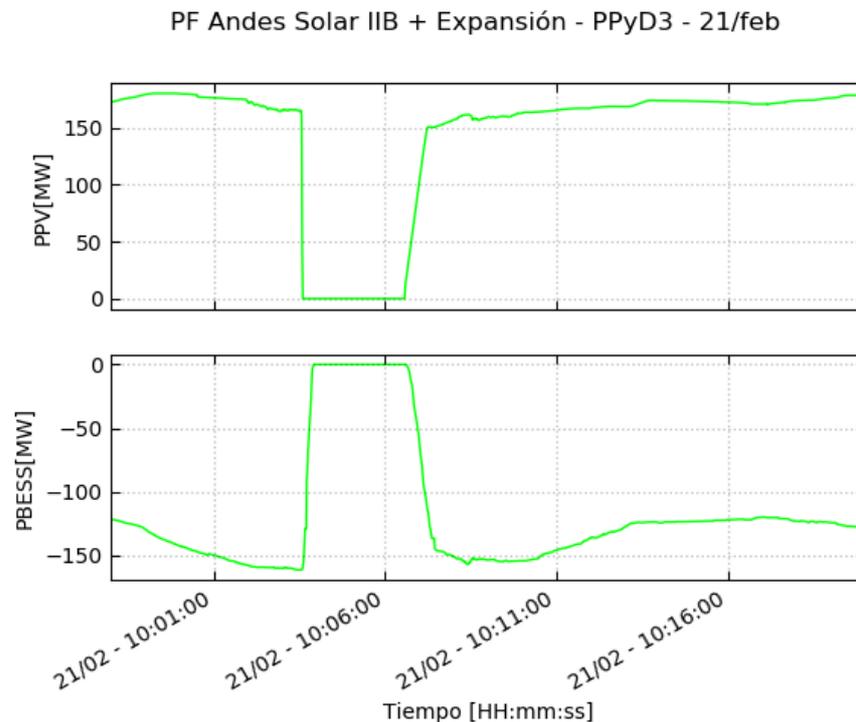


Figura 4.10 – Prueba 3 – Variables de acople DC

Se presentan en la Figura 4.9 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 45.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a la totalidad de los inversores y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 0 MW, que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 45.0 MW, valor máximo disponible en el momento de la partida para mantener el valor de carga nominal a las baterías.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 45.0 MW

A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.



4.4.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.11 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 1 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 53 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 209.95 \text{ kW}$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Detención 3 - 21/feb

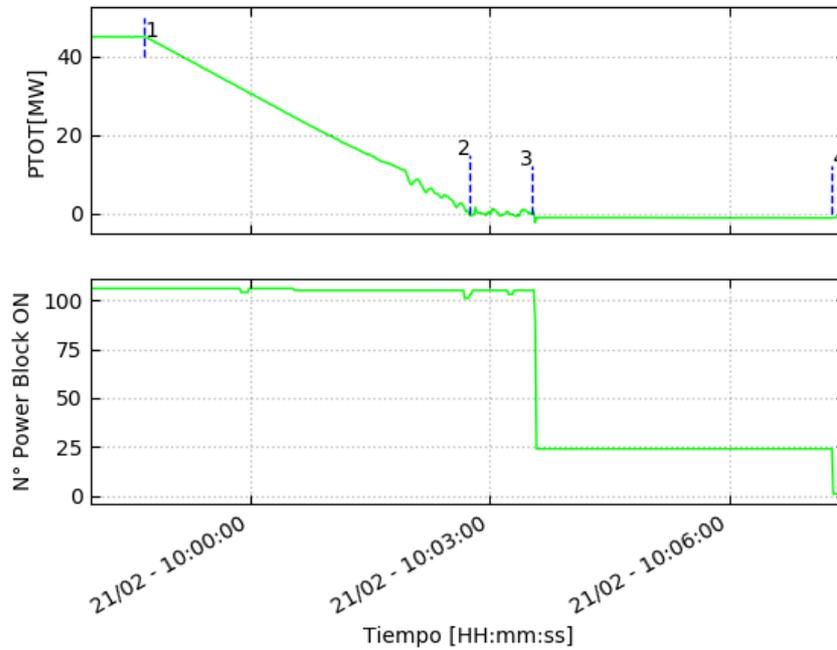


Figura 4.11 – Prueba 3 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.8 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	9:58:40	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	10:02:45	4'05"	14.29
3. Orden de apagado a los inversores	10:03:32	4'05"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	10:07:17	7'50"	13.12
TOTAL			27.41

Tabla 4.8 – Prueba 3 – Resumen del ensayo de proceso de detención



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 59 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	5'21"	18.73
3. Orden de apagado a los inversores	5'21"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	8'06"	13.12
	TOTAL	31.85

Tabla 4.9 – Prueba 3 – Resumen del proceso de detención



4.4.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados
6. Operación a mínimo técnico
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.12 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 1 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida. Por otro lado, es posible notar que durante el arranque en este modo no logran encender todos los inversores, procediendo a la toma de carga con los disponibles, en este caso 36.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 36 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 146.2 \text{ kW}$$

Al ser un proceso de partida que alcanza un valor de inyección parcial, no todos los módulos de potencia entran en servicio de forma inmediata. No obstante, se aprecia en la Figura 4.12, que, hacia el término de período de registro, todos los inversores se encuentran operativos.



PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 3 - 21/feb

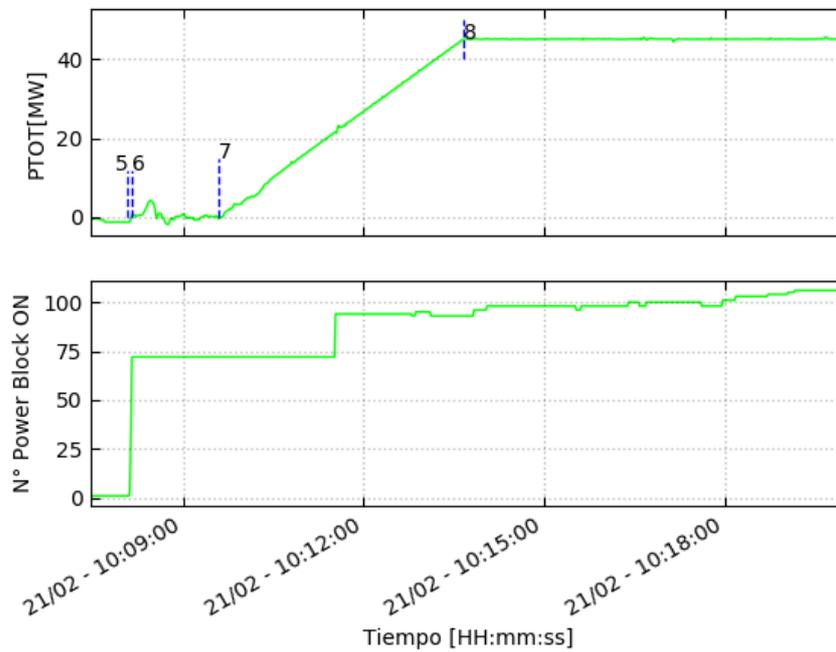


Figura 4.12 – Prueba 3 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.10 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	10:08:05	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	10:08:09	0'04"	0.16
7. Orden de toma de carga	10:09:35	0'04"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	10:13:40	4'09"	9.95
TOTAL			10.11

Tabla 4.10 – Prueba 3 – Resumen del ensayo de proceso de partida



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 59 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	0'04"	0.23
7. Orden de toma de carga	0'04"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	5'25"	18.73
TOTAL		18.96

Tabla 4.11 – Prueba 3 – Resumen del proceso de partida



4.5 Prueba 4: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1)

El día 9 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando únicamente como medio de generación los paneles fotovoltaicos. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.13 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.14 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la inyectada/absorbida por el sistema de baterías (*PBESS*).

Se aprecia que no existe flujo desde o hacia las baterías, fuera de los períodos transitorios de ajuste entre las maniobras de detención y partida.

