

INFORME POTENCIA MÁXIMA PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

CONTROL

ELABORADO	REVISADO	APROBADO
Javiera Meneses Silva	Adrián Alarcón Becerra	Alberto Churio Acunce
18/05/2021	18/05/2021	18/05/2021

Se dispone del original firmado, custodiado por **ACCIONA**.

INFORME POTENCIA MÁXIMA PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

INFORME POTENCIA MÁXIMA

PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

REGISTRO DE CAMBIOS

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN
01	18/05/2021	Primera Versión del documento
02	18/06/2021	Se agrega explicación técnica para potencia neta

ÍNDICE

TÍTULO	PÁG
1. OBJETO	2
2. ALCANCE	2
3. DISEÑO E INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II	3
3.1. Diagrama Unilineal de la Subestación del Parque Fotovoltaico Malgarida	3
3.2. Diagrama Unilineal de la Subestación y Parque Fotovoltaico Malgarida	3
4. ESTACIONES DE POTENCIA	4
4.1. Especificaciones de los Inversores	6
4.2. Especificaciones de los Transformadores Elevadores	6
5. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA	9
5.1. Determinación de la potencia Máxima (NETA)	9
5.2. Determinación de Potencia Máxima (BRUTA)	9
5.3. Cálculo de pérdidas asociadas al transformador elevador 220/33 kV	9
5.4. Cálculo de Pérdidas Asociadas a la Red de Media Tensión (33 kV)	11
5.5. Cálculo de Pérdidas Asociadas a los Servicios Auxiliares del Parque Fotovoltaico Malgarida	14
5.6. Cálculo de Potencia Máxima (Bruta)	16
6. MEDIDA EN CAMPO DE LA POTENCIA MÁXIMA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA	16
7. POTENCIA MÁXIMA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA EN CONDICIONES NOMINALES (STC)	17
8. CONCLUSIONES	20
9. DOCUMENTACIÓN RELACIONADA	20

1. OBJETO

El presente documento tiene como propósito determinar la potencia máxima que podría entregar el parque fotovoltaico Malgarida I & II, el cual se compone por inversores modelo INGECON SUN 1640TL B630 IP54 de potencia nominal 1637 kVA, fabricados por Ingeteam. Adicionalmente este informe provee la información técnica necesaria para justificar los supuestos y cálculos realizados para determinar la potencia máxima que podría entregar el parque fotovoltaico.

2. ALCANCE

Las pruebas realizadas se programaron en base al ANEXO TÉCNICO de la NTSyCS: *“Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”* en su Artículo 39 *“Potencia Máxima en unidades generadoras cuya fuente es renovable no convencional sin capacidad de regulación”* del *“Título VIII – CENTRALES CUYA FUENTE ES RENOVABLE NO CONVENCIONAL”*, se indica que *“En caso de centrales de energía renovable que no tengan capacidad de regulación, la empresa generadora deberá entregar un informe técnico emitido por un experto técnico, cuya revisión y plazos para aprobar el valor informado, se regirá por lo establecido en el anexo antes indicado”*

Adicionalmente el mismo artículo indica que el informe *“deberá especificar las metodologías, cálculos utilizados y todos los antecedentes y aspectos técnicos que fueron utilizados para la obtención del valor de Potencia Máxima informado”*.

3. DISEÑO E INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

3.1. DIAGRAMA UNILINEAL DE LA SUBESTACIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA

A continuación, se muestra diagrama unilineal de la subestación del parque fotovoltaico Malgarida:

