



INFORME DE DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PSFV WILLKA

Informe Técnico

Preparado para:



Enero – 2024

A 0950 | R 1040-23

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	2
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	3
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	4
REGISTRO DE COMUNICACIONES	5
SECCIÓN PRINCIPAL	6
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Definiciones y nomenclatura	6
2. MARCO NORMATIVO	7
3. DESCRIPCIÓN DEL PARQUE	7
3.1. Datos de los paneles solares.....	11
3.2. Datos de los inversores.....	12
3.3. Datos de los transformadores de bloque.....	13
3.4. Datos del transformador de potencia	14
3.5. Datos del sistema colector.....	14
4. ANTECEDENTES DE UNIDADES DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS	15
5. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS.....	16
6. TOMA DE REGISTROS DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN	16
7. RESULTADOS OBTENIDOS.....	16
7.1. Determinación del consumo de servicios auxiliares en la subestación.....	16
7.2. Parámetros de Partida y Detención a nivel parque	19
7.3. Parámetros de Partida y Detención a nivel inversor.....	22
8. CONCLUSIONES	24
ANEXOS.....	26
1. MEMORIA DE CÁLCULO DIMENSIONAMIENTO DE SSAA SE WILLKA	26

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1. Datos técnicos de los transformadores de bloque de dos arrollamientos.	13
Tabla 2. Datos técnicos de los transformadores de dos arrollamientos.....	14
Tabla 3. Datos técnicos del transformador de potencia.	14
Tabla 4. Proceso de Arranque en PSFV Meseta de los Andes.....	15
Tabla 5. Proceso de partida en el PSFV Meseta de los Andes.	15
Tabla 6. Estampas de tiempo para el proceso de partida y detención a nivel planta.	21
Tabla 7. Estampas de tiempo para el proceso de partida y detención a nivel inversor. ...	24
Tabla 8. Parámetros de partida del Parque Solar Fotovoltaico Willka.	25
Tabla 9. Parámetros de detención del Parque Solar Fotovoltaico Willka.....	25
Gráfico 1. Sistema equivalente de un parque fotovoltaico.	6
Gráfico 2. Ubicación geográfica del PSFV Willka.	8
Gráfico 3. Esquema unilineal de la SE Willka.	9
Gráfico 4. Esquema unilineal del sistema colector.	10
Gráfico 5. Características técnicas de los paneles solares.....	11
Gráfico 6. Características generales de los inversores.....	12
Gráfico 7. Curva de capacidad de los inversores.	13
Gráfico 8. Listado de circuitos colectores y su conformación.....	14
Gráfico 9. Consumo de servicio auxiliares AC esenciales.	17
Gráfico 10. Potencia activa durante el proceso de partida y detención del parque fotovoltaico.....	20
Gráfico 11. Detalle del proceso de detención para el parque completo.....	20
Gráfico 12. Detalle del proceso de partida para el parque completo.....	21
Gráfico 13. Potencia activa durante el proceso de partida y detención a nivel inversor..	22
Gráfico 14. Detalle del proceso de detención a nivel inversor.	23
Gráfico 15. Detalle del proceso de arranque a nivel inversor.	23

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
CNE	Comisión Nacional de Energía
ERNC	Energía Renovables No Convencional
NTSyCS	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio
NT SSMM	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio para Sistemas Medianos
PE	Parque Eólico
PSFV	Parque Solar Fotovoltaico
SET	Subestación Eléctrica
AT	Alta tensión
MT	Media tensión
BT	Baja tensión
ONAN	Oil Natural Air Natural
ONAF	Oil Natural Air Forced
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
RCB	Regulador Bajo Carga
PMU	Power Management Unit

REGISTRO DE COMUNICACIONES

Registro de las actividades, comunicaciones y aprobación de informes.

N°	Fecha dd/mm/año	Preparó	Revisó	Aprobó	Observaciones
1	17/12/2023	FG	FM	FM	Emisión Original
2	30/01/2024	FG	FM	FM	Atención observaciones CEN

SECCIÓN PRINCIPAL

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se exhiben los resultados obtenidos en los ensayos de campo realizados en el Parque Solar Fotovoltaico Willka, durante el día 14 de noviembre de 2023, en relación con el proceso de determinación de los parámetros de partida y detención de la planta.

1.1. Definiciones y nomenclatura

En el siguiente gráfico se muestra un sistema equivalente de conexión de un parque eólico, el cual nos permite identificar y definir los siguientes elementos:

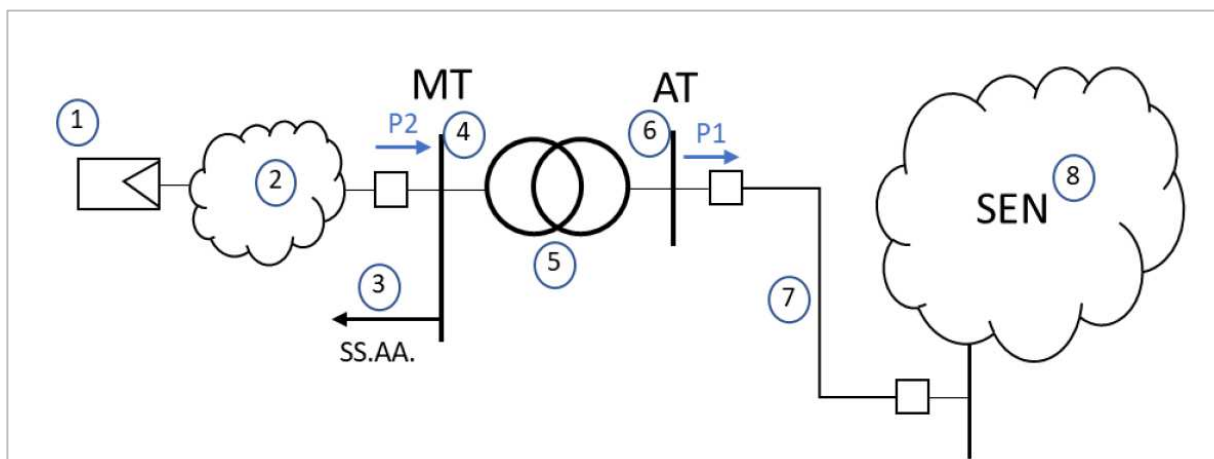


Gráfico 1. Sistema equivalente de un parque fotovoltaico.

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.): Corresponde al consumo de servicios auxiliares de la subestación eléctrica de la planta sumados a los servicios auxiliares de los inversores.

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).

De acuerdo con las definiciones anteriores se considera la siguiente nomenclatura:

- P1: Potencia activa inyectada en la barra de AT del Parque. Este valor corresponde a la Potencia Neta del Parque (P_{neto}).
- P2: Potencia activa inyectada en el lado de media tensión del parque.
- P_{bruta}: Suma de los aportes de potencia activa de los inversores en el lado baja tensión (BT) del parque (en correspondencia con el punto 1 del Gráfico 1).
- P_{perd}: Potencia de pérdidas en la línea de transmisión (ver punto 7 del Gráfico 1).
- P_{trafo}: Pérdidas activas en el transformador de potencia del parque.
- P_{ssa}: Potencia de servicios auxiliares del parque.
- P_{colector}: Pérdidas en el sistema colector del parque (ver punto 2 del Gráfico 1).

1.2. Marco normativo

Las pruebas realizadas se programaron en base al ANEXO TÉCNICO de la NTSyCS "Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras", y permitieron determinar los tiempos de partida y de detención y la provisión al CEN de la información requerida por el Artículo 10 del Anexo Técnico:

- Información técnica, recomendaciones del fabricante y antecedentes, etc.
- Antecedentes de la operación de la unidad, registros, etc.
- Antecedentes técnicos que respalden el comportamiento esperado o desempeño registrado.

Los datos más importantes relevados son:

- Los tiempos desde el ingreso del parque hasta llegar al mínimo técnico y desde ese punto a máxima potencia y la tasa de incremento de la generación (MW/min).
- El tiempo mínimo de operación para su detención y la tasa de reducción de la generación (MW/min).

2. DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El PSFV Willka se encuentra emplazado en la región de Arica y Parinacota en la zona norte de Chile. Está formado por 26 Inversores marca Power Electronics, modelo HEMK GEN 3 660 V – FS4200K de una capacidad nominal de 4,2 MVA cada uno, siendo la potencia instalada de 109,2 MVA (26 * 4,2 MVA). La Potencia Neta comprometida en el punto de conexión es de 98 MW. En el Gráfico 7 se muestra la curva de capacidad PQ de los Inversores.

Los 26 inversores se distribuyen en 15 centros de transformación de los cuales 11 contienen 2 inversores cada uno y el resto está formado por un inversor. La distribución en media tensión se realiza mediante un sistema colector desarrollado en 33 kV formado por 5 circuitos que colectan la potencia de los 15 centros de transformación. Los centros de transformación formados por dos inversores se conectan a la red mediante transformadores de 3 arrollamientos de 33/0,66/0,66 kV de una potencia de 8,4/4,2/4,2 MVA. Los centros de transformación formados por un inversor se conectan a

la red de media tensión mediante transformadores de dos arrollamientos de 33/0.66 kV y una potencia de 4,2 MVA.

Los circuitos colectores acometen a la barra de 33 kV del transformador de potencia de 220/33 kV, 90/120 MVA (ONAN/ONAF), de la SE Willka.

El punto de conexión del PSFV es en la barra de 220 kV de la SE Willka. El PSFV se conecta al sistema eléctrico a través de una línea 220 kV de 18 km de longitud entre la SE Willka y la SE Parinacota.

En el Gráfico 2 se muestra la ubicación geográfica del parque, en el Gráfico 3 el esquema unilineal de la SE Willka y en el Gráfico 4 muestra un esquema unilineal del sistema colector en 33 kV.

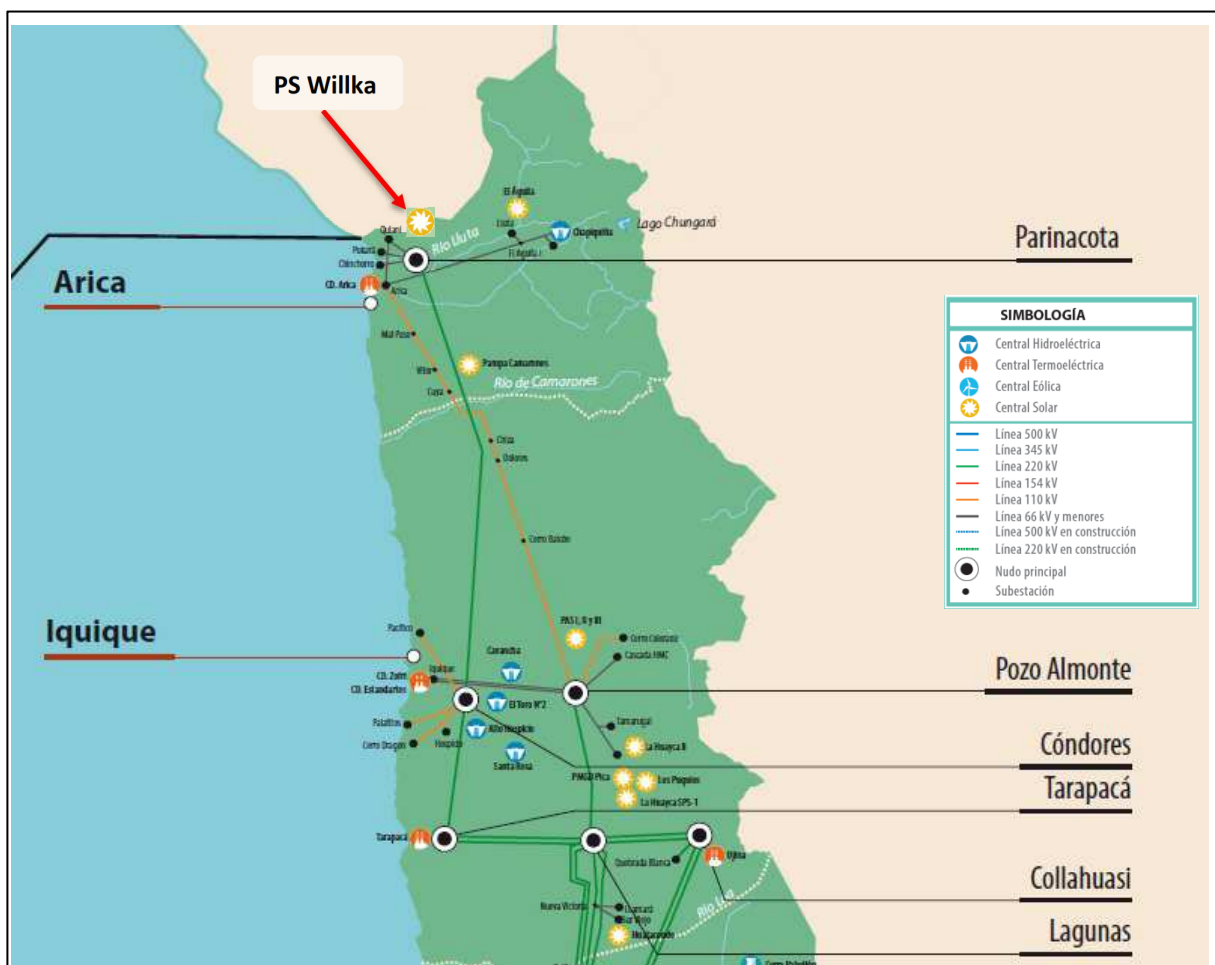


Gráfico 2. Ubicación geográfica del PSFV Willka.