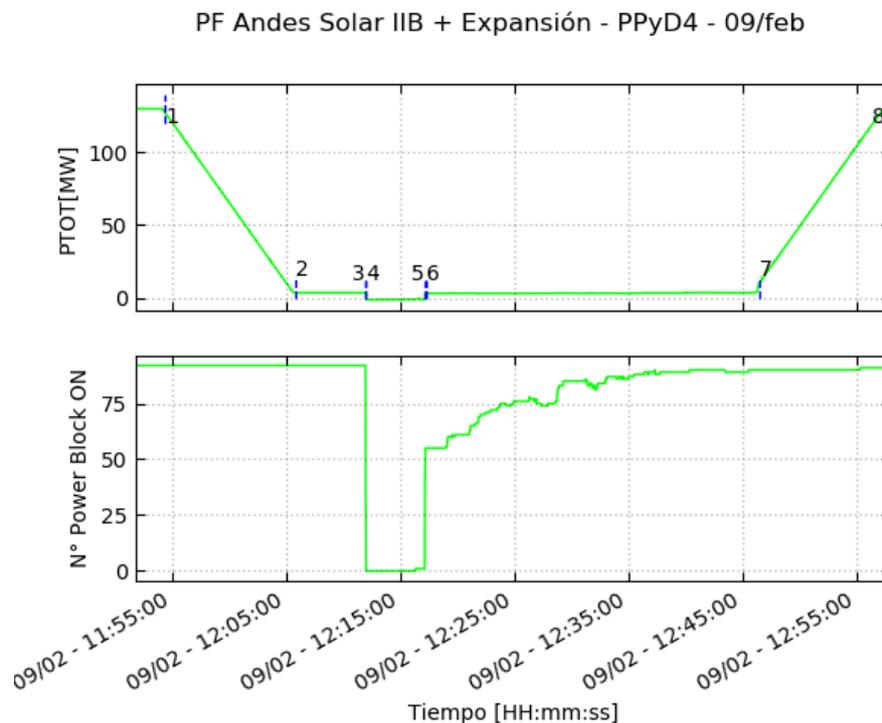


Figura 4.13 – Prueba 4 – Registro de procesos de detención y partida

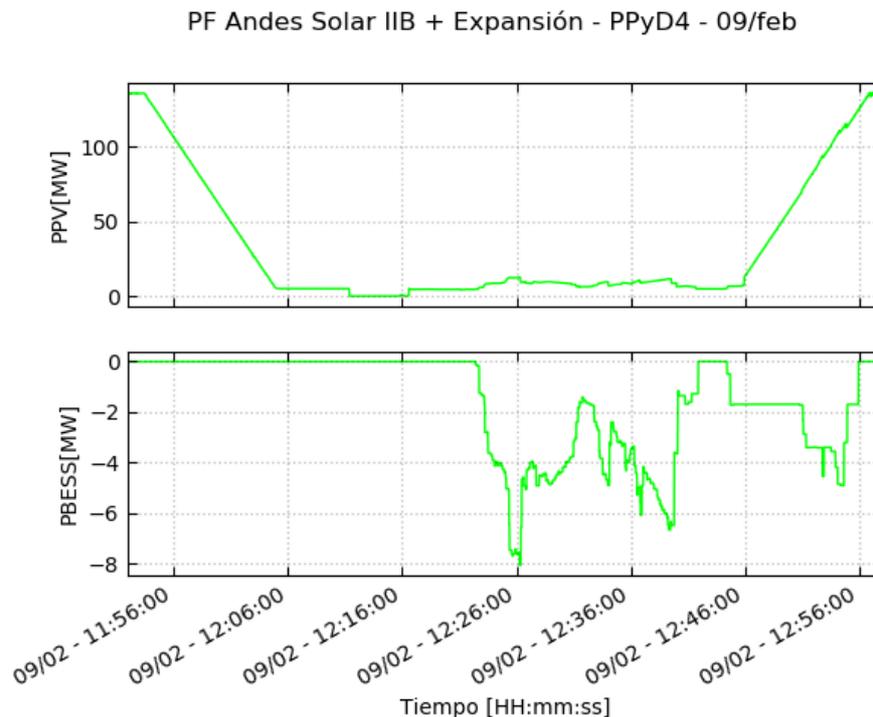


Figura 4.14 – Prueba 4 – Variables de acople DC

Se presentan en la Figura 4.13 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 130.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a la totalidad de los inversores y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 3.44 MW, que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 130.0 MW.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 130.0 MW

A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.



4.5.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.15 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 6 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 46 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 183.7 \text{ kW}$$

Esta maniobra se ha realizado con una menor cantidad de módulos de potencia por disponibilidad de equipos durante las pruebas, por lo tanto, se ha extrapolado el resultado de energía consumida. Cabe mencionar que los tiempos no se ven afectados, ya que se logra registrar los valores de potencia máxima esperados.



PF Andes Solar IIB + Expansión - Detención 4 - 09/feb

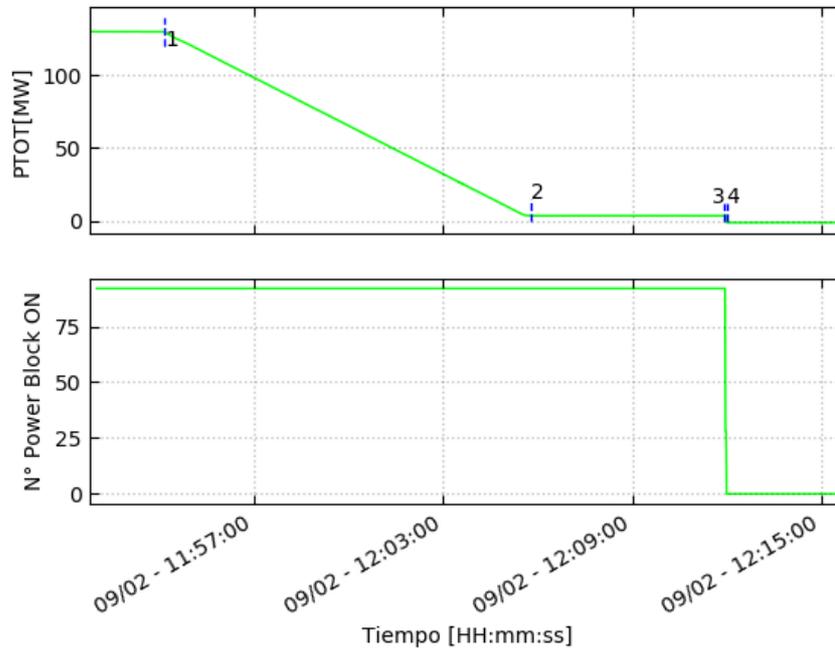


Figura 4.15 – Prueba 4 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.12 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	11:54:10	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	12:05:46	11'36"	35.52
3. Orden de apagado a los inversores	12:11:56	11'36"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	12:12:00	11'40"	0.20
		TOTAL	35.72

Tabla 4.12 – Prueba 4 – Resumen del ensayo de proceso de detención



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	11'36"	40.60
3. Orden de apagado a los inversores	11'36"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	11'40"	0.23
	TOTAL	40.83

Tabla 4.13 – Prueba 4 – Resumen del proceso de detención



4.5.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados
6. Operación a mínimo técnico
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.16 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 29 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida. Por otro lado, es posible notar que durante el arranque en este modo no logran encender todos los inversores, procediendo a la toma de carga con los disponibles, en este caso 45.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 45 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 179.95 \text{ kW}$$

Esta maniobra se ha realizado con una menor cantidad de módulos de potencia por disponibilidad de equipos durante las pruebas, por lo tanto, se ha extrapolado el resultado de energía consumida. Cabe mencionar que los tiempos no se ven afectados, ya que se logra registrar los valores de potencia máxima esperados.



PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 4 - 09/feb

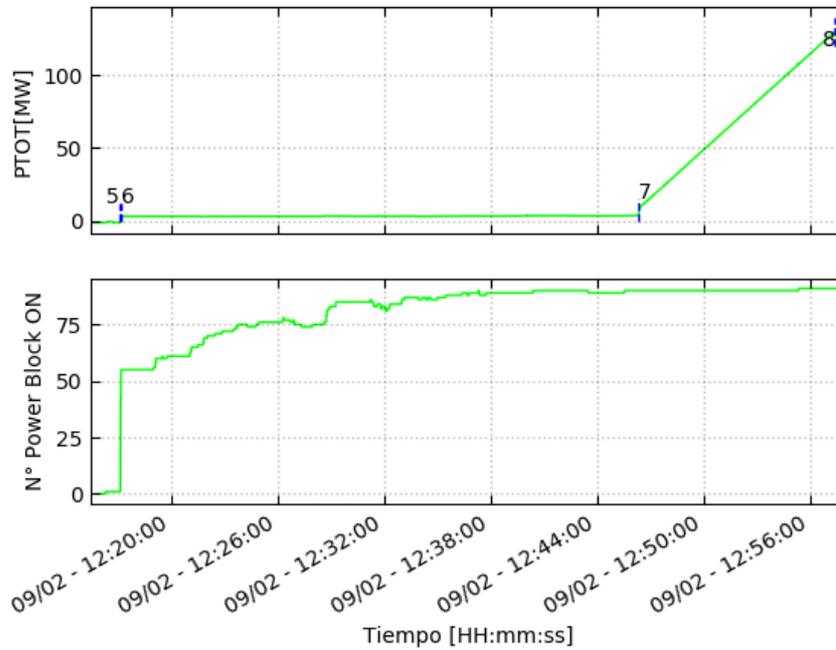


Figura 4.16 – Prueba 4 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.14 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	12:17:08	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	12:17:13	0'05"	0.25
7. Orden de toma de carga	12:46:20	0'05"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	12:57:26	11'11"	33.29
TOTAL			33.54

Tabla 4.14 – Prueba 4 – Resumen del ensayo de proceso de partida



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	0'05"	0.29
7. Orden de toma de carga	0'05"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	11'11"	38.85
TOTAL		39.14

Tabla 4.15 – Prueba 4 – Resumen del proceso de partida



4.6 Prueba 5: Generación mixta (Escenario diurno 3)

El día 8 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando ambos recursos como medio de generación, es decir, paneles fotovoltaicos y energía proveniente del sistema BESS. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.17 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.18 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la inyectada/absorbida por el sistema de baterías (*PBESS*).

Al momento de realizar las pruebas, el recurso solar era el suficiente para lograr la inyección esperada considerando únicamente la potencia generada por los paneles. De todas formas, se presenta en el informe de potencia máxima (ver sección 4.1.4 del documento) que el parque es capaz de mantener una inyección de potencia estable, siguiendo la consigna, en momentos de transición entre fuentes de energía.