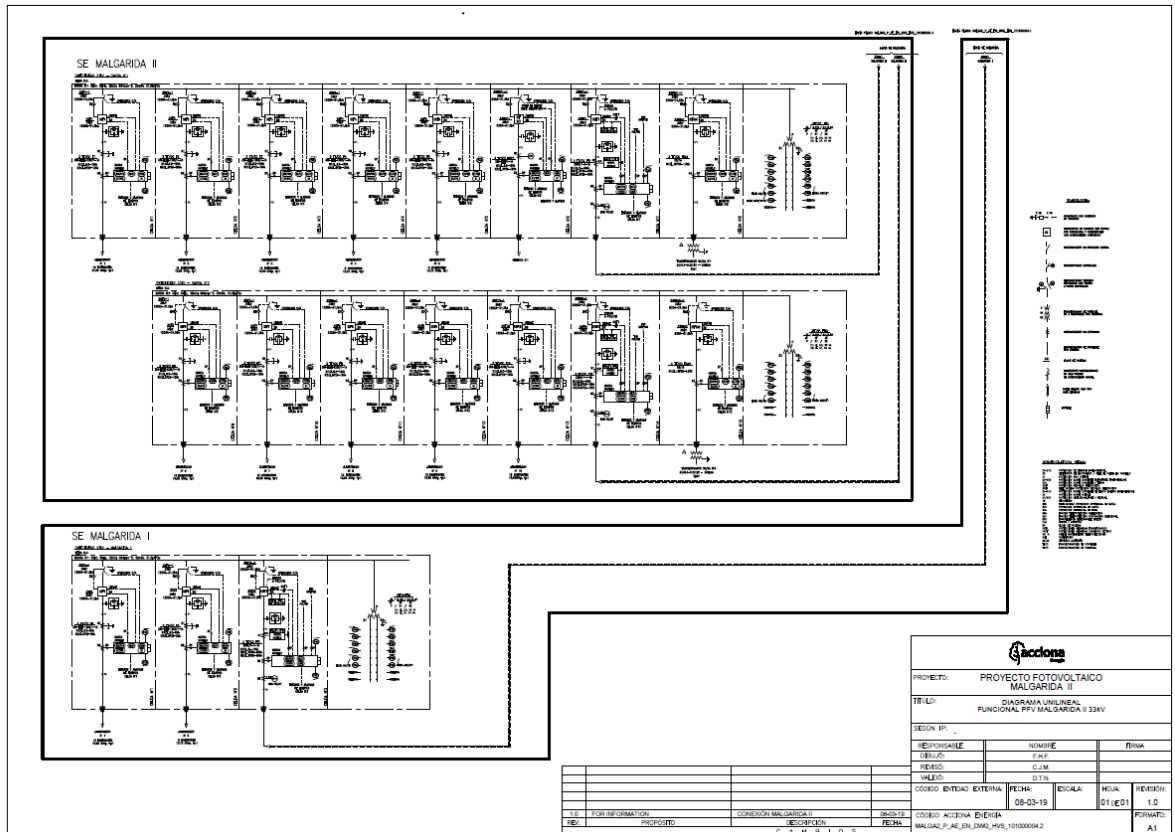


Figura 1: Diagrama unilineal de subestación del parque fotovoltaico Malgarida I & II [1].

3.2. DIAGRAMA UNILINEAL DE LA SUBESTACIÓN Y PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA

El parque fotovoltaico Malgarida I & II está compuesto por 34 estaciones de potencia, una de ellas equipada con tres (03) inversores y el resto contempla cuatro (04) inversores por subestación, todas de modelo INGECON SUN 1640TL B630 IP54 fabricados por Ingeteam. Cada uno de ellos son de potencia nominal de 1637 kVA. Dado lo anterior la potencia instalada asciende a 190,68 MW. Las estaciones de potencia se conectan a una red de 33 kV, mediante 3 circuitos [2], los cuales se unen en una barra colectora, y esta a su vez se conecta a un transformador elevador de 220/33 kV de S/E Malgarida que se conecta al sistema a través de 1 tramo de línea aérea de 220 kV llamado tramo “Torre 46 – Malgarida 2x220 kV” (3,11 km aproximadamente) a la Torre 46 de la línea Cumbre – Almeyda 1x220 kV, esta última se conectará a la S/E Cumbre mediante un tendido de aproximadamente 1,24 km de tramo aéreo y 0,37 km de tramo subterráneo, utilizando la capacidad remanente de las estructuras de torres existentes.

Se han instalado 221 MVA de potencia en los inversores (potencia a condiciones estándar) para poder generar 190,68 MW de potencia activa (en el punto de conexión) y la potencia reactiva necesaria para

cumplir los requerimientos del código de red a cualquier condición de temperatura del emplazamiento, ya que los inversores reducen su potencia cuanto mayor es la temperatura ambiente.

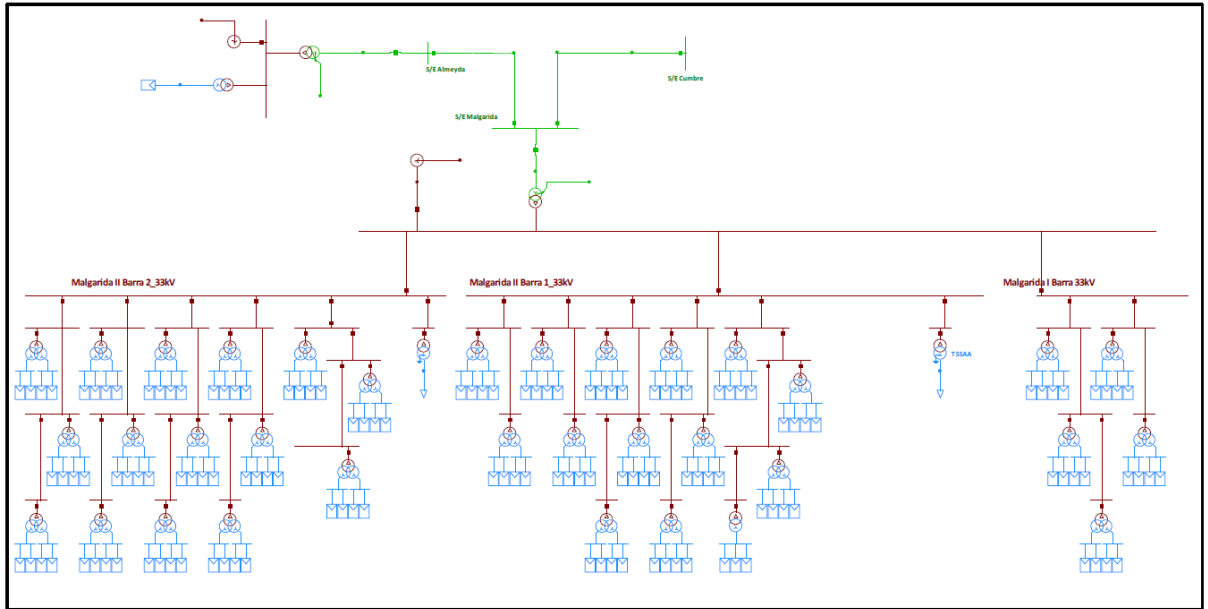


Figura 2: Diagrama unilineal de la red de 33 kV parque fotovoltaico Malgarida I & II.