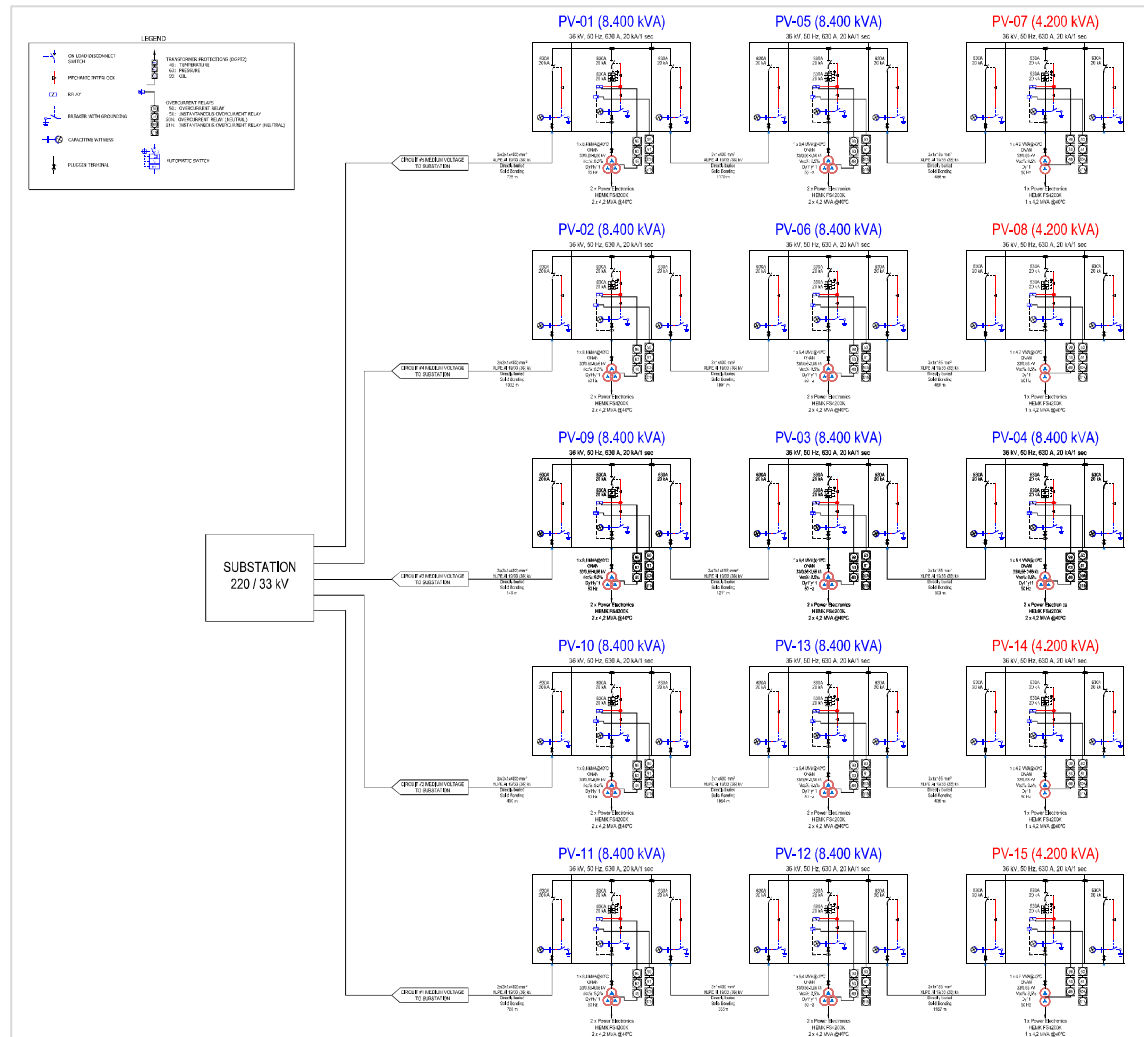


Gráfico 4. Esquema unilineal del sistema colector.

2.1. Datos de los paneles solares

Los paneles solares del PSFV Willka son de marca Jinko Solar y sus principales características se muestran a continuación:

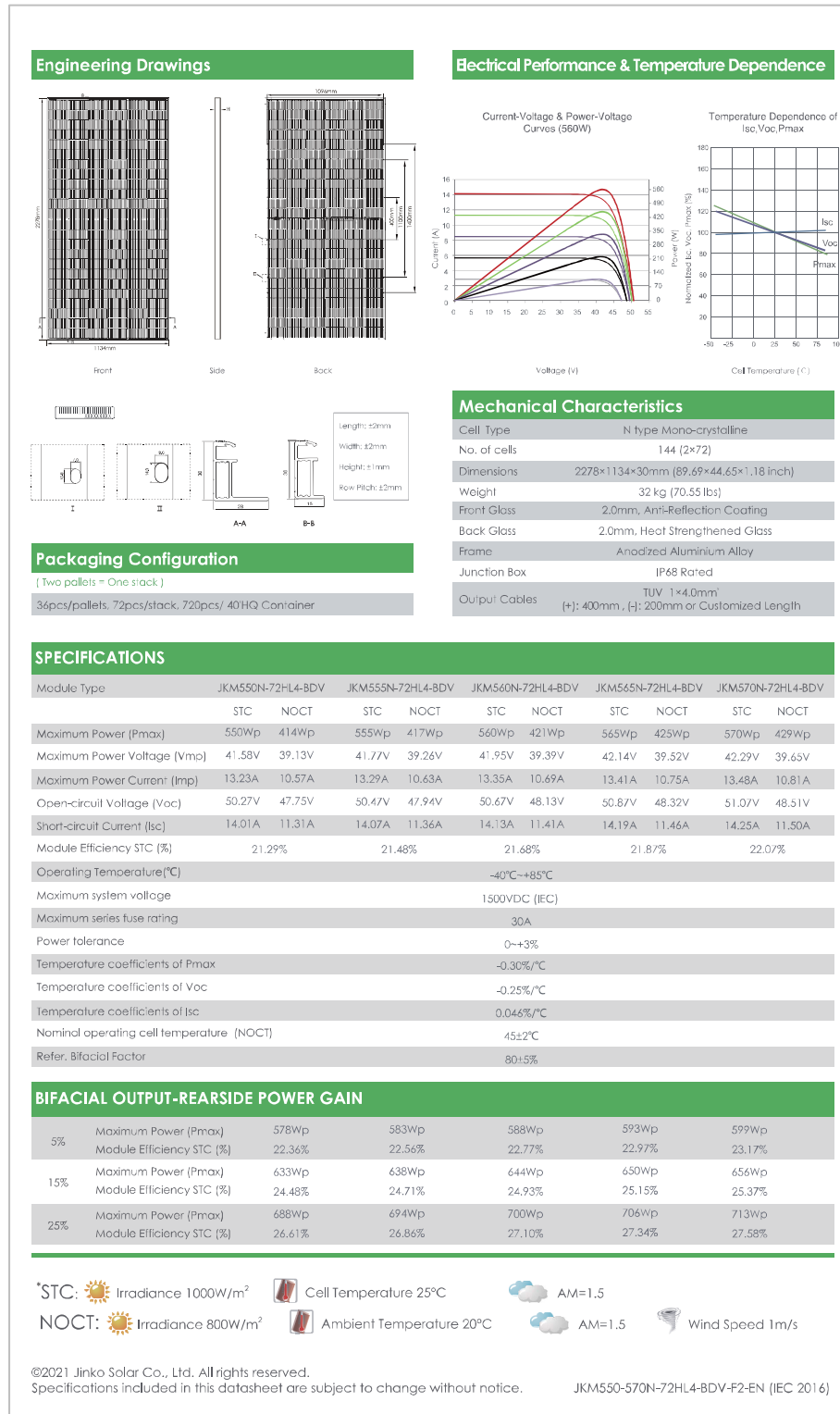


Gráfico 5. Características técnicas de los paneles solares.

2.2. Datos de los inversores

El parque solar fotovoltaico Willka cuenta con 26 inversores marca Power Electronics modelo HEMK GEN 3 660V – FS4200K, cuyas características técnicas se muestran en la siguiente figura:

	FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4	
REFERENCES	FS2101K	FS3151K	FS4200K	
OUTPUT	AC Output Power (kVA/kW) @40°C ^[1]	2100	3150	
	AC Output Power (kVA/kW) @50°C ^[1]	1950	2925	
	Max. AC Output Current (A) @40°C	1837	2756	
	Operating Grid Voltage (VAC)	660V ±10%		
	Operating Grid Frequency (Hz)	50/60Hz		
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519		
Power Factor (cosine phi) ^[2]	0.5 leading ... 0.5 lagging adjustable / Reactive power injection at night			
INPUT	DC Voltage Range ^[3]	934V - 1500V		
	Maximum DC Voltage	1500V		
	Number of Inputs	Up to 20	Up to 30	Up to 40
	Max. DC Continuous Current (A) ^[4]	2295	3443	4590
	Max. DC Short Circuit Current (A) ^[4]	3470	5205	6940
	Number of MPPT (floating systems)	1	1	1, optionally 2 or 4
EFFICIENCY	Number of Freemaq DC/DC ^[4]	Up to 2 (Bus Plus Basic) or 4 (Bus Plus Advanced)		
	Efficiency (Max) (η)	98.81%	98.84%	98.90%
CABINET	Euroeta (η)	98.45%	98.48%	98.65%
	Dimensions [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.6 x 7.2		
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Weight (lbs)	11465	11795	12125
ENVIROMENT	Weight (kg)	5200	5350	5500
	Type of Ventilation	Forced air cooling		
	Degree of Protection	NEMA 3R / IP55		
	Permissible Ambient Temperature ^[5]	-25°C to +60°C, >50°C / Active Power derating		
	Relative Humidity	4% to 100% non-condensing		
CONTROL INTERFACE	Max. Altitude (above sea level)	2000m / >2000m power derating (Max. 4000m)		
	Communication Protocol	Modbus TCP		
PROTECTIONS	Power Plant Controller	Optional		
	Keyed ON/OFF Switch	Standard		
	Ground Fault Protection	GFDI and isolation monitoring device		
	Humidity Control	Active heating		
	General AC Protection & Disconn.	Circuit breaker		
	General DC Protection & Disconn.	Fuses, DC switch-disconnectors		
CERTIFICATIONS & STANDARDS	Overvoltage Protection	Type 2 protection for AC and DC (optionally, Type 1+2)		
	Safety	UL 1741 / CSA 22.2 No.107.1-16 / IEC 62109-1 / IEC 62109-2		
	Installation	NEC 2020 / IEC		
Utility Interconnect	IEEE 1547:2018 / UL 1741 SB / IEC 62116:2014			

Gráfico 6. Características generales de los inversores.