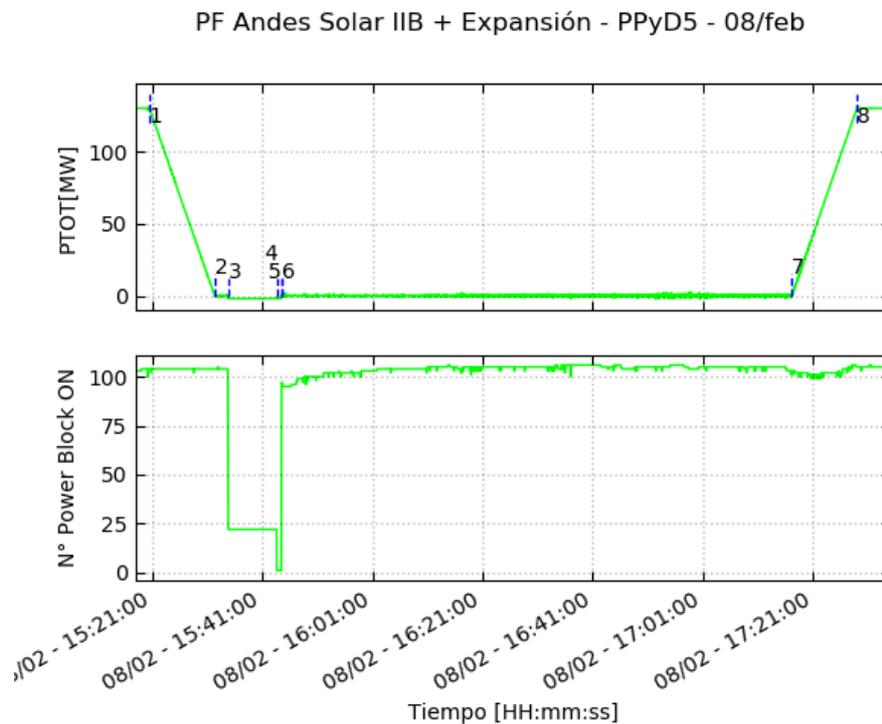


Figura 4.17 – Prueba 5 – Registro de procesos de detención y partida

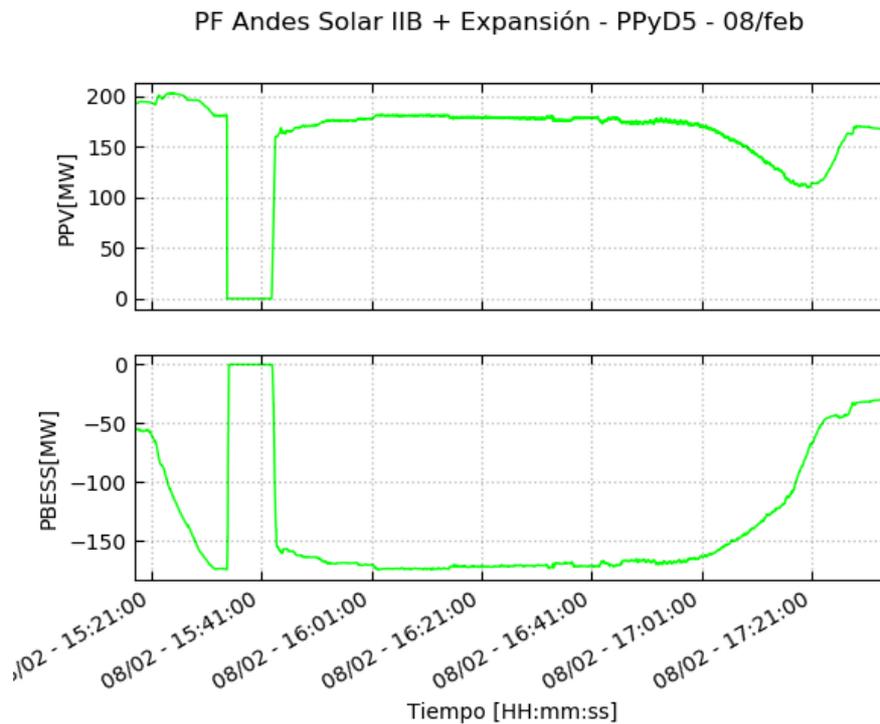


Figura 4.18 – Prueba 5 – Variables de acople DC

Se presentan en la Figura 4.17 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 130.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a la totalidad de los inversores y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 0 MW, que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 130.0 MW.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 130.0 MW

A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.



4.6.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.19 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 2 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 52 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 206.2 \text{ kW}$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Detención 5 - 08/feb

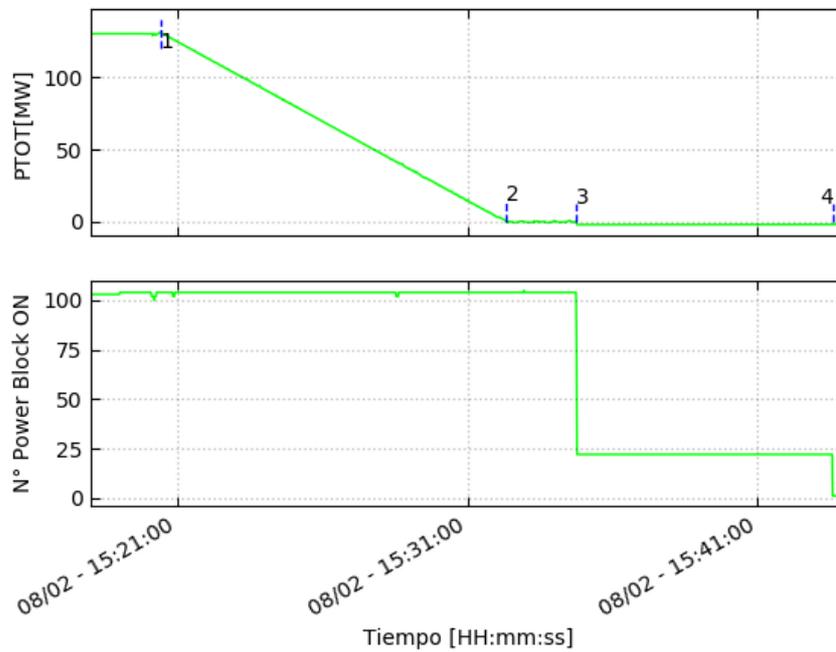


Figura 4.19 – Prueba 5 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.16 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	15:20:24	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	15:32:20	11'56"	41.01
3. Orden de apagado a los inversores	15:34:44	11'56"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	15:43:35	20'47"	30.42
		TOTAL	71.43

Tabla 4.16 – Prueba 5 – Resumen del ensayo de proceso de detención



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	11'56"	41.77
3. Orden de apagado a los inversores	11'56"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	20'47"	2.98
	TOTAL	44.75

Tabla 4.17 – Prueba 5 – Resumen del proceso de detención



4.6.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados
6. Operación a mínimo técnico
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.20 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 93 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida. Por otro lado, cabe mencionar que durante el arranque en este modo es posible encender todos los inversores, procediendo a la toma de carga con la cantidad total, es decir, 53.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 53 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 209.95 \text{ kW}$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 5 - 08/feb

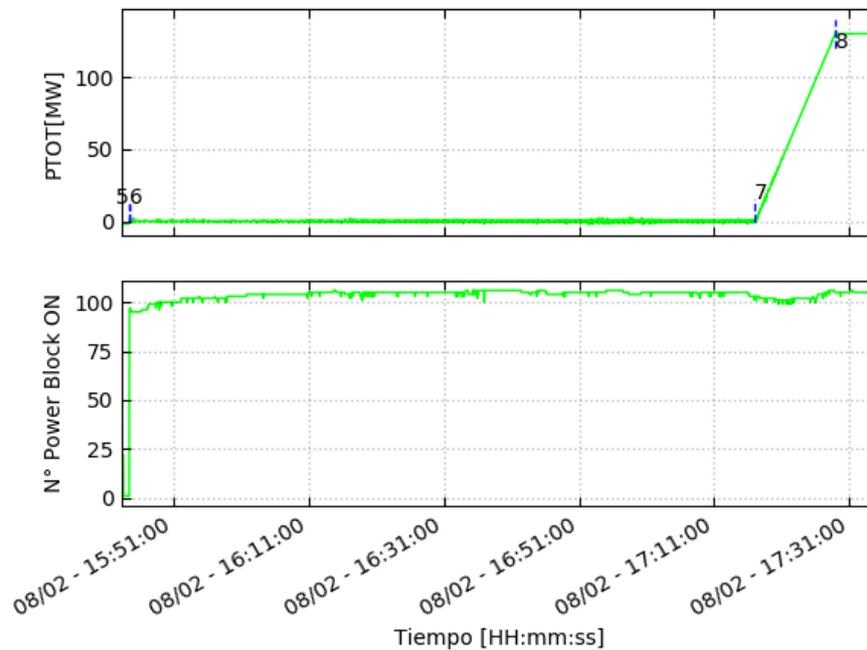


Figura 4.20 – Prueba 5 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.18 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	15:44:27	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	15:44:30	0'03"	0.18
7. Orden de toma de carga	17:17:03	0'03"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	17:29:00	12'00"	41.81
TOTAL			41.99

Tabla 4.18 – Prueba 5 – Resumen del ensayo de proceso de partida

Los resultados obtenidos están en línea con lo obtenido en el informe de potencia máxima y no es necesario realizar correcciones.



4.7 Prueba 6: Desde 1 inversor hasta descarga nominal (Escenario nocturno)

El día 9 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando como medio de generación únicamente el sistema BESS. Esta prueba tiene la particularidad de que, al alcanzar el valor de Mínimo Técnico, se apagan todos los inversores de la planta, a excepción de uno que se debe mantener despachado a una potencia tal que el Mínimo Técnico en el POI sea un valor estable. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.21 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.22 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la inyectada/absorbida por el sistema de baterías (*PBESS*).