4. ESTACIONES DE POTENCIA

Las estaciones de potencia están formadas por inversores modelo INGECON SUN 1640TL B630 IP54 y transformadores elevadores de 0.63/33 kV.

Se dispone de 33 estaciones convertidoras modelo “MSK19 - Double Dual Inverter” (7MVA) que cuenta con 4 inversores cuya topología se observa en la Figura 3, la otra estación convertidora corresponde al modelo “MSK19 – Single + Dual Inverter” (4,91MVA), que cuenta con 3 inversores como se observa en la Figura 4. Por tanto, el parque esta constituido por un total de 34 estaciones.

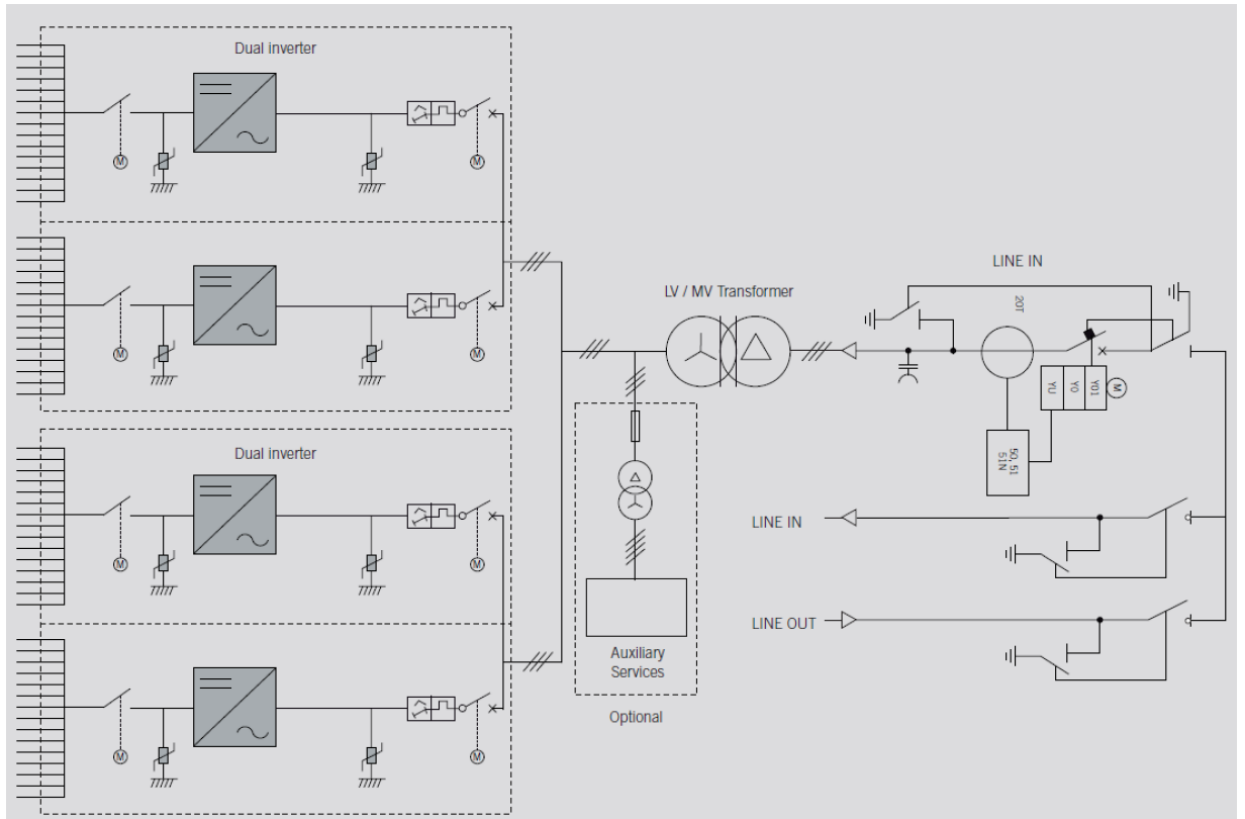


Figura 3: Diagrama unilineal de la estación de potencia en el caso de 4 inversores, "MSK19 - Double Dual Inverter". [3].