El consumo máximo de potencia en operación es de $P_{SSAA\ INV} = 10\ kW$ según lo manifestado por el fabricante y se utilizará este valor en el cálculo de los servicios auxiliares del parque.

La curva de capacidad de los inversores se muestra a continuación:

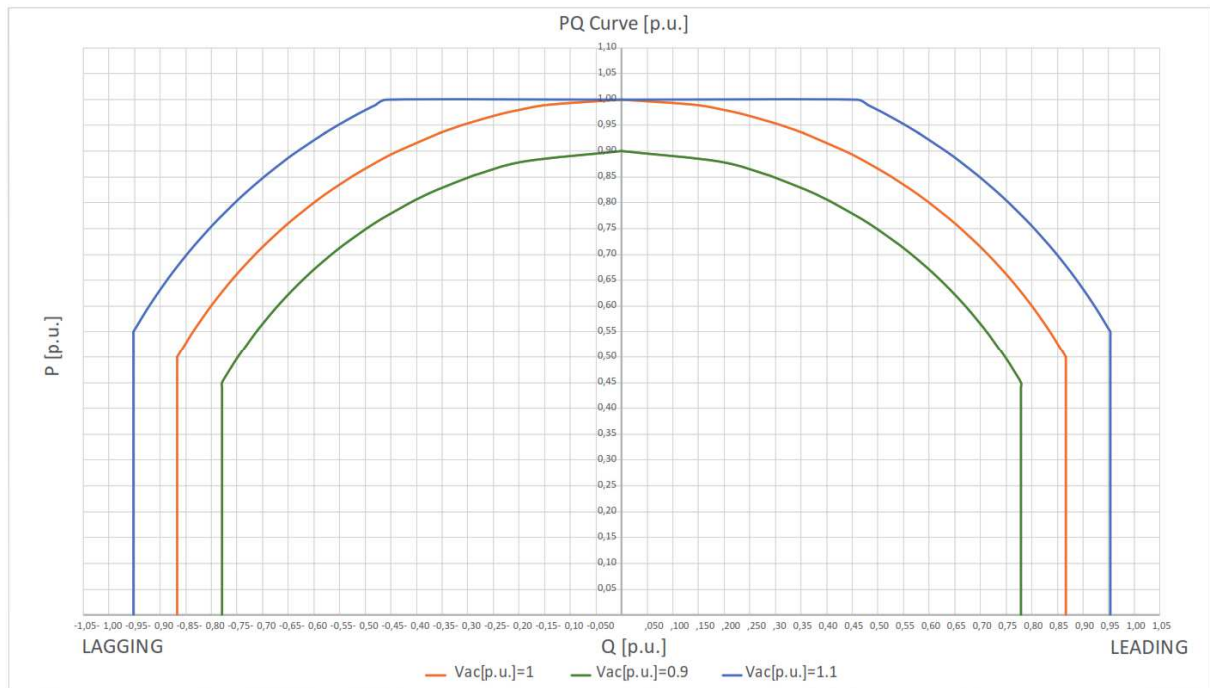


Gráfico 7. Curva de capacidad de los inversores.

2.3. Datos de los transformadores de bloque

La instalación cuenta con 11 transformadores elevadores de tres arrollamientos y 4 de dos arrollamientos que inyectan la potencia generada de los inversores hacia la red colectora de media tensión. Los datos técnicos se detallan a continuación:

Tabla 1. Datos técnicos de los transformadores de bloque de dos arrollamientos.

Parámetro	Valor
Potencia Nominal lado HV	8.4 MVA
Potencia Nominal lado MV	4.2
Potencia Nominal lado LV	4.2
Refrigeración	ONAN
Frecuencia Nominal	50 Hz
Tensión nominal lado HV	33 kV
Tensión nominal lado MV	0.66 kV
Tensión nominal lado LV	0.66 kV
Tipo de conexión	D0y11y11
Impedancia de corto circuito (HV-MV)	3.89%
Impedancia de corto circuito (MV-LV)	7.25%
Impedancia de corto circuito (LV-HV)	3.89 %
Perdidas en carga (HV-MV)	27 kW
Perdidas en carga (MV-LV)	34.5 kW
Perdidas en carga (LV-HV)	27 kW
Pérdidas de vacío	7.2 kW
Posiciones de Tap	±2x2.5%

Tabla 2. Datos técnicos de los transformadores de dos arrollamientos.

Parámetro	Valor
Potencia Nominal	4.2 MVA
Refrigeración	ONAN
Frecuencia Nominal	50 Hz
Tensión nominal lado HV	33 kV
Tensión nominal lado LV	0.66 kV
Tipo de conexión	Dy11
Impedancia de corto circuito	8.5 %
Perdidas en carga	33.5 kW
Pérdidas de vacío	3.55 kW
Posiciones de Tap	±2x2.5%

2.4. Datos del transformador de potencia

Las características más importantes del transformador de potencia se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Datos técnicos del transformador de potencia.

Parámetro	Valor
Potencia Nominal	120 MVA
Refrigeración	ONAFF
Frecuencia Nominal	50 Hz
Tensión nominal lado HV	220 kV
Tensión nominal lado LV	33 kV
Tipo de conexión	Ynd1
Impedancia de corto circuito	12.51%
Perdidas en carga	287.82 kW
Pérdidas de vacío	54.75 kW
Posiciones de Tap	±11x1.5%

2.5. Datos del sistema colector

La red colectora cuenta con conductores de 185mm² y 400mm², todos conformados por ternas unipolares. Las características de distancias y distribución en circuitos colectores se muestran a continuación:

Circuito	Tramo	Long [km]	Cantidad y Secc [mm ²]	Circuito	Tramo	Long [km]	Cantidad y Secc [mm ²]
1	SE-PV11	0.78	2x400	4	SE-PV02	1.032	2x400
	PV11-PV12	0.335	1x400		PV02-PV06	1.091	1x400
	PV12-PV15	1.187	1x185		PV06-PV08	0.469	1x185
2	SE-PV10	0.49	2x400	5	SE-PV01	0.735	2x400
	PV10-PV13	1.084	1x400		PV01-PV05	1.170	1x400
	PV13-PV14	0.436	1x185		PV05-PV07	0.486	1x185
3	SE-PV09	0.149	2x400				
	PV09-PV03	1.211	2x185				
	PV03-PV04	0.303	1x185				

Gráfico 8. Listado de circuitos colectores y su conformación.

3. ANTECEDENTES DE UNIDADES DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS

El PSFV Willka presentó parámetros de desempeño equivalentes al PSFV Meseta de los Andes cuyos parámetros más relevantes se muestran a continuación¹:

Tabla 4. Proceso de Arranque en PSFV Meseta de los Andes.

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
Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A
Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	N/A	2.53	39.93
Duración del proceso [min]	N/A	0'19"	5'00"

Tabla 5. Proceso de partida en el PSFV Meseta de los Andes.

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
Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A	N/A
Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	39.4	0.27	N/A	N/A
Duración del proceso [min]	4'56"	0'02"	N/A	N/A

¹ <https://infotecnica.coordinador.cl/instalaciones/unidades-generadoras>

4. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

De acuerdo con el Anexo Técnico "Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras", el Proceso de Partida es aquel que permite llevar la unidad desde el estado de apagado hasta su estado de mínimo técnico, inyectando energía al SI de manera segura y estable. Por otro lado, el proceso de Detención se establece entre el estado de mínimo técnico de la unidad hasta que la misma se encuentra en estado de apagado, sin entregar energía al SI.

Para la realización de los ensayos se consideró el proceso de partida y detención de la planta completa y luego se repitió el proceso considerando un inversor operativo (que en el caso del PSFV Willka fue el INV14).

Para el caso del proceso de partida, partiendo del estado de apagado (potencia nula), se le dio la consigna de mínimo técnico y una vez alcanzado este punto se envió la consigna de potencia máxima. En el caso del proceso de detención, partiendo del estado de potencia máxima disponible se envió la consigna de potencia mínima y luego de alcanzado este punto se envió la consigna de pausa registrando la evolución de las variables de interés en todo el proceso.

5. TOMA DE REGISTROS DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

Para la realización de este ensayo parámetros de partida y detención se emplearon los registros propios de la central extraídos desde el control de planta (PPC). Los registros temporales empleados tienen una resolución de 1 segundo.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

6.1. Determinación del consumo de servicios auxiliares en la subestación

En el documento "RI-4000209-CP-MC-001_R0 - MC Dimensionamiento SSAA SE Willka 220-33kV" se detalla el dimensionamiento de las cargas de corriente alterna (AC) y corriente continua (DC) de los servicios auxiliares de la planta. Un resumen de esto puede verse en los gráficos siguientes:

SS/AA Esenciales (380/220VCA)												
ITEM	Cant	Fases	Pot. Unit. [W]	Pot. Total [W]	Factor de Demanda	Pot. Fase R [kW]	Pot. Fase S [kW]	Pot. Fase T [kW]	Factor de Potencia	Pot. Fase R [kVA]	Pot. Fase S [kVA]	Pot. Fase T [kVA]
Sala Servicios Generales												
Cargador de batería N°1 110Vcc	1	3	6250	6250	0,5	1,04	1,04	1,04	0,9	1,16	1,16	1,16
Cargador de batería N°2 110Vcc	1	3	6250	6250	0,5	1,04	1,04	1,04	0,9	1,16	1,16	1,16
Motor CTBC Transformador	1	3	2200	2200	1	0,73	0,73	0,73	0,9	0,81	0,81	0,81
Motor Desconector	1	3	370	370	1	0,12	0,12	0,12	0,9	0,14	0,14	0,14
Tablero de sist. Detección y alarma de incendios	1	1	500	500	1	0,50			0,9	0,56		
Armario Scada PV	1	1	3000	3000	1		3,00		0,9		3,33	
Armario CCTV PV	1	1	6000	6000	1			6,00	0,9			6,67
Armario Telecomunicaciones	1	1	3000	3000	1	3,00			0,9	3,33		
UPS for MV Switchgear panel (CB Motors)	1	3	10000	10000	0,8	2,67	2,67	2,67	0,9	2,96	2,96	2,96
Sistema de videovigilancia	1	1	2000	2000	1		2,00		0,9		2,22	
Alimentación TDA y F Patio Barra Esencial	1	3	1950	1950	0,85	0,55	0,55	0,55	0,9	0,61	0,61	0,61
Alimentación TDAyF Sala Barra Esencial	1	3	285	285	0,85	0,08	0,08	0,08	0,9	0,09	0,09	0,09
Subtotal Casa de SSG - 220kV	12		41805	41805		9,74	11,24	12,24		10,82	12,49	13,60
Subtotal [kW - kVA]						9,74	11,24	12,24		10,82	12,49	13,60
Factor crecimiento (15%)						1,46	1,69	1,84		1,62	1,87	2,04
Total Servicios Esenciales [kW - kVA]						11,20	12,93	14,08		12,45	14,36	15,64

Gráfico 9. Consumo de servicio auxiliares AC esenciales.

De lo anterior se tiene una carga trifásica total para los servicios SSAA de AC esenciales de **38,21 kW**.