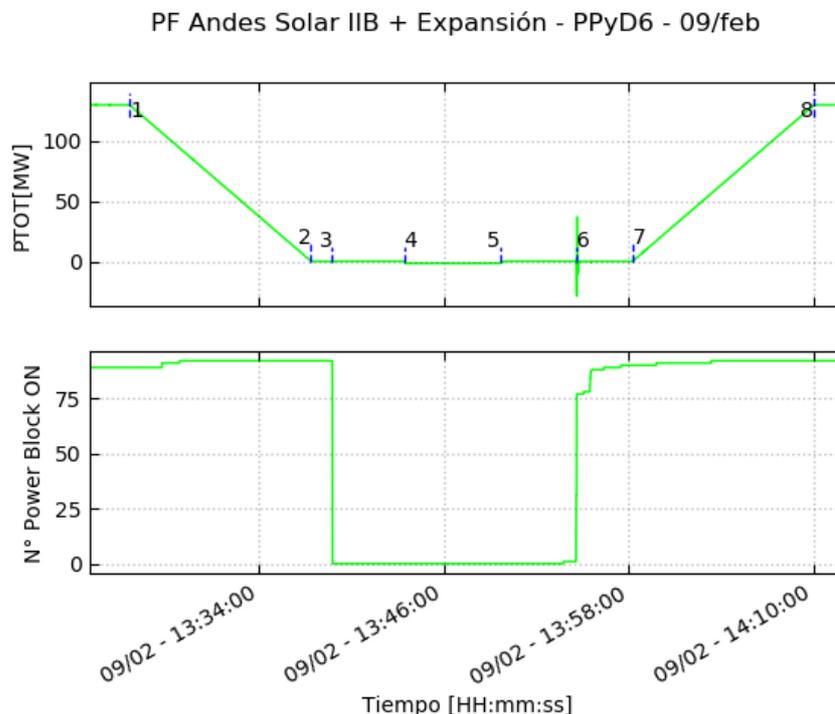


Figura 4.21 – Prueba 6 – Registro de procesos de detención y partida

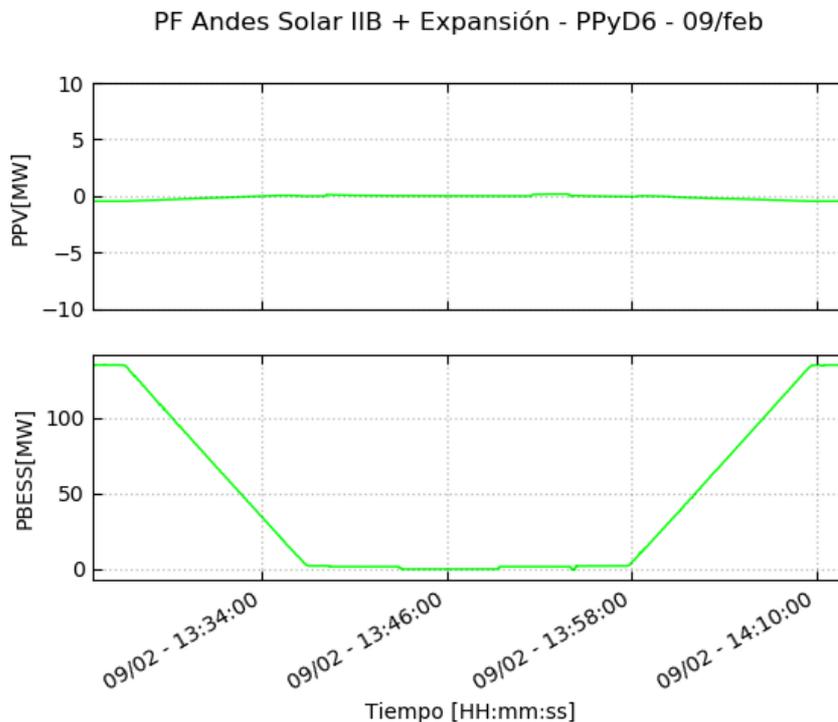


Figura 4.22 – Prueba 6 – Variables de acople DC

Se presentan en la Figura 4.21 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 130.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0.0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con un solo inversor en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores, excepto uno, para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**. Eventualmente, se mantiene esta condición durante 5 minutos y luego se procede a apagar el inversor restante.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a un solo inversor y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 0 MW, que permite la operación del parque con este único inversor en servicio. Se mantiene esta condición durante aproximadamente 5 minutos y luego se procede a encender el resto de los inversores.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 130.0 MW.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 130.0 MW



A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.

4.7.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores, a excepción de uno
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.23 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 5 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA1} = 46 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 183.7 \text{ kW}$$

$$P_{SSAA2} = 1 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 14.95 \text{ kW}$$



Donde P_{SSAA1} corresponde a la potencia consumida por los Servicios Auxiliares en la bajada de carga, y P_{SSAA2} corresponde a la potencia consumida por los Servicios Auxiliares cuando la operación a Mínimo Técnico es mantenida por un solo inversor.

Esta maniobra se ha realizado con una menor cantidad de módulos de potencia por disponibilidad de equipos durante las pruebas, por lo tanto, se ha extrapolado el resultado de energía consumida. Cabe mencionar que los tiempos no se ven afectados, ya que se logra registrar los valores de potencia máxima esperados.

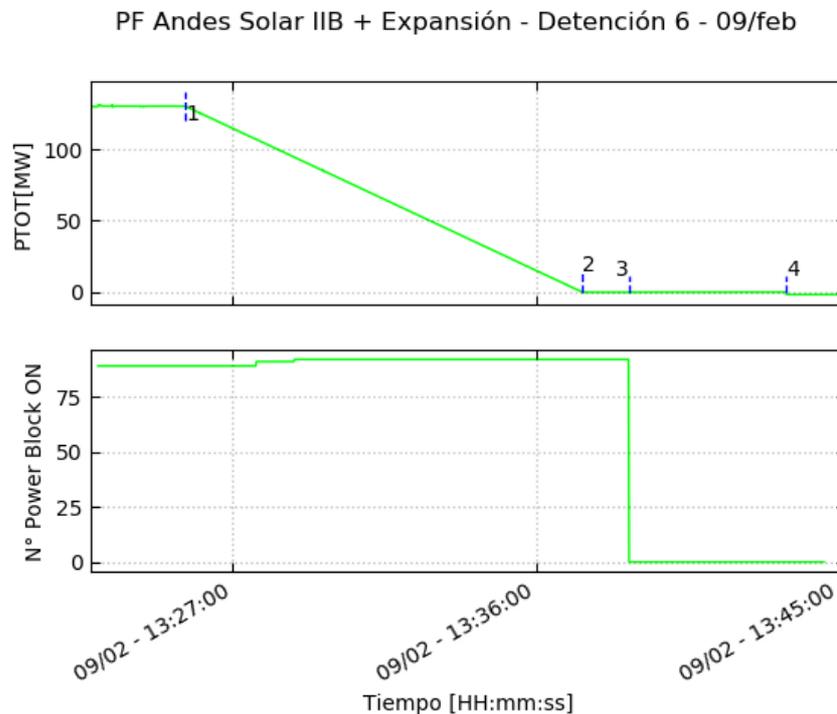


Figura 4.23 – Prueba 6 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.19 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	13:25:35	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	13:37:22	11'47"	36.08
3. Orden de apagado a los inversores	13:38:45	11'47"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	13:43:25	16'27"	1.16
TOTAL			37.24

Tabla 4.19 – Prueba 6 – Resumen del ensayo de proceso de detención



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	11'47"	41.24
3. Orden de apagado a los inversores	11'47"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	16'27"	1.16
TOTAL		42.40

Tabla 4.20 – Prueba 6 – Resumen del proceso de detención



4.7.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados y encendido de un inversor
6. Operación a mínimo técnico con todos los inversores encendidos
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.24 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 3 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida. Por otro lado, es posible notar que durante el arranque en este modo no logran encender todos los inversores, procediendo a la toma de carga con los disponibles, en este caso 45.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA1} = 1 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 14.95 \text{ kW}$$

$$P_{SSAA2} = 45 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 179.95 \text{ kW}$$

Donde P_{SSAA1} corresponde a la potencia consumida por los Servicios Auxiliares cuando la operación a Mínimo Técnico es mantenida por un solo inversor, mientras que, P_{SSAA2} corresponde a la potencia consumida por los Servicios Auxiliares cuando se da la orden de subida de carga con la totalidad de inversores encendidos.



Esta maniobra se ha realizado con una menor cantidad de módulos de potencia por disponibilidad de equipos durante las pruebas, por lo tanto, se ha extrapolado el resultado de energía consumida. Cabe mencionar que los tiempos no se ven afectados, ya que se logra registrar los valores de potencia máxima esperados.

PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 6 - 09/feb

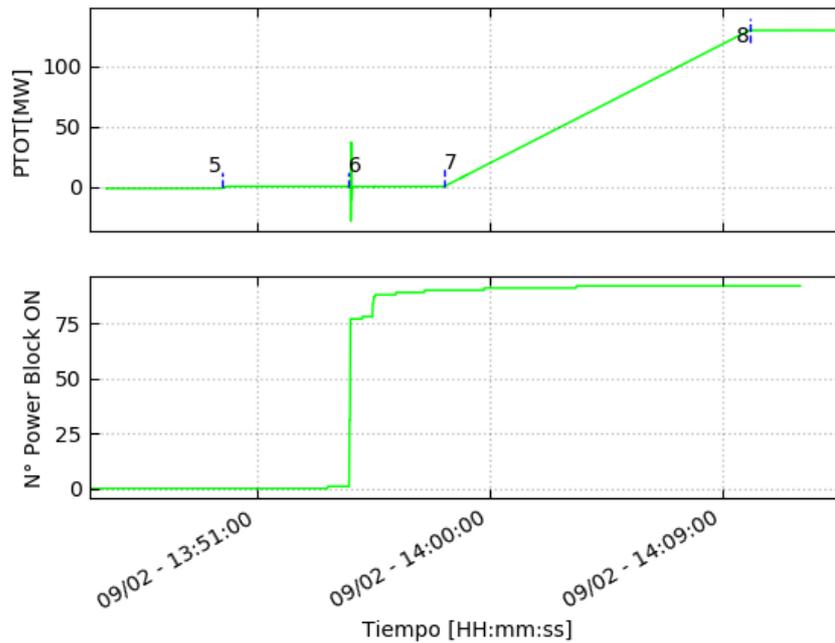


Figura 4.24 – Prueba 6 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.21 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	13:49:41	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	13:55:37	5'56"	1.48
7. Orden de toma de carga	13:58:14	5'56"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	14:10:02	17'44	35.39
TOTAL			36.87

Tabla 4.21 – Prueba 6 – Resumen del ensayo de proceso de partida



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	5'56"	1.48
7. Orden de toma de carga	5'56"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	17'44	41.30
TOTAL		42.78

Tabla 4.22 – Prueba 6 – Resumen del proceso de partida



4.8 Prueba 7: Desde 1 inversor hasta generación nominal (Escenario diurno 1)

El día 19 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando como medio de generación únicamente los paneles fotovoltaicos. Esta prueba tiene la particularidad de que, al alcanzar el valor de Mínimo Técnico, se apagan todos los inversores de la planta, a excepción de uno que se debe mantener despachado a una potencia tal que el Mínimo Técnico en el POI sea un valor estable. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.25 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.26 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la inyectada/absorbida por el sistema de baterías (*PBESS*).