Configuration with three B Series PV inverters

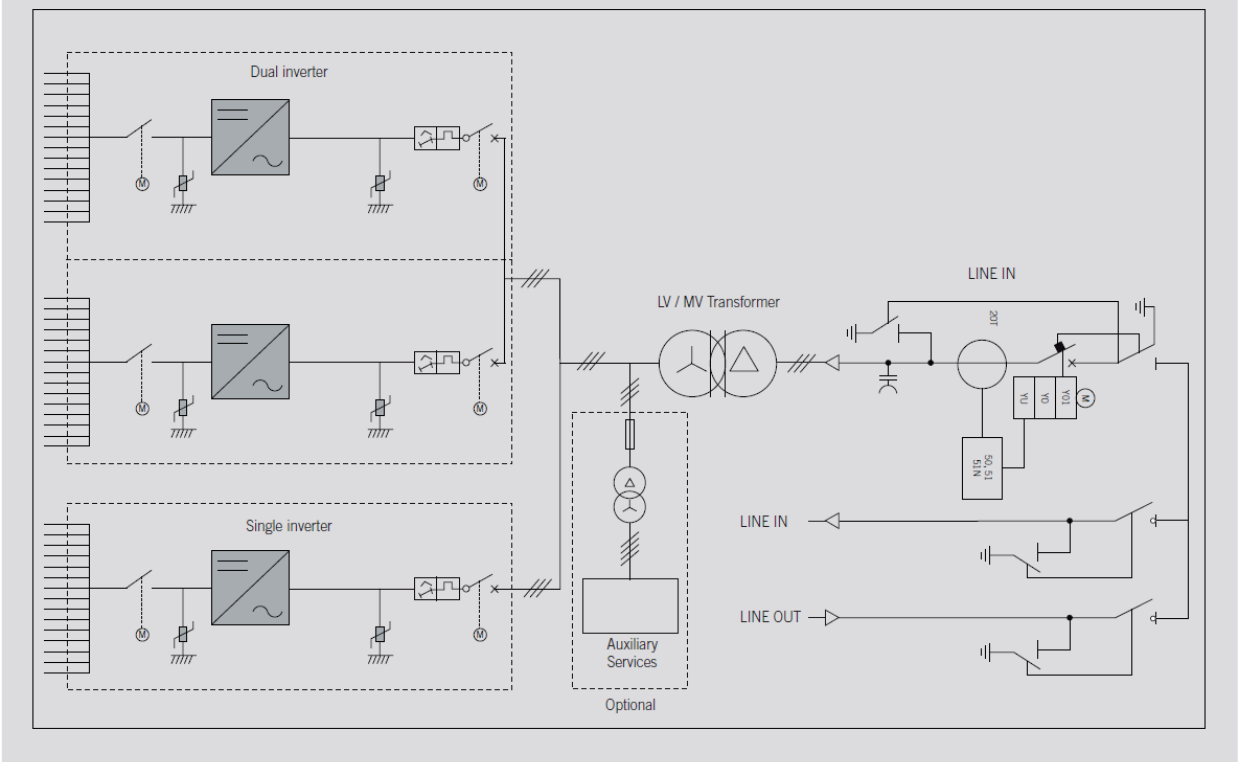


Figura 4: Diagrama unilineal de la estación de potencia en el caso de 3 inversores, "MSK19 - Single + Dual Inverter". [3].

4.1. ESPECIFICACIONES DE LOS INVERSORES

Los inversores instalados en el proyecto son fabricados por Ingeteam y corresponden al modelo INGECON SUN 1640TL B630, con potencia nominal de 1637 kW [3]. La tensión nominal de salida de los inversores es de 630 V, y la potencia de generación (activa y reactiva) se controla mediante la electrónica de potencia del mismo.

1640TL B630	
Input (DC)	
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	1,620 - 2,128 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	911 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾	1,500 V
Maximum current	1,850 A
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)
Type of connection	Connection to copper bars
Power blocks	1
MPPT	1
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles
Input protections	
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)
DC switch	Motorized DC load break disconnect
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton
Output (AC)	
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,637 kVA / 1,473 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,637 kVA / 1,449 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,500 A / 1,328 A
Rated voltage ⁽⁵⁾	630 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz
Power Factor ⁽⁶⁾	1
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁷⁾	<3%

Figura 5: Principales características de los inversores INGECON SUN 1640TL B630 fabricados por Ingeteam [3].

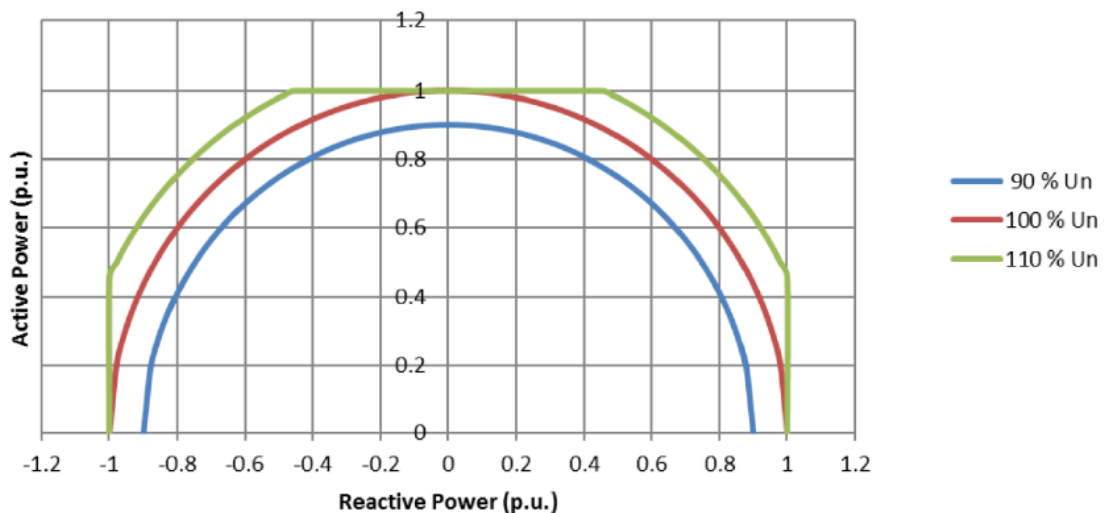


Figura 6: Curva nominal de potencia activa y potencia reactiva del INGECON SUN 1640TL B630, fabricado por Ingeteam [4].

4.2. ESPECIFICACIONES DE LOS TRANSFORMADORES ELEVADORES

Los transformadores que realizan la elevación baja/media tensión, desde la salida de los inversores hasta la red colectora, presentan las siguientes características.