Cargas permanentes (125Vcc)			
Descripción de las Cargas	Cantidad	Consumo (W)	Total W
Armario Protección Transformador (=T1+PROT)			
Protección de Transformador 87T 7UT8	1	25	25
Protección sobreintensidad 50/50N 7SJ8	2	25	50
Relés Auxiliares (RF-4 Monostable)	8	6	48
Relés Auxiliares (BJ-8R Biestable)	2	35,5	71
Subtotal			194
Armario Protección Línea (=JT1+PROT)			
Protección de Línea 87L 7SL8	2	25	50
Relés Auxiliares (RF-4 Monostable)	15	6	90
Relés Auxiliares (BJ-8R Biestable)	3	35,5	106,5
Relés Auxiliares (VDJ-30 Supervisión Bobina)	2	3,63	7,26
Subtotal			253,76
Armario Control y Medida (=JT1+CTRL)			
Controlador de paño 6MD8	2	25	50
Facturador Línea SEL-735A	1	25	25
Switch de comunicaciones IS5-iRBX6GF	1	35	35
Relés Auxiliares (RF-4 Monostable)	5	6	30
Subtotal			140
Armario Control de Servicios Auxiliares (=SSAA+CTRL)			
Controlador de SSAA 6MD8	1	30	30
Medidor de SSAA SEL-735A	2	10	20
Subtotal			50
Armario Comunicaciones y Scada (=RTU+HMI)			
RTU SICAM Gateway A8050	1	45	45
Router IS5-IMX950	1	35	35
GPS HEPTA 8030	1	40	40
HMI SICAM SCC	1	150	150
Switch de comunicaciones IS5-IES28GF	2	35	70
Servidor SLRP	1	35	35

Subtotal			375
Switchgear 33kV			
Protección de celda 7SJ8	7	25	175
Switch de comunicaciones IS5-iRBX6GF	1	35	35
Subtotal			210
Transformador de poder			
Regulador de tensión SEL-2440	1	30	30
Control Ventiladores	1	250	250
Control CTBC	1	200	200
Subtotal			480

Armario Teleprotecciones OPGW-OPLAT Hacia SE Parinacota			
Convertor 125/48Vcc	1	500	500
Subtotal			500

De lo anterior se tiene un consumo de SSAA de DC permanente de:

$$\begin{aligned}
 \text{TOTAL CONSUMOS PERMANENTES DC} \\
 &= 194 \text{ W} + 253,76 \text{ W} + 140 \text{ W} + 50 \text{ W} + 375 \text{ W} + 210 \text{ W} + 480 \text{ W} + 500 \text{ W} \\
 &= 2.202,76 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Para las pruebas de parámetros de partida y detención a nivel planta se ha considerado los servicios esenciales de corriente alterna y las cargas permanentes de corriente continua por lo que el consumo de servicios auxiliares de la subestación queda determinado como:

$$P_{SSAA SE} = 38,21 \text{ kW} + 2,20276 \text{ kW} = 40,41276 \text{ kW}$$

La Potencia de Servicios Auxiliares corresponde a la suma de los consumos propios del inversor en operación en más los Servicios Auxiliares del parque:

$$P_{SSAA} = P_{SSAA SE} + N^{\circ} \text{ INV } op \times P_{SSAA INV}$$

Para el caso de los ensayos de partida y detención considerando el parque completo se tiene:

$$P_{SSAA} = 40,41276 \text{ kW} + 26 \times 10 \text{ kW} = 300,41 \text{ kW}$$

En el caso de los ensayos de partida y detención considerando un inversor en funcionamiento el consumo de servicios auxiliares queda determinado como sigue:

$$P_{SSAA} = 0 \text{ kW} + 1 \times 10 \text{ kW} = 10 \text{ kW}$$

6.2. Parámetros de Partida y Detención a nivel parque

Se obtuvieron registros de potencia activa en el punto de conexión del PSFV Willka (sobre la barra de 220 kV de la SE Willka). El proceso de partida y detención sobre el parque completo se efectuó durante el martes 14/11/2023, cambiando las consignas de producción por medio del control de planta del parque. La evolución de la potencia activa durante el proceso se muestra a continuación:

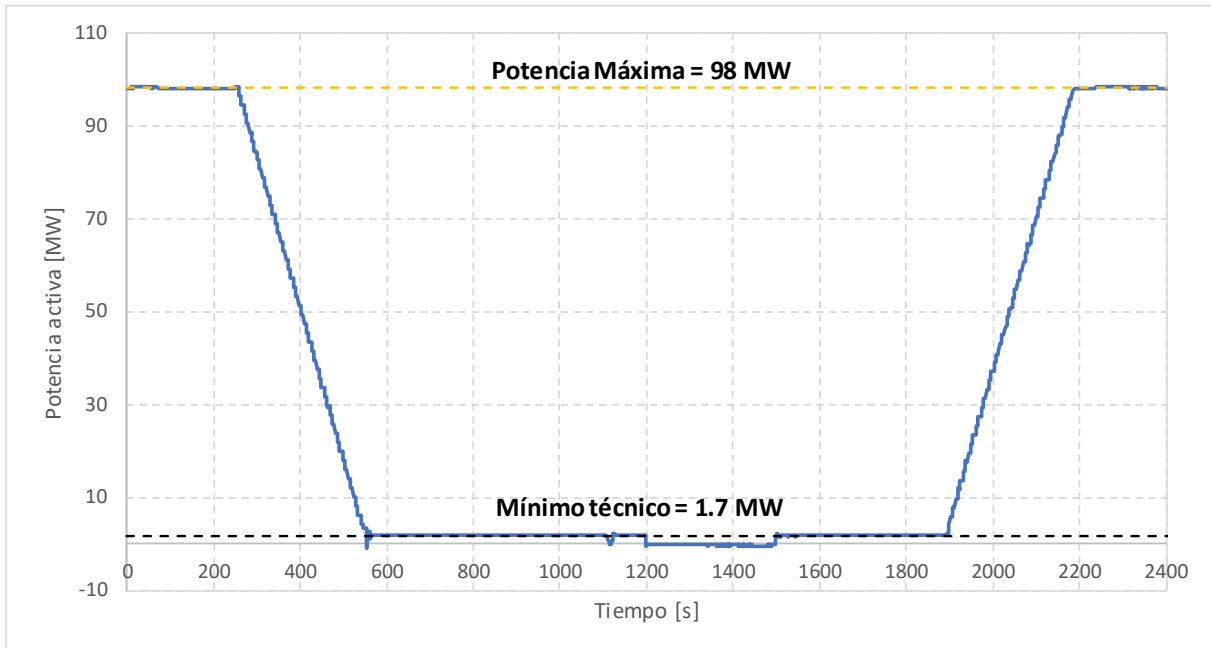


Gráfico 10. Potencia activa durante el proceso de partida y detención del parque fotovoltaico.

El detalle del proceso de partida y detención se muestra en los gráficos siguientes:

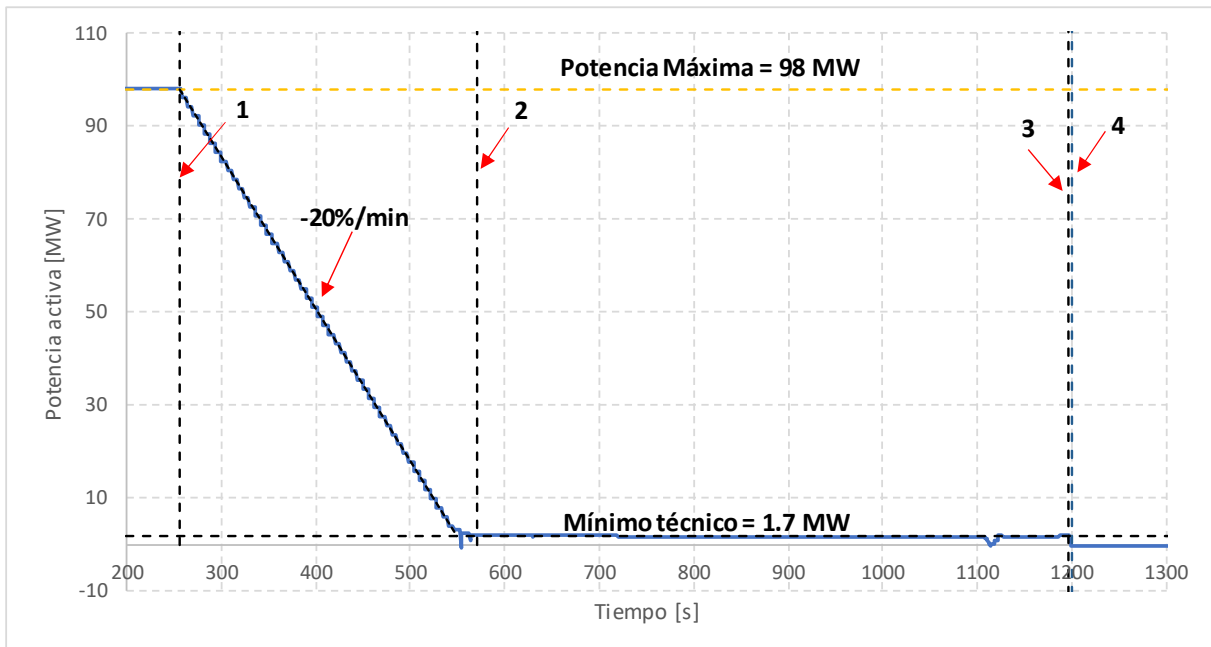


Gráfico 11. Detalle del proceso de detención para el parque completo.

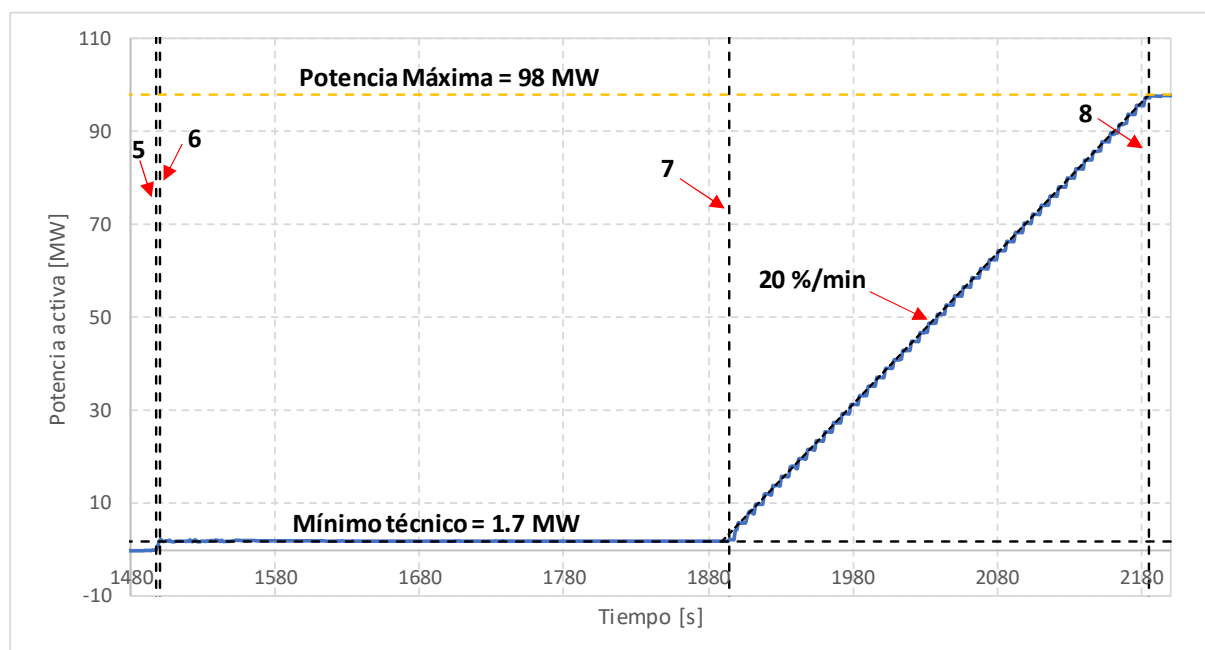


Gráfico 12. Detalle del proceso de partida para el parque completo.

A partir de los gráficos anteriores pueden verificarse los hitos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Estampas de tiempo para el proceso de partida y detención a nivel planta.

ítem	Evento	Tiempo [hh:mm:ss]
1	Orden de mínimo técnico	14:04:15
2	Llegada a mínimo técnico (detención)	14:09:30
3	Orden de detención	14:19:57
4	Detención de unidades	14:20:00
5	Orden de partida	14:24:58
6	Llegada a mínimo técnico (partida)	14:25:00
7	Orden de Potencia máxima	14:31:35
8	Llegada a potencia máxima	14:36:25

Durante el proceso de detención hasta mínimo técnico se observó que la planta reduce su potencia con una tasa de $-20\ \%/min$, cumpliendo así con la tasa configurada en el control de potencia activa del control de planta. El mismo valor de pendiente ($+20\ \%/min$) se verifica durante el proceso de partida desde mínimo técnico hasta potencia máxima.