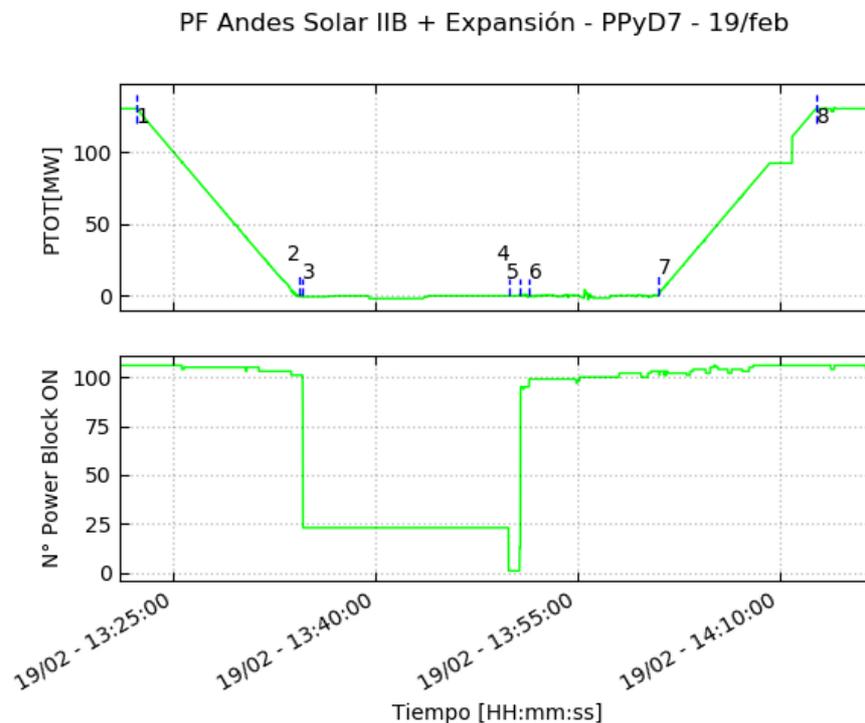


Figura 4.25 – Prueba 7 – Registro de procesos de detención y partida

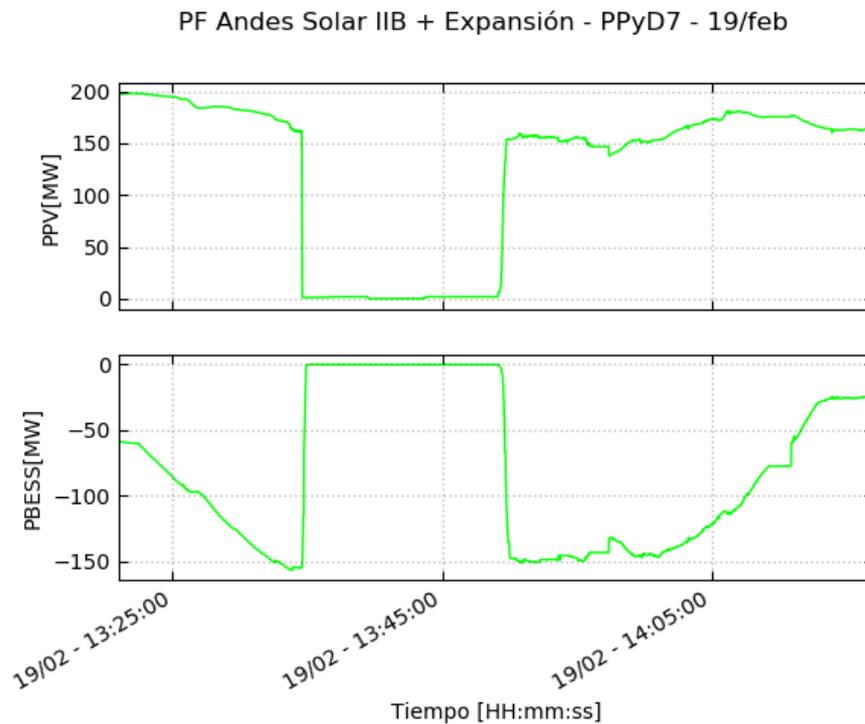


Figura 4.26 – Prueba 7 – Variables de acople DC

Se presentan en la Figura 4.25 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 130.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0.0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con un solo inversor en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores, excepto uno, para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**. Eventualmente, se mantiene esta condición durante 5 minutos y luego se procede a apagar el inversor restante.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a un solo inversor y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 0 MW, que permite la operación del parque con este único inversor en servicio. Se mantiene esta condición durante aproximadamente 5 minutos y luego se procede a encender el resto de los inversores.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 130.0 MW.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 130.0 MW



A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.

4.8.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores, a excepción de uno
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.27 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$\begin{aligned}P_{SSAA} &= N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA} \\P_{SSAA1} &= 53 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 209.95 \text{ kW} \\P_{SSAA2} &= 1 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 14.95 \text{ kW}\end{aligned}$$

Donde P_{SSAA1} corresponde a la potencia consumida por los Servicios Auxiliares en la bajada de carga, y P_{SSAA2} corresponde a la potencia consumida por los Servicios Auxiliares cuando la operación a Mínimo Técnico es mantenida por un solo inversor.



PF Andes Solar IIB + Expansión - Detención 7 - 19/feb

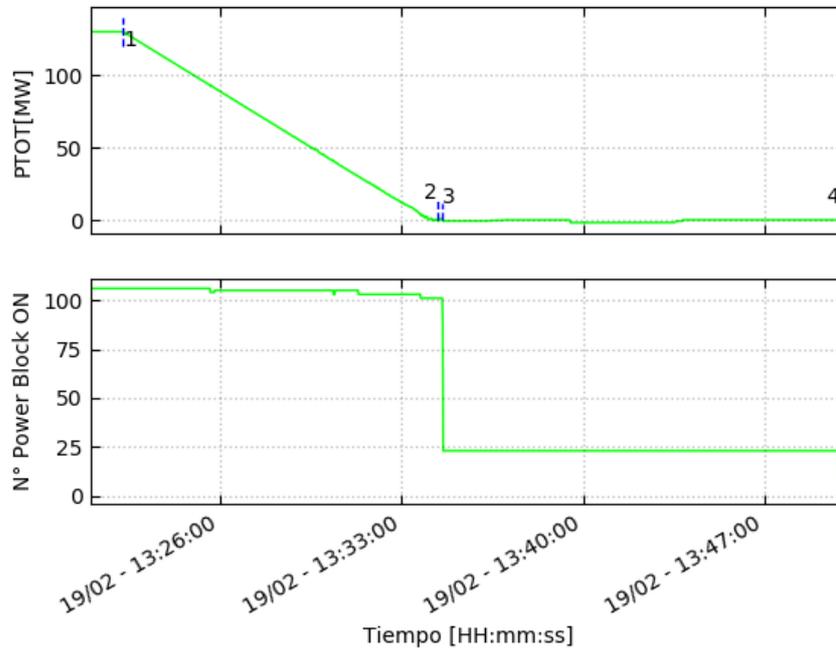


Figura 4.27 – Prueba 7 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.23 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	13:22:14	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	13:34:22	12'08"	42.46
3. Orden de apagado a los inversores	13:34:33	12'08"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	13:49:52	27'24"	3.8
		TOTAL	16.95

Tabla 4.23 – Prueba 7 – Resumen del proceso de detención

Los resultados obtenidos están en línea con lo obtenido en el informe de potencia máxima y no es necesario realizar correcciones.



4.8.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados y encendido de un inversor
6. Operación a mínimo técnico con todos los inversores encendidos
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.28 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 9 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times Consumos\ propios + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA1} = 1 \times 3.75\ kW + 11.2\ kW = 14.95\ kW$$

$$P_{SSAA2} = 53 \times 3.75\ kW + 11.2\ kW = 209.95\ kW$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 7 - 19/feb

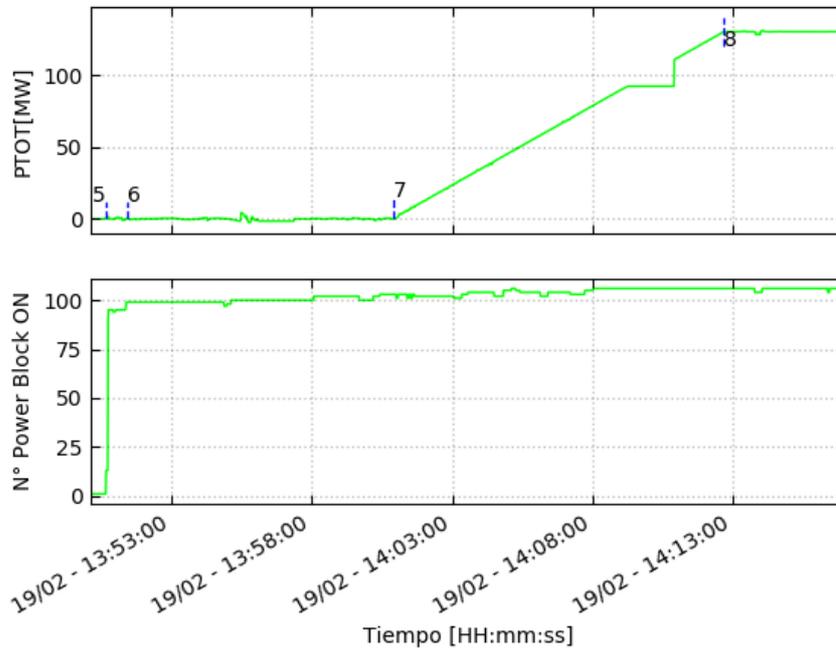


Figura 4.28 – Prueba 7 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.24 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	13:50:39	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	13:51:25	0'46"	0.19
7. Orden de toma de carga	14:00:55	0'46"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	14:12:41	12'32"	41.17
TOTAL			41.36

Tabla 4.24 – Prueba 7 – Resumen del proceso de partida

Los resultados obtenidos están en línea con lo obtenido en el informe de potencia máxima y no es necesario realizar correcciones.