Toda copia impresa o informática de este documento, no residente en los sistemas de ACCIONA, es considerada NO CONTROLADA. (Excepto aquellas copias que explícitamente tengan el sello COPIA CONTROLADA en el mismo)

INFORME POTENCIA MÁXIMA

PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II


 TECHNICAL DATASHEET N° 19/0048601 REV. A Date 08/01/2020

Mod. 01 13 Rev.B

Three phase transformer according to IEC 60076 for installation in safe zone with the following features:

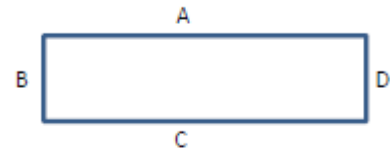
- uninhibited mineral oil (according to IEC 60296)
- hermetic type (integral filling)

Type of load

The transformer is designed for continuous duty (with linear de-rating down to 6580kVA @ 40°C)

Nominal ratings

Power 6,76 MVA ONAN



	Primary	Secondary
Power [MVA]	6,76	2 x 3,38
Rated voltage [V]	33000	2 x 630
Rated current [A]	118,27	2 x 3097,53
Material	AL	AL
Tap-changer	off-circuit	/
Taps	±2x2,5%	/
Highest system voltage [kV]	36	3,6
Power frequency voltage [kV]	70	10
Impulse voltage [kV]	170	40
Bushing type	plug-in type - int. C 36kV/630A	busbar 1kV/3150A
Bushing number	3	2 x 3
Bushing placement	cover side A	cover side C
Bushing protection	/	/

Electrical data

Frequency [Hz]	50	
Vector group	Dy11y11	
Impedance [%]	7	(at rated power, frequency and main ratio)
No load loss [W]	6760	
Load loss [W]	54080	
Total loss [W]	60840	
No load current [%]	0,5	

Power factor		Voltage drop				Efficiency			
		0,85	0,90	0,95	1,00	0,85	0,90	0,95	1,00
Load	1/4	1,10	0,95	0,75	0,22	99,30	99,34	99,37	99,40
	2/4	2,21	1,92	1,52	0,46	99,30	99,34	99,37	99,40
	3/4	3,34	2,91	2,31	0,74	99,14	99,19	99,23	99,27
	4/4	4,49	3,93	3,13	1,04	98,95	99,01	99,06	99,11

Figura 7: Características de los transformadores BT/MT 6,76 MVA [5].

INFORME POTENCIA MÁXIMA

PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II


 TECHNICAL DATASHEET N° 19/0048602 REV. A Date 08/01/2020

Mod. 01 13 Rev.B

Three phase transformer according to IEC 60076 for installation in safe zone with the following features:

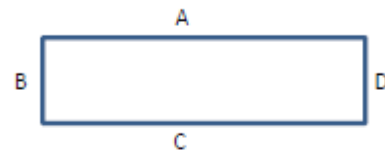
- uninhibited mineral oil (according to IEC 60296)
- hermetic type (integral filling)

Type of load

The transformer is designed for continuous duty (with linear de-rating down to 4930kVA @ 40°C)

Nominal ratings

Power 5,06 MVA ONAN



	Primary	Secondary
Power [MVA]	5,06	5,06
Rated voltage [V]	33000	630
Rated current [A]	88,53	4637,13
Material	AL	AL
Tap-changer	off-circuit	/
Taps	±2x2,5%	/
Highest system voltage [kV]	36	3,6
Power frequency voltage [kV]	70	10
Impulse voltage [kV]	170	40

Bushing type	plug-in type - int. C 36kV/630A	busbar 1kV/3150A
Bushing number	3	6
Bushing placement	cover side A	cover side C
Bushing protection	/	/

Electrical data

Frequency [Hz]	50	
Vector group	Dy11	
Impedance [%]	7	(at rated power, frequency and main ratio)
No load loss [W]	5060	
Load loss [W]	40480	
Total loss [W]	45540	
No load current [%]	0,5	

Power factor		Voltage drop				Efficiency			
		0,85	0,90	0,95	1,00	0,85	0,90	0,95	1,00
Load	1/4	1,10	0,95	0,75	0,22	99,30	99,34	99,37	99,40
	2/4	2,21	1,92	1,52	0,46	99,30	99,34	99,37	99,40
	3/4	3,34	2,91	2,31	0,74	99,14	99,19	99,23	99,27
	4/4	4,49	3,93	3,13	1,04	98,95	99,01	99,06	99,11

Figura 8: Características de los transformadores BT/MT 5,06 MVA [5].

5. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA

En este apartado se determinará la potencia máxima neta, esta potencia está calculada en base a la diferencia entre la potencia máxima bruta y las pérdidas asociadas a los componentes del parque fotovoltaico, de acuerdo a lo que se indica en el ANEXO TÉCNICO de la NTSyCS “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”, en su artículo 9 “Consideraciones en la determinación del valor de Potencia Máxima: El valor de Potencia Máxima de las unidades generadoras señalado en el presente Anexo, deberá ser representativo de las características técnicas propias de dichas unidades. Aquellas restricciones operativas tales como restricciones del sistema de transmisión, medioambientales, convenios de riesgo, entre otras, no deberán ser consideradas en la determinación de este valor”.

5.1 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA (NETA)

La potencia máxima neta de la planta en barras de 220 kV de la S/E Malgarida (PoC) es de 190,68MW, ya que es esa la máxima potencia permitida generar en PoC.

Se han instalado 221 MVA de potencia en los inversores (potencia a condiciones estándar) para poder generar 190,68 MW de potencia activa (en el punto de conexión) y la potencia reactiva necesaria para cumplir los requerimientos del código de red a cualquier condición de temperatura del emplazamiento, ya que los inversores reducen su potencia cuanto mayor es la temperatura ambiente.