Para el proceso de detención, se establece el tiempo mínimo de operación (TMO) en cero. Es decir, no existen restricciones de tiempo de operación antes de dar inicio al proceso de detención. Adicional a lo anterior, no existen restricciones operativas para dar el comando de detención una vez alcanzado el mínimo técnico. Una vez alcanzado el mínimo técnico se dejó en esta condición aproximadamente 10 minutos para verificar la estabilidad de las variables y no se considera este tiempo como parte del proceso.

Para el proceso de partida, se establece el Tiempo Mínimo de Detención (TMD) en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida de la planta tras el proceso de detención. Adicional a lo anterior, no existen restricciones operativas para dar el comando de partida una vez alcanzado el mínimo técnico. Una vez alcanzado el mínimo técnico se dejó en esta condición aproximadamente 15 minutos para verificar la estabilidad de las variables y no se considera este tiempo como parte del proceso.

6.3. Parámetros de Partida y Detención a nivel inversor

Se obtuvieron registros de potencia activa en bornes del inversor INV 14 (inversor más lejano). El proceso de partida y detención a nivel inversor se efectuó durante el martes 14/11/2023, cambiando la consigna de potencia activa del inversor a través del modo local. La evolución de la potencia activa durante el proceso se muestra a continuación:

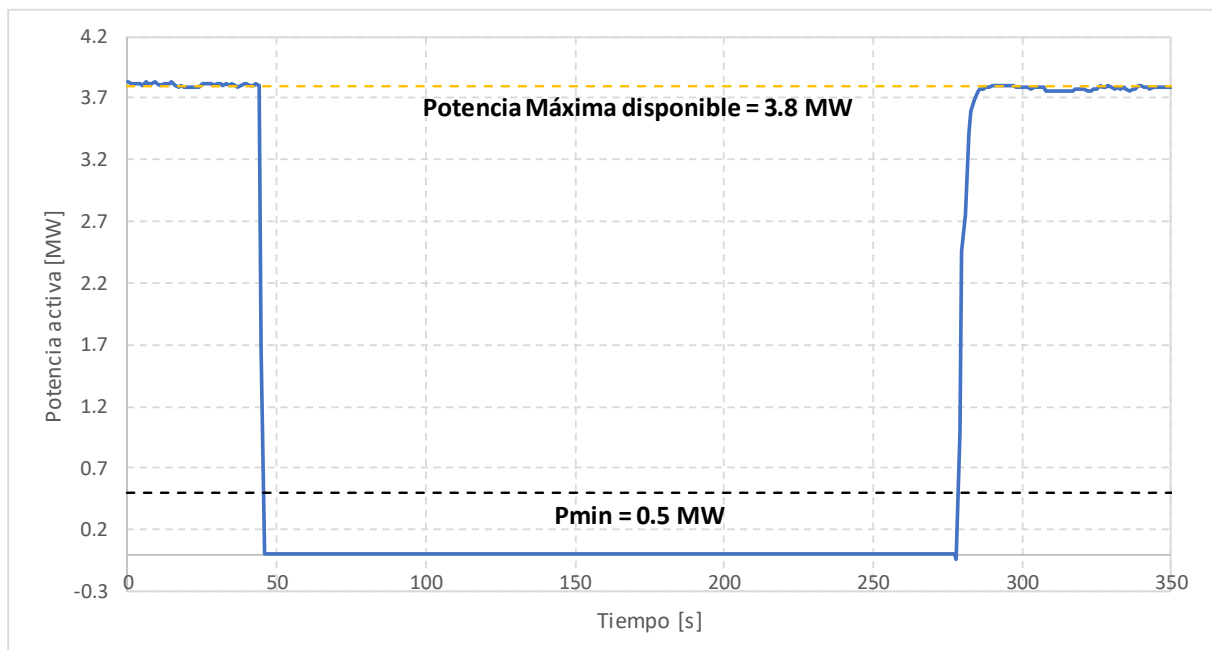


Gráfico 13. Potencia activa durante el proceso de partida y detención a nivel inversor.

El detalle del proceso de partida y detención se muestra en los gráficos siguientes:

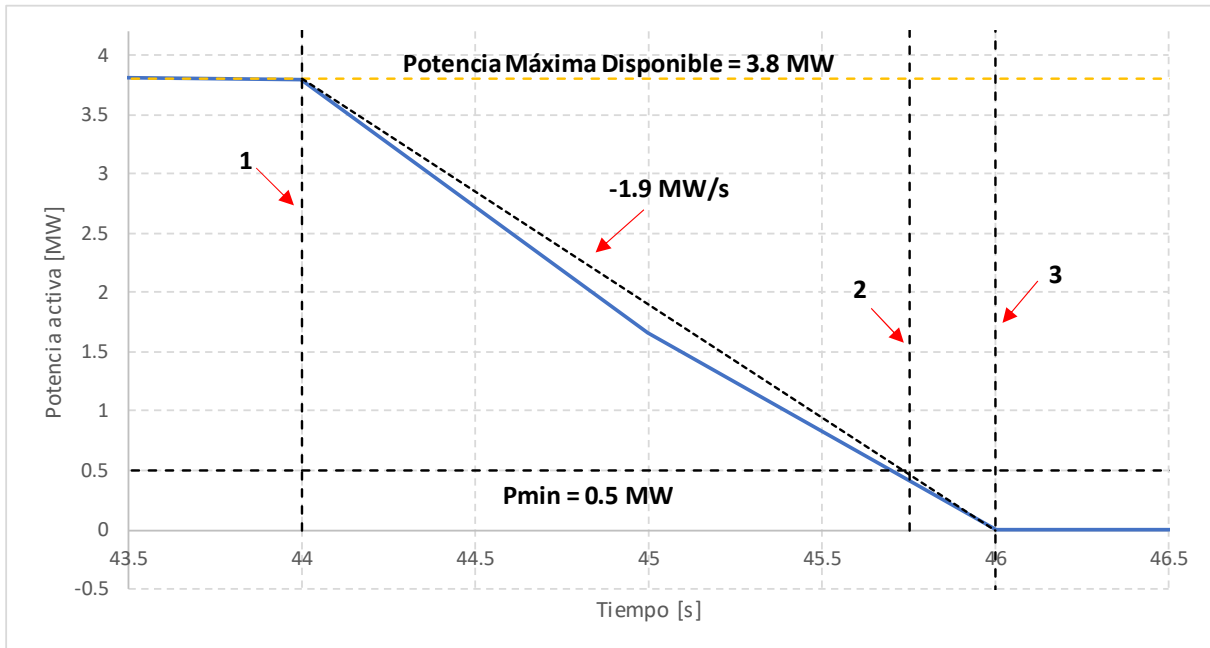


Gráfico 14. Detalle del proceso de detención a nivel inversor.

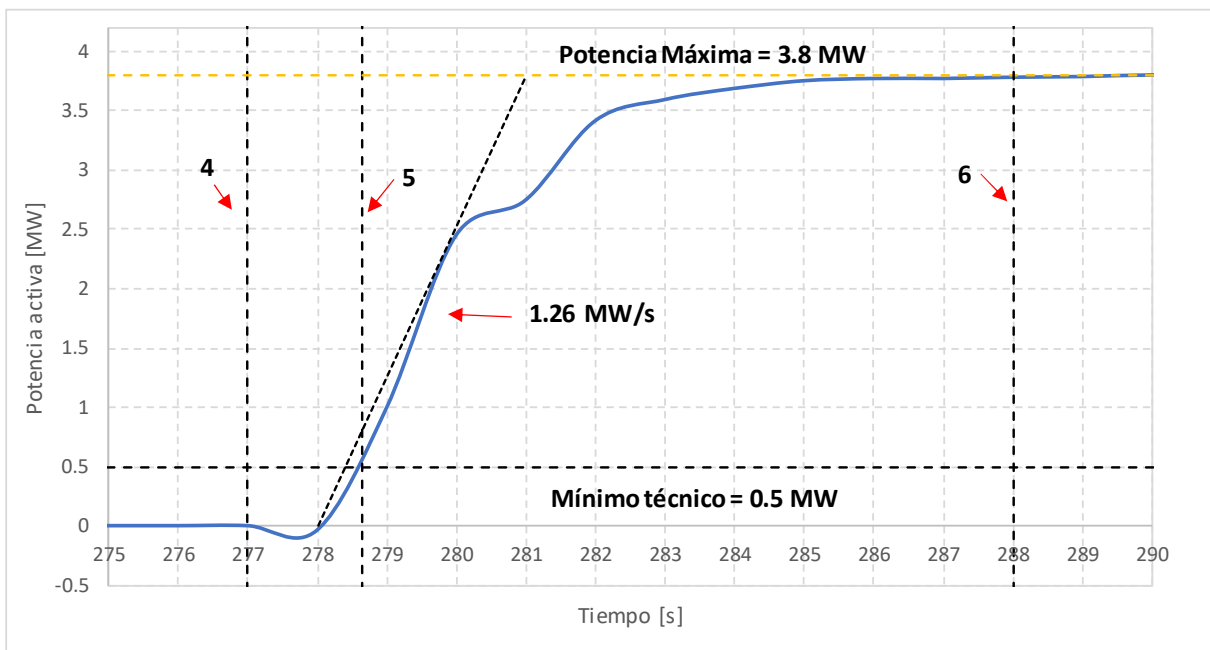


Gráfico 15. Detalle del proceso de arranque a nivel inversor.

A partir de los gráficos anteriores pueden verificarse los hitos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Estampas de tiempo para el proceso de partida y detención a nivel inversor.

ítem	Evento	Tiempo [hh:mm:ss]
1	Orden de detención	16:20:48
2	Llegada a mínimo técnico (detención)	16:20:49
3	Detención del inversor	16:20:51
4	Orden de arranque	16:25:33
5	Llegada a mínimo técnico (arranque)	16:25:38
6	Llegada a potencia máxima	16:25:51

Durante el proceso de detención hasta mínimo técnico se observó que el inversor reduce su potencia con una tasa de $-1,9 \text{ %/min}$. En el caso del proceso de partida la pendiente calculada es de $1,26 \text{ MW/s}$

Para el proceso de detención, se establece el tiempo mínimo de operación (TMO) en cero. Es decir, no existen restricciones de tiempo de operación antes de dar inicio al proceso de detención.

Para el proceso de partida, se establece el Tiempo Mínimo de Detención (TMD) en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida de la planta tras el proceso de detención.

Se tomo como potencia mínima a nivel inversor el valor de 50 kW , que, según lo manifestado por el fabricante, es el valor por debajo del cual los inversores entran en el modo pausa.

Al momento de realizar la prueba la potencia máxima disponible a nivel inversor era $3,8 \text{ MW}$ (en función del recurso existente en ese momento), luego los parámetros de partida y detención se corrigen a la potencia nominal del inversor, es decir, a $4,2 \text{ MW}$.

7. CONCLUSIONES

En base a los registros obtenidos en el ensayo de partida y detención del PSFV Willka se determinaron los parámetros asociados a la partida y detención del parque completo. Cabe aclarar que como no se realiza detención entre la Condición Fuera de Servicio y el Estado Apagado, no aplica la medición de tiempos ni el cálculo de energía eléctrica durante los hitos I) y VI) de las siguientes tablas.

Por otra parte, en base a los resultados obtenidos a sobre el inversor INV 14 se determinaron los parámetros de partida y detención que caracterizan el comportamiento de un inversor. Cabe aclarar que como 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.

Tabla 8. Parámetros de partida del Parque Solar Fotovoltaico Willka.



Etapa	Parámetro	Inversor	Central
Partida - Sincronización	Consumo SSAA [MWh]	N/A	N/A
	Tiempo [minutos]	N/A	N/A
Sincronización - Mínimo técnico	Consumo SSAA [MWh]	0,0000045	0,000167
	Tiempo [minutos]	0,0271667	0,033333
Mínimo técnico - Potencia Nominal	Consumo SSAA [MWh]	0,0000290	0,024189
	Tiempo [minutos]	0,1750000	4,833333

Tabla 9. Parámetros de detención del Parque Solar Fotovoltaico Willka.