4.9 Prueba 8: Desde 1 inversor hasta generación mixta nominal (Escenario diurno 3)

El día 16 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando como medio de generación ambas tecnologías disponibles, es decir, paneles fotovoltaicos y el sistema BESS. Esta prueba tiene la particularidad de que, al alcanzar el valor de Mínimo Técnico, se apagan todos los inversores de la planta, a excepción de uno que se debe mantener despachado a una potencia tal que el Mínimo Técnico en el POI sea un valor estable. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.29 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.30 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la inyectada/absorbida por el sistema de baterías (*PBESS*).

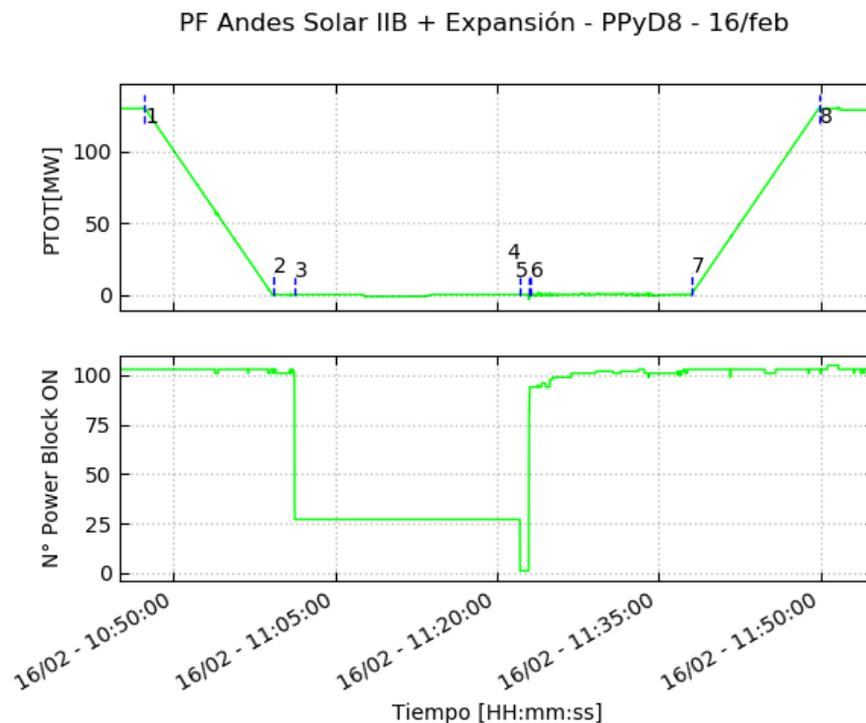


Figura 4.29 – Prueba 8 – Registro de procesos de detención y partida

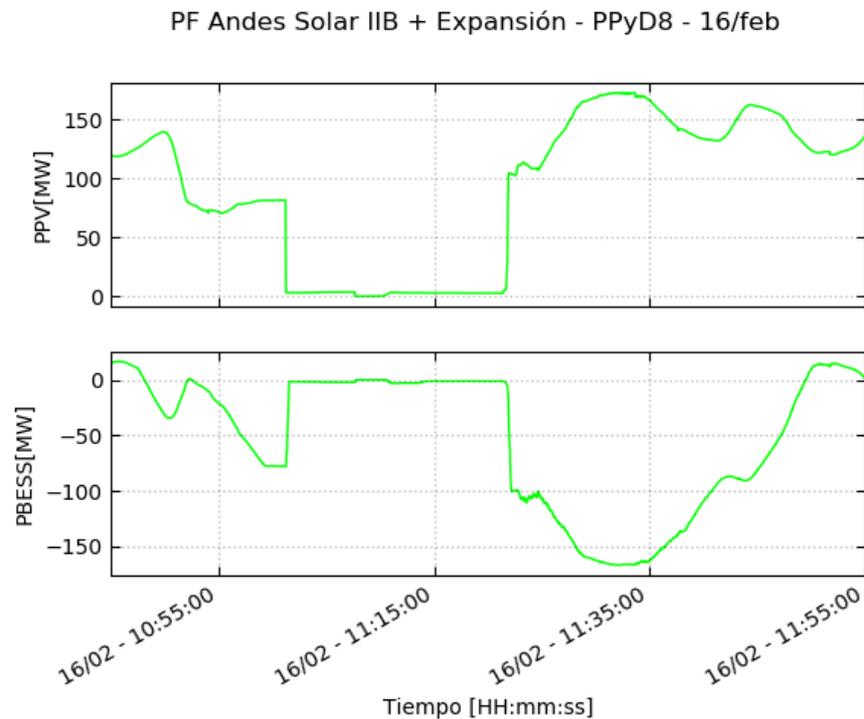


Figura 4.30 – Prueba 8 – Variables de acople DC

Se presentan en la Figura 4.29 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 130.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0.0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con un solo inversor en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores, excepto uno, para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**. Eventualmente, se mantiene esta condición durante 5 minutos y luego se procede a apagar el inversor restante.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a un solo inversor y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 0 MW, que permite la operación del parque con este único inversor en servicio. Se mantiene esta condición durante aproximadamente 5 minutos y luego se procede a encender el resto de los inversores.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 130.0 MW.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 130.0 MW



A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.

4.9.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores, a excepción de uno
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.31 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 2 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA1} = 52 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 206.2 \text{ kW}$$

$$P_{SSAA2} = 1 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 14.95 \text{ kW}$$

Donde P_{SSAA1} corresponde a la potencia consumida por los Servicios Auxiliares en la bajada de carga, y P_{SSAA2} corresponde a la potencia consumida por los Servicios Auxiliares cuando la operación a Mínimo Técnico es mantenida por un solo inversor.



PF Andes Solar IIB + Expansión - Detención 8 - 16/feb

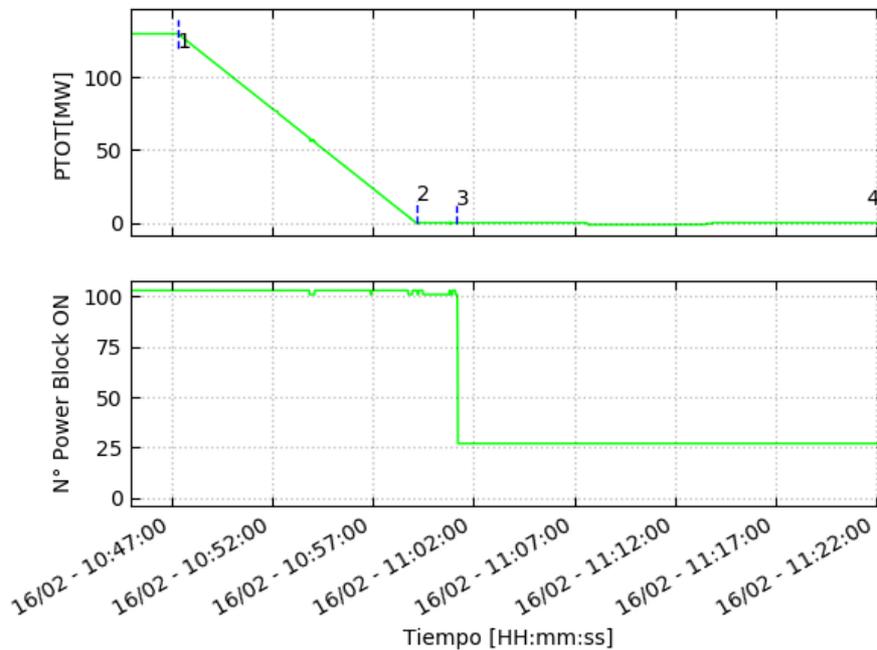


Figura 4.31 – Prueba 8 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.25 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	10:47:19	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	10:59:13	11'54"	40.90
3. Orden de apagado a los inversores	11:01:11	11'54"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	11:22:08	32'51"	5.22
		TOTAL	46.12

Tabla 4.25 – Prueba 8 – Resumen del ensayo de proceso de detención



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	10:47:19	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	10:59:13	11'54"	41.65
3. Orden de apagado a los inversores	11:01:11	11'54"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	11:22:08	32'51"	5.22
		TOTAL	46.87

Tabla 4.26 – Prueba 8 – Resumen del proceso de detención



4.9.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados y encendido de un inversor
6. Operación a mínimo técnico con todos los inversores encendidos
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 11.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.32 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 15 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times Consumos\ propios + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA1} = 1 \times 3.75\ kW + 11.2\ kW = 14.95\ kW$$

$$P_{SSAA2} = 53 \times 3.75\ kW + 11.2\ kW = 206.2\ kW$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 8 - 16/feb

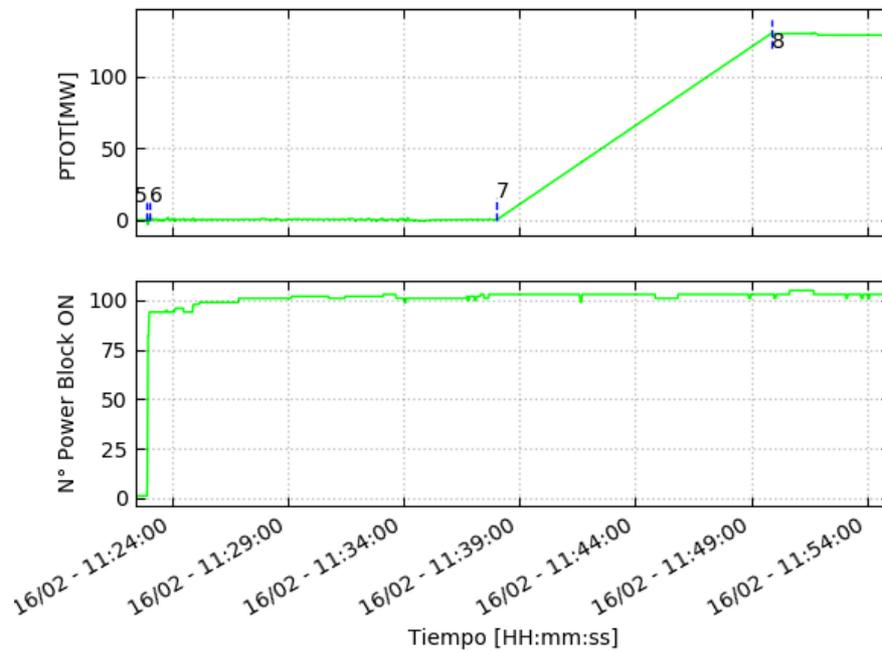


Figura 4.32 – Prueba 8 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.27 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	11:22:56	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	11:23:03	0'07"	0.03
7. Orden de toma de carga	11:38:00	0'07"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	11:49:51	11'58"	40.73
TOTAL			40.76