5.2 DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA (BRUTA)

El parque fotovoltaico Malgarida esta conformado por 34 estaciones de potencia con inversores modelo INGECOM SUN 1640TL B630, fabricados por Ingeteam. Cada uno con una potencia nominal de 1637 kVA, acorde a lo indicado en 4.1. En cuanto a los transformadores de BT/MT de las estaciones de potencia se cuenta con 33 transformadores de bloque 6,76 MVA (tres devanados: 33/0,63/0,63kV) y 1 transformador de bloque de 5,06MVA (dos devanados: 33/0,63kV) acorde a lo indicado en 4.2.

Sin perjuicio de lo anterior y de acuerdo a lo indicado en el punto 3.2, existen componentes que introducen pérdidas a la potencia generada por el parque fotovoltaico tales como:

- Red de media tensión, compuesta por 3 circuitos de cable subterráneo de 33 kV, la cual transmite la energía generada por cada estación de potencia a la barra colectora de 33 kV
- Transformador elevador de 220/33 kV
- Servicios auxiliares (central + inversores)

Para poder calcular las pérdidas de los elementos anteriormente nombrados, y poder obtener la potencia nominal bruta de la planta se procede a considerar la simulación anteriormente nombrada, de flujos de potencia sobre la base de datos modelada en el software PowerFactory de DigSilent.

5.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS ASOCIADAS AL TRANSFORMADOR ELEVADOR 220/33 kV

Considerando la simulación del flujo de potencia del punto 0 se pueden determinar las pérdidas de potencia asociadas al transformador elevador de 220/33 kV, restando la potencia que recibe la barra colectora de 33 kV y la que se encuentra a la salida del transformador en su lado de 220 kV, estas magnitudes se destacan en rojo en la siguiente figura:

INFORME POTENCIA MÁXIMA

PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

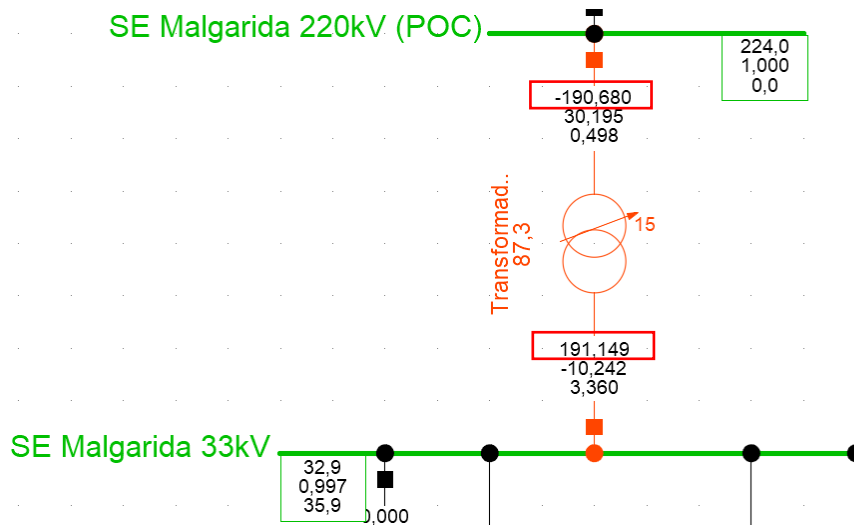


Figura 9: Cálculo de flujo de potencia en el transformador elevador de 220/33 kV de la S/E Malgarida.

Esto resulta en unas pérdidas de transformador elevador de:

$$\text{Pérdidas en el transformador } \frac{33}{220} \text{ kV} = 191,149 \text{ MW} - 190,680 \text{ MW} = 469 \text{ kW}$$

La modelación del transformador elevador consideró los datos ingresados en la plataforma infotécnica del Coordinador Eléctrico Nacional. La placa del transformador y su modelación en el software Powerfactory se aprecian a continuación:

SPECO

SHANDONG POWER EQUIPMENT Co., Ltd., CHINA

TYPE OF PRODUCT SFZ-220000/220

RATED POWER 140/180/220 MVA(ONAN/ONAF1/ONAF2)

RATED VOLTAGE (220±1.3x1.25%)/33 kV

TYPE OF COOLING ONAN/ONAF1/ONAF2

CONNECTION SYMBOL YNd11

RATED FREQUENCY 50 Hz

NUMBER OF PHASE 3

WORKING CONDITION OUTDOORS

ALTITUDE 1100m

NOISE LEVEL ≤75dB(A)

INSULATING OIL Petro45U

INSULATING LEVEL
h.v. line terminal U/AC 1050/460kV
h.v. neutral U/AC 550/230 kV
l.v. line terminal U/AC 170/70 kV

WINDING CONDUCTOR COPPER

SERIAL OF PRODUCT 10S.711.19255

SYMBOL OF STANDARD IEC 60076 IEC 60085 IEC 60214
IEC 60296 IEC 60529 IEC 60551
IEC 60616 IEC 1020 IEEE STD 693-2018

SERIES NUMBER _____

MANUFACTURED DATE _____

POWER TRANSFORMER

SHIPPING NO		VOLTAGE(V)	CURRENT(A)
1	1	+16.25	295750
2	2	+15	293000
3	3	+13.75	280250
4	4	+12.5	247500
5	5	+11.25	244750
6	6	+10	242000
7	7	+8.75	239250
8	8	+7.5	236500
9	9	+6.25	233750
10	10	+5	231000
11	11	+3.75	228250
12	12	+2.5	225500
13	13	+1.25	222750
14	14	Nominal	220000
15	1	-1.25	217250
16	2	-2.5	214500
17	3	-3.75	211750
18	4	-5	209000
19	5	-6.25	206250
20	6	-7.5	203500
21	7	-8.75	200750
22	8	-10	198000
23	9	-11.25	195250
24	10	-12.5	192500
25	11	-13.75	189750
26	12	-15	187000
27	13	-16.25	184250