Etapa	Parámetro	Inversor	Central
Potencia Nominal - Mínimo técnico	Consumo SSAA [MWh]	0,0000050	0,026274
	Tiempo [minutos]	0,0325000	5,250000
Mínimo técnico - Desconexión	Consumo SSAA [MWh]	0,0000007	0,000250
	Tiempo [minutos]	0,0041667	0,050000
Desconexión - Detención	Consumo SSAA [MWh]	N/A	N/A
	Tiempo [minutos]	N/A	N/A

ANEXOS

1. MEMORIA DE CÁLCULO DIMENSIONAMIENTO DE SSAA SE WILLKA

 <p>INVERSIONES FOTOVOLTAICAS SPA</p> <p>S/E WILLKA 220/33 KV</p> <p>MEMORIA DE CÁLCULO DIMENSIONAMIENTO DE SERVICIOS AUXILIARES</p>			
 <small>FIDEL OTEIZA 1953 Of 102, PROVIDENCIA, FONO 22235322</small>	NÚMERO DEL DOCUMENTO	REV.	Págs.
	RI-4000209-CP-MC-001	0	21

CONTROL DE EMISIONES

MEMORIA DE CÁLCULO DIMENSIONAMIENTO DE SERVICIOS AUXILIARES

RI-4000209-CP-MC-001

REV	POR	FECHA	APROB RIL.	APROB CLTE.	OBSERVACIONES
0	J.G.G.	05/07/2022	M.C.M.		APROBADO
D	J.G.G.	08/06/2022	M.C.M.		PARA REVISIÓN DEL CLIENTE
C	J.G.G.	11/08/2021	M.C.M.		PARA REVISIÓN DEL CLIENTE
B	J.G.G.	28/05/2021	M.C.M.		VÁLIDO PARA LICITACIÓN
A	S.B.T.	29/04/2021	C.G.D.		PARA REVISIÓN INTERNA

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVO	5
3. NORMAS Y REGLAMENTOS	5
3.1. Normativa Nacionales	5
3.2. Estándares Internacionales	6
3.3. Recomendaciones de fabricante	6
4. ANTECEDENTES	7
5. CONDICIONES DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN	7
5.1. Condiciones ambientales	7
5.2. Condiciones del sistema eléctrico	7
5.3. Servicios Auxiliares	8
6. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO	8
7. DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CORRIENTE CONTINUA	9
7.1. Clasificación de los Consumos	9
7.1.1. <i>Consumos de tiempo permanente</i>	9
7.1.2. <i>Consumos de tiempo limitado</i>	10
7.1.3. <i>Consumos de tiempo momentáneo</i>	10
7.2. Estimación de Carga de los Bancos de Baterías	10
7.3. Estimación de Carga de los Cargadores de Baterías	10
8. DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CORRIENTE ALTERNA.	11
9. RESUMEN Y CONCLUSIONES.	12
10. ANEXOS.	13
10.1. Anexo 1	13
10.2. Anexo 2	17
10.3. Anexo 3	18
10.4. Anexo 4	20

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Condiciones ambientales.....	7
Tabla 2 - Parámetros Eléctricos 220 kV	7
Tabla 3 - Parámetros Eléctricos 33 kV	8
Tabla 4 - Parámetros Eléctricos SS/AA.....	8
Tabla 5 – Factor de corrección por temperatura	11
Tabla 6 – Factor de corrección por altitud	11
Tabla 7 – Valores variables para 125Vcc.....	11
Tabla 8 – Resumen cálculos de cargas requeridas en 125 Vcc.....	12
Tabla 9 – Resumen cálculos de cargas requeridas en CA.....	12
Tabla 10 – Resumen cálculos de carga total requerida en CA	12

1. INTRODUCCIÓN

La Sociedad Inversiones Fotovoltaicas SpA, ha encargado a Reich Ingeniería SpA, desarrollar la Ingeniería Básica y de Detalles para la subestación elevadora Willka 33/220 kV, además del paño de interconexión 220 kV en la subestación existente Parinacota 220 kV, y el paño de 220 kV de la S/E Elevadora Willka.

El parque Solar Fotovoltaico Willka se proyecta como una planta de generación de energía eléctrica, con tecnología solar fotovoltaica sobre estructuras con seguimiento horizontal y una potencia de 98 MW nominales y 109 MWp de potencia peak, en un terreno con una superficie aproximada de 160 hectáreas concesionado por el Ministerio de Bienes Nacionales, y de una Línea de Transmisión 1x220 kV en simple circuito con una longitud de 18 km aproximadamente entre la futura S/E elevadora Willka y la S/E Parinacota.

El proyecto se ubica en el sector denominado Pampa Dos Cruces, en la comuna de Arica, en la Región de Arica y Parinacota.

La línea de transmisión de energía eléctrica permitirá la inyección al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) la energía generada por el Parque Fotovoltaico Willka, con el fin de satisfacer la creciente demanda de energía en los principales centros de consumo de la región y del país, a la vez de preservar la seguridad y confiabilidad del suministro eléctrico en la región de Arica y Parinacota, junto al aporte a la matriz energética de nuestro país con Energía Renovable no Convencional.

2. OBJETIVO

El presente documento tiene por objetivo estimar la potencia necesaria para abastecer los servicios auxiliares en baja tensión de CA y CC de la Subestación Elevadora Willka 33/220 kV y del Edificio de Control Parque – OyM.

3. NORMAS Y REGLAMENTOS

Los cálculos fueron realizados según la edición más reciente de los códigos y/o normas aplicables siguientes:

3.1. Normativa Nacionales

Pliego Técnico Normativo

RPTD N°01	:	Tensiones y frecuencias nominales.
RPTD N°02	:	Clasificación de instalaciones.
RPTD N°03	:	Proyectos y estudios.
RPTD N°04	:	Conductores.
RPTD N°013	:	Líneas eléctricas de media y baja tensión.

Normas

- NSEC : Normas de Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).
NCH : Normas del Instituto Nacional de Normalización (INN).
CNE : Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio

3.2. Estándares Internacionales

- ISO : International Organization for Standardization.
IEC : Institute of Electrical and Electronical Engineers.
IEC 60529 : Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
IEEE : Institute of Electrical and Electronical Engineers.
IEEE 485:2010 : Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.
ANSI : American National Standards Institute.
NEMA : National Electrical Manufacturers Association.
ASTM : American Society for Testing and Materials.
AISC : American Institute for Steel Construction.
AWS : American Welding Society.
NFPA : National Fire Protection Association.
OSHA : Occupational Safety and Health Administration.

3.3. Recomendaciones de fabricante

- Guía EuroBat : Especificaciones de elementos y baterías estacionarias de plomo-ácido reguladas por válvula (VRLA)

Cualquier conflicto entre las normas y/o recomendaciones de las instituciones antes mencionadas y documentos de la oferta será comunicado al cliente para su aclaración antes de proceder a la fabricación de los componentes afectados.

4. ANTECEDENTES

Los antecedentes utilizados para la preparación del presente documento corresponden a los siguientes planos:

- RI-4000209-CP-DU-001, Diagrama Unilineal Funcional S/E Willka 220/33kV.
- RI-4000209-CP-DU-002, Diagrama Unilineal Funcional S/E Willka 33kV.
- RI-4000209-CP-DU-003, Diagrama Unilineal Servicios auxiliares C.A.
- RI-4000209-CP-DU-004, Diagrama Unilineal Servicios auxiliares C.C.
- RI-4000209-EL-PD-008, Alumbrado patio, diagrama unilineal y cuadro de cargas.
- RI-4000209-EL-PD-010, Alumbrado sala eléctrica, diagrama unilineal y cuadro de cargas.

5. CONDICIONES DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN

5.1. Condiciones ambientales

Para efectos de diseño, la instalación operará bajo las siguientes condiciones de sitio:

Tabla 1 – Condiciones ambientales

Condición	Valor	Unidad
Altura sobre el nivel del mar	960	m.s.n.m.
Temperatura mínima	10	°C
Temperatura media	15	°C
Temperatura máxima	30	°C
Nivel de contaminación por IEC 60815	Nivel "e", 53,7	mm/kV
Presión del viento	40	Kg/m2

5.2. Condiciones del sistema eléctrico

Las condiciones del sistema eléctrico son las siguientes:

Tabla 2 - Parámetros Eléctricos 220 kV

Parámetros	Valor	Unidad
Tensión nominal de servicio	220	kV
Tensión máxima de servicio	245	kV
Frecuencia	50	Hz
Numero de Fases	3	-
Nivel Básico de impulso de la aislación (BIL)	1050	kVcr

Tabla 3 - Parámetros Eléctricos 33 kV

Parámetros	Valor	Unidad
Tensión nominal de servicio	33	kV
Tensión máxima de servicio	36	kV
Frecuencia	50	Hz
Numero de Fases	3	-
Nivel Básico de impulso de la aislación (BIL)	170	kVcr

5.3. Servicios Auxiliares

Los Voltajes de Servicios Auxiliares y de control para las instalaciones de S/E Willka serán:

Tabla 4 - Parámetros Eléctricos SS/AA

Parámetros	Valor		Unidad
	Trifásicos	Monofásicos	
Servicios Auxiliares de CA			
Tensión nominal	400	230	Vca
Fluctuación máxima de la tensión	± 5	± 5	+/-%
Frecuencia	50	50	Hz
Fases y conductores	3/4	1/3	n/n
Sistema de puesta a tierra	Sólido / efectivo	Sólido / efectivo	
Servicios Auxiliares de CC			
Tensión nominal		125	Vcc
Fluctuación máxima de la tensión		+10 -15	+/-%
Sistema de puesta a tierra		aislado	

6. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Para la elaboración de este documento se han tomado como base los siguientes criterios:

- En la Subestación Elevadora Willka 33/220 kV se proyectarán servicios auxiliares CA, mediante un (1) transformadores de SSAA, alimentado desde celdas de MT. La potencia de cada transformador será estimada en este documento. Además, como modo de respaldo, se instalará un (1) grupo electrógeno trifásico, de potencia a ser estimada en este documento.
- Para los servicios auxiliares CC en 220 kV, se instalarán dos (2) bancos de baterías de 125 Vcc de autonomía de 8 horas, de plomo-ácido con electrolito inmovilizado reguladas por válvula (VRLA) de larga duración según Guía EuroBat, con sus respectivos

cargadores de baterías de 125 Vcc, los que se ubicarán en la sala de control proyectada. La capacidad de los cargadores de baterías, así como la capacidad de los bancos de baterías serán estimadas en el presente documento.

- Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, para el patio de 220 kV se instalará en la casa de SSGG un (1) tablero general de distribución de corriente alterna (TGDCA), el cual alimentará las cargas de alumbrado, calefacción y otros consumos propios de la casa de SSGG. También alimentará las cargas de alumbrado, calefacción y otros consumos requeridos para las alimentaciones de los circuitos del Switchgear de 33kV. Además, el TGDCA alimentará las cargas de corriente alterna asociadas al Edificio de Control Parque – OyM.
- Se instalará en la casa de SSGG un (1) tablero general de distribución de corriente continua (TGDCC) 125 Vcc, el cual alimentará los armarios de control, protección, teleprotección y SCADA instalados en la casa de SSGG, además alimentará los motores de interruptores y desconectores de la S/E Elevadora Willka 33/220kV y del Switchgear de 33kV. Además, el TGDCC alimentará las cargas de corriente alterna asociadas al Edificio de Control Parque – OyM.

7. DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CORRIENTE CONTINUA.

7.1. Clasificación de los Consumos

La clasificación de los consumos para la determinación de la carga requerida para 125 Vcc se realizará de acuerdo con los puntos siguientes:

7.1.1. Consumos de tiempo permanente

Son aquellos consumos que requieren corrientes del banco de baterías durante todo su ciclo obligado de descarga. La determinación de estos consumos, por lo general, lo determinan los siguientes equipos:

- Relés de protección.
- Controladores de paño.
- Relés auxiliares.
- RTU.
- Computadores.
- Monitores.
- Comunicación.
- Alarmas.
- Equipos de telecomunicaciones, etc.