Tabla 4.27 – Prueba 8 – Resumen del ensayo de proceso de partida



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	0'07"	0.03
7. Orden de toma de carga	0'07"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	11'58"	41.48
TOTAL		41.51

Tabla 4.28 – Prueba 8 – Resumen del proceso de partida



4.10 Prueba 9: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1) con gradiente temporal

El día 8 de febrero de 2024 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de este, utilizando únicamente como medio de generación el sistema BESS. En esta prueba se utiliza una rampa de subida y bajada de 22 MW/min y -22 MW/min, respectivamente. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

En la Figura 4.33 se presenta el registro de potencia inyectada en la barra principal de 33 kV del parque (*PTOT*) y el número de módulos de potencia en servicio.

En la Figura 4.34 se presenta el registro de potencia en el acople DC del inversor. Se muestra la inyección de potencia proveniente desde los paneles fotovoltaicos (*PPV*) y la inyectada/absorbida por el sistema de baterías (*PBESS*).

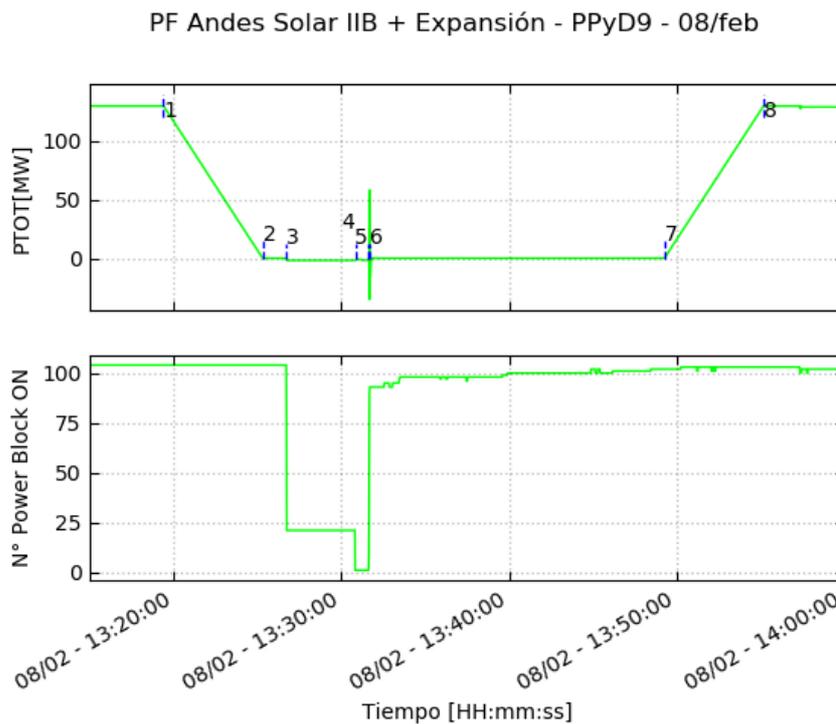


Figura 4.33 – Prueba 9 – Registro de procesos de detención y partida

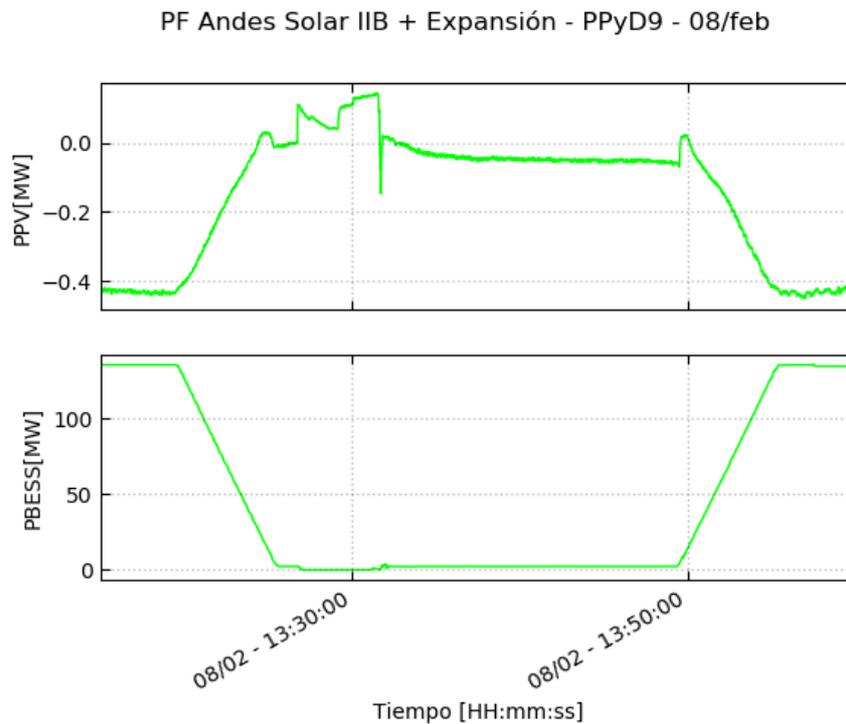


Figura 4.34 – Prueba 9 – Variables de acople DC

Se presentan en la Figura 4.33 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Estando con un despacho de potencia máxima equivalente a 130.0 MW, se consigna un valor de potencia activa de 0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los inversores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los inversores para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**.
4. Se alcanza la condición **Fuera de Servicio**.
5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a la totalidad de los inversores y se consigna el valor de **Mínimo Técnico** de 0 MW, que permite la operación del parque con todos los inversores en servicio.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 130.0 MW.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 130.0 MW

A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de partida y detención.



4.10.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los inversores
4. Totalidad de los inversores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de -22.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.35 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 1 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 52 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 206.2 \text{ kW}$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Detención 9 - 08/feb

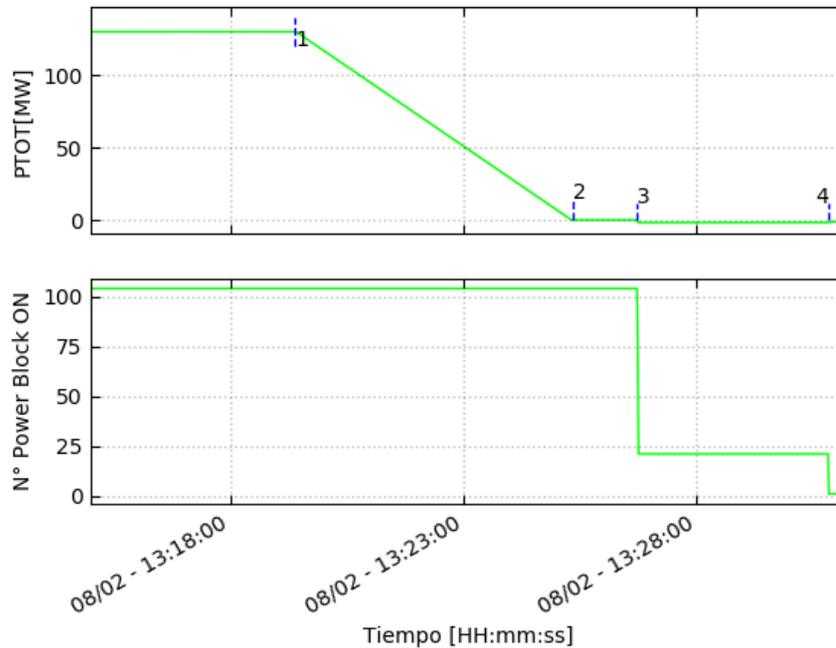


Figura 4.35 – Prueba 9 – Proceso de detención

A continuación, se presenta en la Tabla 4.29 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	13:19:23	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	13:25:20	5'57"	20.45
3. Orden de apagado a los inversores	13:26:43	5'57"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	13:30:50	10'04"	14.15
		TOTAL	34.6

Tabla 4.29 – Prueba 9 – Resumen del ensayo de proceso de detención



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	5'57"	20.83
3. Orden de apagado a los inversores	5'57"	0.0
4. Totalidad de los inversores apagados	10'04"	14.41
TOTAL		35.24

Tabla 4.30 – Prueba 9 – Resumen del proceso de detención



4.10.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del PF Andes Solar IIB + Expansión. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los inversores apagados
6. Operación a mínimo técnico
7. Orden de toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida considerando una subida de carga con gradiente de 22.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.36 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de toma de rampa a los inversores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 18 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida. Por otro lado, es posible notar que durante el arranque en este modo no logran encender todos los inversores, procediendo a la toma de carga con los disponibles, en este caso 52.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los inversores en 3.75 kW (ver Figura 3.15). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los inversores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 11.2 kW según se ha estimado en la sección 3.7. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times \text{Consumos propios} + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 52 \times 3.75 \text{ kW} + 11.2 \text{ kW} = 206.2 \text{ kW}$$