LV VOLTAGE		VOLTAGE(V)	CURRENT(A)
33000	3940		

IMPEDANCE AND LOSS

RELATION	LOAD LOSS	100% capacity
	BASE	WVA LOSS
220/33	220000	4500
		124.75 % 700
		temperature/200
The maximum value of the impedance at any tap position		
≤13.6		
The minimum value of the impedance at any tap position		
≥11		
Hot-spot temperature elevation		
700		
NO-LOAD LOSS ≤115 MW NO-LOAD CURRENT ≤0.2 %		

WEIGHT

WEIGHT OF ACTIVE PART	118.5 t
WEIGHT OF OIL	55.3 t
WEIGHT OF UPPER TANK	14 t
TRANSPORT WEIGHT (N2-FIXED)	141.4 t
TOTAL WEIGHT	230.0 t
WEIGHT OF ACCESSORIES	35.3 t

POSITION OF BUSHING

LV side: (D), (C), (B), (A)

HV side: (A), (B), (C)

NOTES

CT-open circuit is not allowed when transformer running, and earthing bushing shall be credibly earthing.

PIVOT	BASE	TERMINALS	PREDICTION	EXISTING IN
10-20	10-20	10-20	AS	IS
10-16	10-16	10-16	AS	IS
10-12	10-12	10-12	AS	IS
10-8	10-8	10-8	AS	IS
10-4	10-4	10-4	AS	IS
10-0	10-0	10-0	AS	IS
10-4	10-4	10-4	AS	IS
10-8	10-8	10-8	AS	IS
10-12	10-12	10-12	AS	IS
10-16	10-16	10-16	AS	IS
10-20	10-20	10-20	AS	IS

ESTADO DE REVISIÓN DE DOCUMENTOS

VALIDADO: []
VALIDADO CON COMENTARIOS: []
RECHAZADO: []

acciona Energía

REV	NO.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
1	1	2018.11.20	TRABAJO INICIAL			

SFZ-220000/220 SHANDONG POWER EQUIPMENT CO.

POWER TRANSFORMER Name Plate

8DS.860.19255

Figura 10: Placa característica del transformador elevador de 220/33 kV del parque fotovoltaico Malgarida [6].

2-Winding Transformer Type - Biblioteca de Tipos\220MVA Transformer.TypeTr2

Basic Data	Name	220MVA Transformer	OK	
Description	Technology	Three Phase Transformer	Cancel	
Version	Rated Power	220, MVA		
Load Flow	Nominal Frequency	50, Hz		
Short-Circuit VDE/IEC	Rated Voltage		Vector Group	
Short-Circuit Complete	HV-Side	220, kV	HV-Side	YN
Short-Circuit ANSI	LV-Side	33, kV	LV-Side	D
Short-Circuit IEC 61363			Phase Shift	11, *30deg
Short-Circuit DC			Name	YNd11
Simulation RMS	Positive Sequence Impedance			
Simulation EMT	Short-Circuit Voltage uk	11,86 %		
Protection	Copper Losses	500,31 kW		
Power Quality/Harmonics	Zero Sequence Impedance			
Reliability	Short-Circuit Voltage uk0	3, %		
Hosting Capacity Analysis	SHC-Voltage (Re(uk0)) uk0r	0, %		
Optimal Power Flow				

Figura 11: Modelo del transformador elevador de 220/33 kV del parque fotovoltaico Malgarida.

5.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS ASOCIADAS A LA RED DE MEDIA TENSIÓN (33 kV)

Para poder calcular las pérdidas asociadas a la red de media tensión de 33 kV del parque fotovoltaico Malgarida, se procede a realizar la simulación de flujos de potencia sobre la base de datos modelada en el software Digsilent. Tomando como base la modelación antes descrita se modelaron las estaciones de potencia y se determina en el punto de conexión a red una potencia de 190,68 MW, para posicionar la planta en la situación presentada en el apartado 5.1.

INFORME POTENCIA MÁXIMA

PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

Line Type - Biblioteca de Tipos\Conductores\Hentong Type 630mm2.TypLne

Basic Data	Name	Hentong Type 630mm2		OK
Description	Rated Voltage	33	kV	Cancel
Version	Rated Current	0,552	kA (in ground) Rated Current (in air) 0,552 kA	
Load Flow	Cable / OHL	Cable		
Short-Circuit VDE/IEC	System Type	AC	Phases 3 Number of Neutrals 0	
Short-Circuit Complete	Nominal Frequency	50 Hz		
Short-Circuit ANSI	Parameters per Length 1,2-Sequence		Parameters per Length Zero Sequence	
Short-Circuit IEC 61363	AC-Resistance R'(20°C)	0,0469	Ohm/km	AC-Resistance R0'
Short-Circuit DC	Inductance L'	0,325	mH/km	Inductance L0'
Simulation RMS				1,17 Ohm/km
Simulation EMT				0,174 mH/km
Protection				
Cable Analysis				
Power Quality/Harmonics				
Reliability				
Hosting Capacity Analysis				
Optimal Power Flow				