7.1.2. Consumos de tiempo limitado

Son aquellos consumos que requieren corrientes del banco por tiempo mayores que un minuto, pero menores que el ciclo obligado de descarga del banco de baterías. Para el presente proyecto, se contempla la operación de los motores de los interruptores y desconectores de 220 kV.

7.1.3. Consumos de tiempo momentáneo

Son los consumos impuestos al banco de batería de 125 Vcc por tiempos menores que un minuto, pero para efectos de cálculo se evalúan como si duraran un minuto. La determinación de estos consumos, por lo general, lo determinan los siguientes equipos:

- Cierre de un interruptor, por operación local.
- Apertura de un interruptor, por operación local.
- Apertura de dos interruptores de switchgear MT e interruptor paño JT1 por operación de protecciones.

7.2. Estimación de Carga de los Bancos de Baterías

Luego de clasificados y distribuidos los consumos, la estimación de las cargas de los bancos de baterías se determina según lo indicado en la recomendación IEEE 485:2010. En el Anexo 1 se encuentra el desarrollo del cálculo realizado para estimar la carga requerida al banco de baterías de 125 Vcc.

7.3. Estimación de Carga de los Cargadores de Baterías

La estimación de la carga requerida a cargadores de baterías de 125 Vcc se determinan según la siguiente ecuación:

$$A = \left(\frac{Ah * 1,2}{T} + 1.15 * L \right) * \frac{1}{k_1} * \frac{1}{k_2}$$

Dónde:

- A** : Capacidad del cargador en Amperes de salida. No puede ser en ningún caso menor al 20% de la "corriente normal de descarga" del banco.
- 1,2** : Factor de conversión de carga para acumuladores ácidos.
- Ah** : Capacidad nominal del banco para un régimen de descarga de 8 horas.
- T** : Tiempo de duración máxima de la recarga expresado en horas, se recomienda 10 horas.
- 1.15** : Factor que prevé futuros incrementos de la carga continúa.
- L** : Carga continua en amperes impuesta sobre el cargador y el banco durante la recarga.
- k1** : Factor de disminución por temperatura.
- k2** : Factor de disminución por altitud.

Tabla 5 – Factor de corrección por temperatura

TEMPERATURA	FACTOR k1
40°C	1.00
50°C	0.83
60°C	0.64

Tabla 6 – Factor de corrección por altitud

ALTITUD	FACTOR k2
1000 m	1.00
1500 m	0.94
3000 m	0.83

Tabla 7 – Valores variables para 125Vcc

VARIABLE	VALOR
Ah	250
T	10
L	16,50
k1	1
K2	1

Los resultados de los cálculos realizados se reflejan en el Anexo 2.

8. DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CORRIENTE ALTERNA.

Los consumos de corriente alterna están divididos en dos grupos: Servicios Esenciales y Servicios No Esenciales, donde los consumos de Servicios Esenciales están respaldados por un grupo electrógeno proyectado para la subestación.

La determinación de los consumos se encuentra reflejada en el Anexo 3 del presente documento.

9. RESUMEN Y CONCLUSIONES.

De acuerdo con lo desarrollado en este documento, las cargas requeridas por los equipos de servicios auxiliares proyectados para SSAA CA y CC, se encuentran reflejadas en las siguientes tablas:

Tabla 8 – Resumen cálculos de cargas requeridas en 125 Vcc

BANCO DE BATERÍAS 125VCC A-h/8 HORAS	CARGADOR DE BATERÍAS 125VCC (A)
232,86	49,00
Valor comercial propuesto	Valor comercial propuesto
250	50

Tabla 9 – Resumen cálculos de cargas requeridas en CA

SERVICIOS ESENCIALES [kVA]			SERVICIOS NO ESENCIALES [kVA]		
Pot. Fase R	Pot. Fase S	Pot. Fase T	Pot. Fase R	Pot. Fase S	Pot. Fase T
12,45	14,36	15,64	53,96	53,18	54,19

Tabla 10 – Resumen cálculos de carga total requerida en CA

TOTAL SSAA [kVA]		
Pot. Fase R	Pot. Fase S	Pot. Fase T
66,41	67,54	69,83

Como conclusión y según las estimaciones de las cargas y cálculos de la presente memoria se tiene para la alimentación de los SS/AA. de CC para la Subestación Elevadora Willka 220/33kV, la carga requerida para los bancos de 125 Vcc es de 232,86 A-h/8h, por lo que se sugiere la implementación de los bancos de batería de **250 A-h/8h** de valor nominal. La carga requerida para los cargadores proyectados de 125 Vcc es de 49,00 A, por lo que se sugiere la implementación de los cargadores de baterías de **50 A** de valor nominal.

Para los SS/AA de CA de Subestación Elevadora Willka 220/33kV y según las estimaciones de las cargas y cálculos de la presente memoria, se tiene una carga total estimada de 203,77kVA trifásicos, la que deberá ser alimentada por un transformador de SSAA cuya potencia mínima recomendada es de **250 kVA**. Para los servicios esenciales se tiene una carga total estimada de 42,45 kVA trifásicos, que se deberá alimentar por un Grupo Electrógeno de **50 kVA** de potencia de emergencia.

10. Anexos.

10.1. Anexo 1

Determinación de carga requerida en bancos de baterías consumo 125 Vcc

A continuación, se presenta el procedimiento de determinación de cargas momentáneas y permanentes de 125 Vcc.

Cargas permanentes (125Vcc)			
Descripción de las Cargas	Cantidad	Consumo (W)	Total W
Armario Protección Transformador (=T1+PROT)			
Protección de Transformador 87T 7UT8	1	25	25
Protección sobretensión 50/50N 7SJ8	2	25	50
Relés Auxiliares (RF-4 Monostable)	8	6	48
Relés Auxiliares (BJ-8R Biestable)	2	35,5	71
Subtotal			194
Armario Protección Línea (=JT1+PROT)			
Protección de Línea 87L 7SL8	2	25	50
Relés Auxiliares (RF-4 Monostable)	15	6	90
Relés Auxiliares (BJ-8R Biestable)	3	35,5	106,5
Relés Auxiliares (VDJ-30 Supervisión Bobina)	2	3,63	7,26
Subtotal			253,76
Armario Control y Medida (=JT1+CTRL)			
Controlador de paño 6MD8	2	25	50
Facturador Línea SEL-735A	1	25	25
Switch de comunicaciones IS5-iRBX6GF	1	35	35
Relés Auxiliares (RF-4 Monostable)	5	6	30
Subtotal			140
Armario Control de Servicios Auxiliares (=SSAA+CTRL)			
Controlador de SSAA 6MD8	1	30	30
Medidor de SSAA SEL-735A	2	10	20
Subtotal			50
Armario Comunicaciones y Scada (=RTU+HMI)			
RTU SICAM Gateway A8050	1	45	45
Router IS5-iMX950	1	35	35
GPS HEPTA 8030	1	40	40
HMI SICAM SCC	1	150	150
Switch de comunicaciones IS5-IES28GF	2	35	70
Servidor SLRP	1	35	35

Subtotal			375
Switchgear 33kV			
Protección de celda 7SJ8	7	25	175
Switch de comunicaciones IS5-iRBX6GF	1	35	35
Subtotal			210
Transformador de poder			
Regulador de tensión SEL-2440	1	30	30
Control Ventiladores	1	250	250
Control CTBC	1	200	200
Subtotal			480
Armario Teleprotecciones OPGW-OPLAT Hacia SE Parinacota			
Convertor 125/48Vcc	1	500	500
Subtotal			500
TOTAL CONSUMOS PERMANENTES (W)			2202,76
CORRIENTE CONSUMIDA (A)			17,62

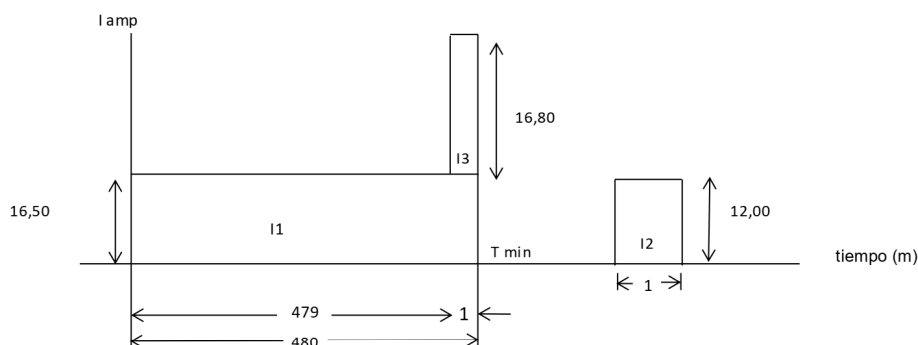
Cargas de tiempo limitado (125Vcc)			
Descripción de las Cargas	Cantidad	Consumo (W)	Total W
Motor Interruptor 220kV	1	1500	1500
Motor Interruptor 33kV	1	500	500
Subtotal			1500
CONSUMO MÁXIMO DE TIEMPO LIMITADO (W)			1500
CORRIENTE CONSUMIDA (A)			12,00

Cargas momentáneas (125Vcc)			
Descripción de las Cargas	Cantidad	Consumo (W)	Total W
Cierre 1 Interruptor			
Interruptor (1 bob. por polo)	3	350	1050
SUBTOTAL			1050
Apertura 1 Interruptor 220kV			
Interruptor (2 bob. por polo)	6	250	1500
SUBTOTAL			1500
Apertura 2 Interruptores (1 de 220kV y 1 de 33kV) por operación 87T			
Interruptor 52JT1 (2 bob. por polo)	6	250	1500
Interruptor 52FT1 (2 bob. por polo)	2	300	600
SUBTOTAL			2100
Peor Caso: Apertura 2 interruptores debido a operación protección 87T			
CONSUMO MÁXIMO MOMENTANEO (W)			2100
CORRIENTE CONSUMIDA (A)			16,80

Dado a que la operación de los equipos que constituyen las cargas momentáneas es secuencial, el máximo consumo será determinado considerando la peor condición. En este caso, se considerará la apertura de 2 interruptores debido a operación de protección 87T.

Una vez obtenidas las corrientes demandadas por cada tipo de consumo, se dimensionan los bancos de baterías.

Dimensionamiento del banco de baterías 125 Vcc			
I1 =	16,50	A	Carga permanente
I2 =	12,00	A	Cargas de tiempo limitado
I3 =	16,80	A	Cargas momentáneas



Periodo	Corriente [A]	Corriente [A]	Duración [hr]	Duración [min]	Ciclo de Trabajo
A1	16,50	I1	7,9833	479	Tiempo permanente
A2	33,30	I1 + I3	0,0167	1	Tiempo permanente y momentáneo

Nota: Se toma como base 8hr según Artículo 52 de Anexo Técnico "Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión" de NTSyCS.

Dimensionamiento del banco de baterías 125Vcc

Periodo N°	Carga (A)	$A_p - A_{(p-1)}$	Duración periodo (min)	tiempo para termino S (min)	K_T (A-h/A)	Capacidad (A-h)
Sección 1 - Si $A_2 > A_1$, pasar a sección 2						
1	16,50	16,50	479	480	7,76	128,06
F1: Total capacidad (A-h)						128,06
Sección 2 - Si $A_3 > A_2$, pasar a sección 3						
1	16,50	16,50	479	480	7,76	128,06
2	33,30	16,80	1	1	0,88	14,78
F2: Total capacidad (A-h)						142,84
Carga aleatoria						
	12,00	12,00	1	1	0,88	10,56
Máxima capacidad (A-h)						142,84
Capacidad para carga aleatoria						10,56
Capacidad total no corregida (A-h)						153,40
Factores de corrección:						
Temperatura (punto 6.2.1 IEEE std 485-2010 – 20°C)						1,06
Envejecimiento (punto 6.2.3 IEEE std 485-2010)						1,25
Factor de crecimiento (15%)						1,15
Capacidad total corregida (A-h)						232,86

Capacidad Bancos de batería 125Vcc (A-h) / 8 hr	232,86
--	---------------

Se estima una capacidad nominal del banco **250 [(A-h) /8 hr]** Nominales

Para valor de K_t , ver Anexo 4.