PF Andes Solar IIB + Expansión - Partida 9 - 08/feb

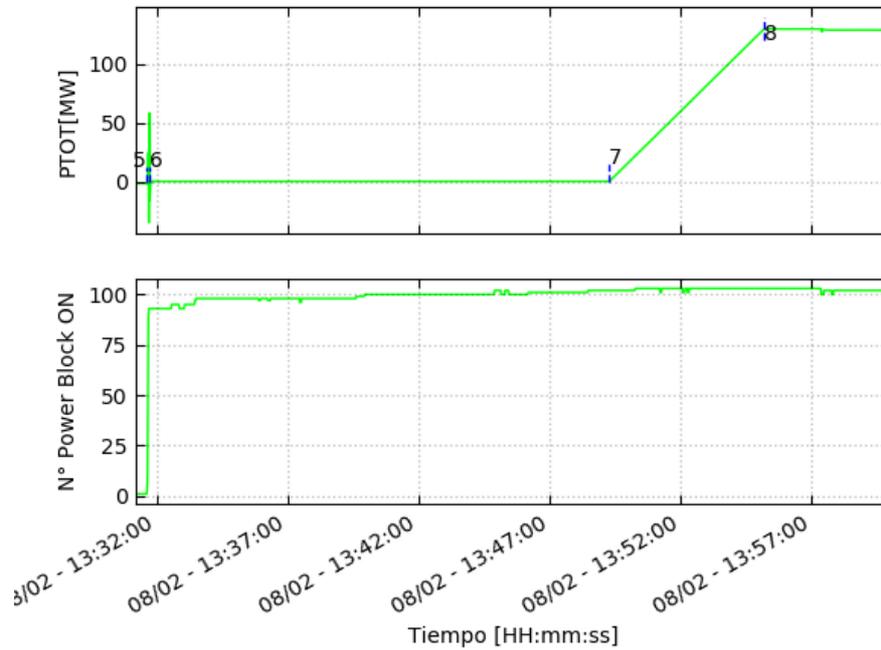


Figura 4.36 – Prueba 9 – Proceso de partida

A continuación, se presenta en la Tabla 4.31 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	13:31:37	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	13:31:43	0'06"	0.34
7. Orden de toma de carga	13:49:15	0'06"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	13:55:12	6'03"	20.45
TOTAL			20.79

Tabla 4.31 – Prueba 9 – Resumen del ensayo de proceso de partida



Según se presenta en el informe de potencia máxima el parque puede alcanzar una potencia máxima de 130 MW en la barra principal de 33 kV y la potencia de servicios auxiliares con la totalidad de equipos en servicio se ha estimado en 210 kW. Se procede a recalcular los tiempos y energía consumida según aplique.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los inversores apagados	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	0'06"	0.35
7. Orden de toma de carga	0'06"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	6'03"	20.83
TOTAL		21.18

Tabla 4.32 – Prueba 9 – Resumen del proceso de partida



4.11 Resumen de resultados

Finalmente se resumen los resultados completos de los procesos de partida y detención en las siguientes tablas. No se realiza detención entre la **Condición Fuera de Servicio** y el **Estado Apagado**, por lo tanto, no aplica la medición de tiempos ni el cálculo de energía eléctrica durante los hitos I) y VI) de las siguientes tablas.

Se presenta el resumen de resultados correspondientes a las pruebas realizadas considerando únicamente la generación a partir de los paneles fotovoltaicos y baterías, tanto para la operación del parque completo como para la operación a partir del inversor individual. Es decir, se presentan los resultados asociados a las siguientes pruebas:

- Prueba 1: Descarga (Escenario nocturno). Ver sección 4.1.1.
- Prueba 4: Generación fotovoltaica (Escenario diurno 1). Ver sección 4.1.4.
- Prueba 6: Desde 1 inversor hasta descarga nominal (Escenario nocturno). Ver sección 4.1.6.
- Prueba 7: Desde 1 inversor hasta generación nominal (Escenario diurno 1). Ver sección 4.1.7.

Cabe aclarar que el resto de las pruebas son de carácter adicional, solicitadas por el CEN con el fin de presentar la variabilidad operativa de la instalación.

Maniobra	Parámetro técnico	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
Arranque	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	N/A	0.23	41.71
	Duración del proceso [min]	N/A	0'04"	11'55"

Tabla 4.33 – Resumen de resultados – Partida – Prueba 1

Maniobra	Parámetro técnico	IV) Desde la operación a potencia nominal 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	VII) Operación mínima antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida
Detención	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	41.36	14.99	N/A	N/A
	Duración del proceso [min]	11'49"	4'17"	N/A	N/A

Tabla 4.34 – Resumen de resultados – Detención – Prueba 1



Maniobra	Parámetro técnico	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
Arranque	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	N/A	0.29	38.85
	Duración del proceso [min]	N/A	0'05"	11'06"

Tabla 4.35 – Resumen de resultados – Partida – Prueba 4

Maniobra	Parámetro técnico	IV) Desde la operación a potencia nominal 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	VII) Operación mínima antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida
Detención	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	40.60	0.23	N/A	N/A
	Duración del proceso [min]	11'36"	0'04"	N/A	N/A

Tabla 4.36 – Resumen de resultados – Detención – Prueba 4

Maniobra	Parámetro técnico	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
Arranque	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	N/A	1.48	41.30
	Duración del proceso [min]	N/A	5'56"	11'48"

Tabla 4.37 – Resumen de resultados – Partida – Prueba 6



Maniobra	Parámetro técnico	IV) Desde la operación a potencia nominal 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	VII) Operación mínima antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida
Detención	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	41.24	1.16	N/A	N/A
	Duración del proceso [min]	11'47"	4'40"	N/A	N/A

Tabla 4.38 – Resumen de resultados – Detención – Prueba 6

Maniobra	Parámetro técnico	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
Arranque	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	N/A	0.19	41.17
	Duración del proceso [min]	N/A	0'46"	11'46"

Tabla 4.39 – Resumen de resultados – Partida – Prueba 7

Maniobra	Parámetro técnico	IV) Desde la operación a potencia nominal 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	VII) Operación mínima antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida
Detención	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	42.46	3.8	N/A	N/A
	Duración del proceso [min]	12'08"	15'24"	N/A	N/A

Tabla 4.40 – Resumen de resultados – Detención – Prueba 7



No existen restricciones operativas con respecto al **Tiempo Mínimo de Operación** previo a iniciar un proceso de detención, por lo tanto, este valor es cero. Asimismo, no existen restricciones para realizar un arranque tras completar un proceso de detención, por lo tanto, el **Tiempo Mínimo de Detención** es cero.

Cabe mencionar que los resultados a nivel inversor son presentados de forma referencial con el objetivo de demostrar que el desempeño individual de cada equipo no impone límites a la operación conjunta de la instalación.



5 CONCLUSIONES

Se determinaron mediante ensayos los principales tiempos involucrados en los procesos de partida y detención del PF Andes Solar IIB + Expansión.

Tanto el tiempo de partida como el de detención se encuentran en el orden de lo esperado para este tipo de tecnología y según el sustento provisto por el fabricante. Asimismo, se verifica un reducido consumo de energía en estos procesos tal como se espera para este tipo de tecnología.

De igual forma, la cantidad y el tipo de combustibles para los procesos de Partida y Detención no aplican debido al tipo de tecnología.

No existen restricciones operativas con respecto al **Tiempo Mínimo de Operación** previo a iniciar un proceso de detención, por lo tanto, este valor es cero. Asimismo, no existen restricciones para realizar un arranque tras completar un proceso de detención, por lo tanto, el **Tiempo Mínimo de Detención** es cero.

Se presenta el resumen de resultados correspondientes a las pruebas realizadas considerando únicamente la generación a partir de los paneles fotovoltaicos y baterías, tanto para la operación del parque completo como para la operación a partir del inversor individual

Etapa	Parámetro	Inversor	Central
Partida – Sincronización	Consumo SSAA [kWh]	N/A	N/A
	Tiempo [minutos]	N/A	N/A
Sincronización – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [kWh]	0.19	0.29
	Tiempo [minutos]	0'46"	0'05"
Mínimo Técnico – Potencia Nominal	Consumo SSAA [kWh]	41.17	38.85
	Tiempo [minutos]	11'46"	11'06"

Figura 5.1 – Resumen de parámetros de partida – Paneles fotovoltaicos

Etapa	Parámetro	Inversor	Central
Potencia Nominal – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [kWh]	42.46	40.60
	Tiempo [minutos]	12'08"	11'36"
Mínimo Técnico – Desconexión	Consumo SSAA [kWh]	3.8	0.23
	Tiempo [minutos]	15'24"	0'04"

Figura 5.2 – Resumen de parámetros de detención – Paneles fotovoltaicos



Etapa	Parámetro	Inversor	Central
Partida – Sincronización	Consumo SSAA [kWh]	N/A	N/A
	Tiempo [minutos]	N/A	N/A
Sincronización – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [kWh]	1.48	0.23
	Tiempo [minutos]	5'56"	0'04"
Mínimo Técnico – Potencia Nominal	Consumo SSAA [kWh]	41.30	41.71
	Tiempo [minutos]	11'48"	11'55"

Figura 5.3 – Resumen de parámetros de partida – Baterías

Etapa	Parámetro	Inversor	Central
Potencia Nominal – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [kWh]	41.24	41.36
	Tiempo [minutos]	11'47"	11'49"
Mínimo Técnico – Desconexión	Consumo SSAA [kWh]	1.16	14.99
	Tiempo [minutos]	4'40"	4'17"

Figura 5.4 – Resumen de parámetros de detención – Baterías



6 ANEXOS

6.1 Certificado de calibración del medidor de energía

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN			
 ESTUDIOS ELECTRICOS			
Estudios Eléctricos declara que el instrumento:			
Instrumento	Número de Serie:	Última Calibración	
JANITZA UMG 512 Pro	4201/5361	9/5/2023	
<p>Fue calibrado siguiendo los lineamientos establecidos en el procedimiento EE-MP-2009-156_05 Control de Equipos habiéndose encontrado conforme y quedando habilitado para su uso.</p> <p>Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:</p>			
Instrumento Patrón	Número de Serie:	Última calibración	Próxima calibración
Valija de Inyección OMICRON CMC 256-6	JG677S	29/10/2021	29/10/2024

Fecha de evaluación: 9/5/2023
Certificado número: EE-CI-2023-0604

Nombre Inspector: Leiss, Jorge

Firma:





Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.