10.2. Anexo 2

Determinación de carga requerida a cargadores de baterías consumo 125 Vcc

Dimensionamiento del cargador de baterías 125Vcc

$$A = \left(\frac{Ah * 1,2}{T} + 1,15 * L \right) * \frac{1}{k_1} * \frac{1}{k_2} \quad (1)$$

- A = Capacidad del Cargador (A).
- 1,2 = Factor de conversión de carga.
- Ah = Capacidad nominal del Banco de Baterías para un régimen de descarga de 8 hrs
- T = Tiempo de duración máximo de la recarga, para efectos de cálculo este valor se ha expresado en 10 hrs (hrs).
- 1,15 = Factor que prevé futuros incrementos de la carga continua.
- L = Carga continua (consumo permanente) (A).
- k1 = Factor de disminución por temperatura (°C) (40°-1; 50°-0.83; 60°-0.64).
- k2 = Factor de disminución por altitud (m) (1000m-1; 1500m-0.94; 3000m-0.83).

VARIABLE PARA CÁLCULO	
Ah	250,00
T	10,00
L	16,50
k1	1,00
K2	1,00
A	49,00

Capacidad de los cargadores de baterías 125Vcc (A)	49,00
--	-------

Se estima un cargador de baterías de **50 (A)** Nominales.

10.3. Anexo 3

Determinación de carga requerida para los SS/AA C.A. y Grupo Electrónico proyectado.

SS/AA No Esenciales (380/220VCA)												
ITEM	Cant.	Fases	Pot. Unit. [W]	Pot. Total [W]	Factor de Demanda	Pot. Fase R [kW]	Pot. Fase S [kW]	Pot. Fase T [kW]	Factor de Potencia	Pot. Fase R [kVA]	Pot. Fase S [kVA]	Pot. Fase T [kVA]
Patio 220kV												
Calefacción y alumbrado paño JT1	7	1	100	1400	0,5	0,7			0,9	0,78		
Subtotal Patio 220kV	7		100	1400		0,70	0,00	0,00		0,78	0,00	0,00
Sala Celdas 33kV												
Calefacción y alumbrado Switchgear	1	1	900	900	0,5			0,45	0,9			0,50
MV Switchgear panel	1	3	10000	10000	0,8	2,67	2,67	2,67	0,9	2,96	2,96	2,96
Aire acondicionado sala Switchgear	2	3	9000	18000	0,5	3,00	3,00	3,00	0,9	3,33	3,33	3,33
Subtotal Sala Celdas 33kV	4		19900	28900		5,67	5,67	6,12		6,30	6,30	6,80
Sala Servicios Generales												
Calefacción y alumbrado armarios Telecomunicaciones	1	1	100	100	0,85		0,09		0,9		0,09	
Calefacción y alumbrado armarios Control y Protecciones Paño JT1	5	1	100	500	0,85			0,43	0,9			0,47
Aire acondicionado Sala de control	2	3	9000	18000	0,5	3,00	3,00	3,00	0,9	3,33	3,33	3,33
Alimentación Equipo presurización sala de control	1	3	8000	8000	0,85	2,27	2,27	2,27	0,9	2,52	2,52	2,52
Edificio O&M	1	3	70000	70000	1	23,33	23,33	23,33	0,9	25,93	25,93	25,93
Alimentación TDA y F Patio Barra No Esencial	1	3	12660	12660	0,85	3,59	3,59	3,59	0,9	3,99	3,99	3,99
Alimentación TDAyF Sala Barra No Esencial	1	3	12978	12978	0,85	3,68	3,68	3,68	0,9	4,09	4,09	4,09
Subtotal Sala SSGG	12		112838	122238		35,86	35,95	36,29		39,85	39,94	40,32
Subtotal [kW - kVA]						42,23	41,62	42,41		46,92	46,24	47,12
Factor crecimiento (15%)						6,33	6,24	6,36		7,04	6,94	7,07
Total Servicios No Esenciales [kW - kVA]						48,57	47,86	48,77		53,96	53,18	54,19

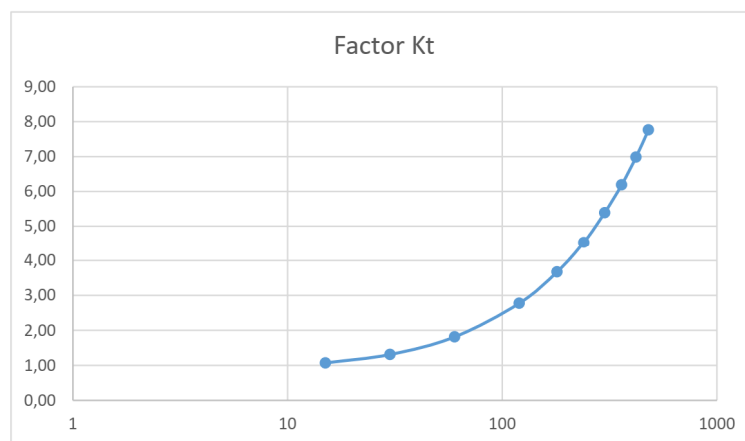
SS/AA Esenciales (380/220VCA)												
ITEM	Cant	Fases	Pot. Unit. [W]	Pot. Total [W]	Factor de Demanda	Pot. Fase R [kW]	Pot. Fase S [kW]	Pot. Fase T [kW]	Factor de Potencia	Pot. Fase R [kVA]	Pot. Fase S [kVA]	Pot. Fase T [kVA]
Sala Servicios Generales												
Cargador de batería N°1 110Vcc	1	3	6250	6250	0,5	1,04	1,04	1,04	0,9	1,16	1,16	1,16
Cargador de batería N°2 110Vcc	1	3	6250	6250	0,5	1,04	1,04	1,04	0,9	1,16	1,16	1,16
Motor CTBC Transformador	1	3	2200	2200	1	0,73	0,73	0,73	0,9	0,81	0,81	0,81
Motor Desconector	1	3	370	370	1	0,12	0,12	0,12	0,9	0,14	0,14	0,14
Tablero de sist. Detección y alarma de incendios	1	1	500	500	1	0,50			0,9	0,56		
Armario Scada PV	1	1	3000	3000	1		3,00		0,9		3,33	
Armario CCTV PV	1	1	6000	6000	1			6,00	0,9			6,67
Armario Telecomunicaciones	1	1	3000	3000	1	3,00			0,9	3,33		
UPS for MV Switchgear panel (CB Motors)	1	3	10000	10000	0,8	2,67	2,67	2,67	0,9	2,96	2,96	2,96
Sistema de videovigilancia	1	1	2000	2000	1		2,00		0,9		2,22	
Alimentación TDA y F Patio Barra Esencial	1	3	1950	1950	0,85	0,55	0,55	0,55	0,9	0,61	0,61	0,61
Alimentación TDAyF Sala Barra Esencial	1	3	285	285	0,85	0,08	0,08	0,08	0,9	0,09	0,09	0,09
Subtotal Casa de SSG - 220kV	12		41805	41805		9,74	11,24	12,24		10,82	12,49	13,60
Subtotal [kW - kVA]						9,74	11,24	12,24		10,82	12,49	13,60
Factor crecimiento (15%)						1,46	1,69	1,84		1,62	1,87	2,04
Total Servicios Esenciales [kW - kVA]						11,20	12,93	14,08		12,45	14,36	15,64

10.4. Anexo 4

Factor Kt

Cálculo factor Kt	
Marca Batería	Enersys ¹
Modelo Batería	OPzV
Tipo Celda	5 OPzV 250
V/celda	1,80
Ah nominal	250

tiempo (min)	1	15	30	60	120	180	240	300	360	420	480
Amperes	284,4	234	191	138	90,2	68,1	55,2	46,4	40,4	35,8	32,2
Factor Kt	0,88	1,07	1,31	1,81	2,77	3,67	4,53	5,39	6,19	6,98	7,76



¹ Datos de marca y modelo de baterías de referencia para efectos de cálculo.

Información de catálogo de baterías utilizadas de referencia para el cálculo de factor Kt:

4 - The PowerSafe® OPzV Battery range

Cell type	No of terminal per pole	Capacity Ah acc. to DIN 40742	Capacity Ah					Internal resistance (m ohm /cell)	Short circuit current	Dimensions (mm)			Weight (kg) cell	Type
			at final voltage							Length	Width	Height		
			C ₁₀	C ₅	C ₃	C ₂	C ₁							
4 OPzV 200	1	200	215	210	190	170	130	0.95	2195	103	206	403	19.5	4 OPzV 200
5 OPzV 250	1	250	265	260	235	210	160	0.76	2737	124	206	403	23.5	5 OPzV 250
6 OPzV 300	1	300	320	315	285	255	195	0.66	3175	145	206	403	28.0	6 OPzV 300
5 OPzV 350	1	350	385	375	340	305	230	0.61	3410	124	206	520	31.0	5 OPzV 350
6 OPzV 420	1	420	460	450	410	365	275	0.51	4043	145	206	520	36.5	6 OPzV 420
7 OPzV 490	1	490	540	525	475	430	320	0.45	4607	166	206	520	42.0	7 OPzV 490
6 OPzV 600	1	600	705	680	615	545	395	0.55	3796	145	206	695	50.0	6 OPzV 600
8 OPzV 800	2	800	940	910	820	730	525	0.40	5200	210	191	695	68.2	8 OPzV 800
10 OPzV 1000	2	1000	1170	1135	1020	915	655	0.32	6460	210	233	695	82.0	10 OPzV 1000
12 OPzV 1200	2	1200	1410	1370	1225	1095	790	0.27	7675	210	275	695	97.0	12 OPzV 1200
12 OPzV 1500	2	1500	1600	1530	1395	1260	890	0.28	7510	210	275	845	120.0	12 OPzV 1500
16 OPzV 2000	3	2000	2110	2040	1855	1680	1190	0.21	10048	212	397	820	165.0	16 OPzV 2000
20 OPzV 2500	4	2500	2640	2550	2320	2100	1485	0.17	12606	212	487	820	200.0	20 OPzV 2500
24 OPzV 3000	4	3000	3170	3065	2785	2515	1785	0.14	14964	212	576	820	240.0	24 OPzV 3000

Constant current discharge in amperes

Voltage end of discharge : 1.80 V/cell

Type	15'	30'	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	12h	20h	Type
4 OPzV 200	189	153	111	72,2	54,5	44,2	37,1	32,4	28,7	25,7	23,4	21,5	18,7	12,2	4 OPzV 200
5 OPzV 250	234	191	138	90,2	68,1	55,2	46,4	40,4	35,8	32,2	29,3	26,9	23,3	15,3	5 OPzV 250
6 OPzV 300	279	228	165	108	81,6	66,3	55,7	48,5	43,0	38,6	35,1	32,3	28,0	18,4	6 OPzV 300
5 OPzV 350	286	246	188	127	97,0	79,1	66,9	58,5	51,9	46,5	42,5	39,1	33,8	21,9	5 OPzV 350
6 OPzV 420	340	293	224	152	116	94,8	80,2	70,1	62,2	55,8	51,0	46,9	40,6	26,3	6 OPzV 420
7 OPzV 490	392	340	260	177	135	111	93,5	81,7	72,6	65,1	59,5	54,8	47,4	30,7	7 OPzV 490
6 OPzV 600	422	375	302	218	171	141	120	105	92,9	83,5	76,4	70,5	61,3	40,0	6 OPzV 600
8 OPzV 800	584	515	412	294	230	189	160	140	124	112	102	94,1	81,8	53,4	8 OPzV 800
10 OPzV 1000	722	638	511	366	286	236	200	175	155	139	128	118	102	66,7	10 OPzV 1000
12 OPzV 1200	858	759	610	438	343	282	240	210	186	167	153	141	123	80,1	12 OPzV 1200
12 OPzV 1500	837	769	644	481	383	317	271	237	211	190	173	160	137	88,9	12 OPzV 1500
16 OPzV 2000	1146	1044	871	648	514	424	362	317	282	254	231	211	183	118	16 OPzV 2000
20 OPzV 2500	1412	1293	1081	806	641	529	452	396	352	317	289	264	228	148	20 OPzV 2500
24 OPzV 3000	1675	1538	1289	963	767	634	541	474	422	380	347	317	274	178	24 OPzV 3000