Figura 12: Modelos de cable subterráneo de 630 mm² que permiten evacuar la generación de las estaciones de potencia hasta la barra colectora de 33 kV del parque fotovoltaico Malgarida

Line Type - Biblioteca de Tipos\Conductores\Hentong Type 400mm2.TypLne

Basic Data	Name	Hentong Type 400mm2		OK
Description	Rated Voltage	33	kV	Cancel
Version	Rated Current	0,43	kA (in ground) Rated Current (in air) 0,43 kA	
Load Flow	Cable / OHL	Cable		
Short-Circuit VDE/IEC	System Type	AC	Phases 3 Number of Neutrals 0	
Short-Circuit Complete	Nominal Frequency	50 Hz		
Short-Circuit ANSI	Parameters per Length 1,2-Sequence		Parameters per Length Zero Sequence	
Short-Circuit IEC 61363	AC-Resistance R'(20°C)	0,0778	Ohm/km	AC-Resistance R0'
Short-Circuit DC	Inductance L'	0,347	mH/km	Inductance L0'
Simulation RMS				1,2 Ohm/km
Simulation EMT				0,195 mH/km
Protection				
Cable Analysis				
Power Quality/Harmonics				
Reliability				
Hosting Capacity Analysis				
Optimal Power Flow				

Figura 13: Modelos de cable subterráneo de 400 mm² que permiten evacuar la generación de las estaciones de potencia hasta la barra colectora de 33 kV del parque fotovoltaico Malgarida.

Toda copia impresa o informática de este documento, no residente en los sistemas de ACCIONA, es considerada NO CONTROLADA. (Excepto aquellas copias que explícitamente tengan el sello COPIA CONTROLADA en el mismo)

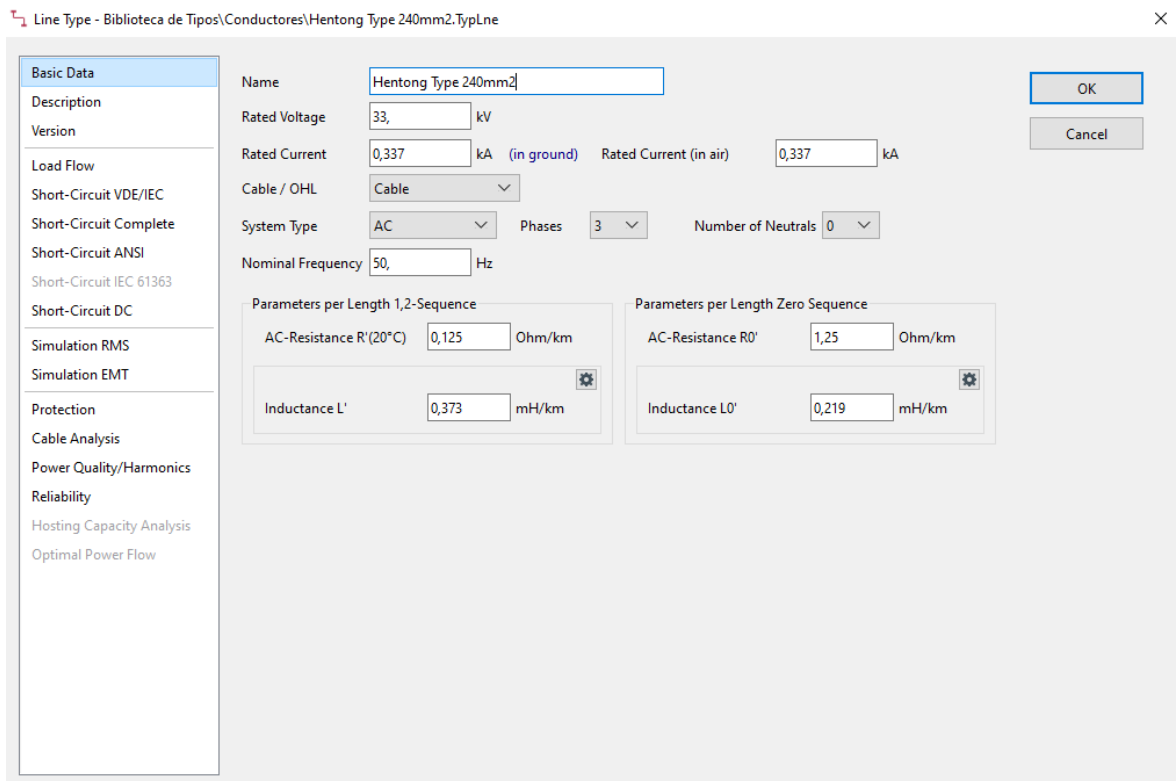


Figura 14: Modelos de cable subterráneo de 240 mm² que permiten evacuar la generación de las estaciones de potencia hasta la barra colectora de 33 kV del parque fotovoltaico Malgarida.

De la simulación de un flujo de potencia en el software Digsilent, tomando como base de datos el modelo provisto por el fabricante para el inversor fabricado por Ingeteam, y considerando la modelación de la red de media tensión en 33 kV; modelando los 3 circuitos de media tensión y los circuitos que conectan los inversores entre sí, se determina la potencia que el parque entrega a la barra colectora de 33 kV (se destaca en rojo en la siguiente figura), con lo cual se calculan las pérdidas que genera la red de media tensión.

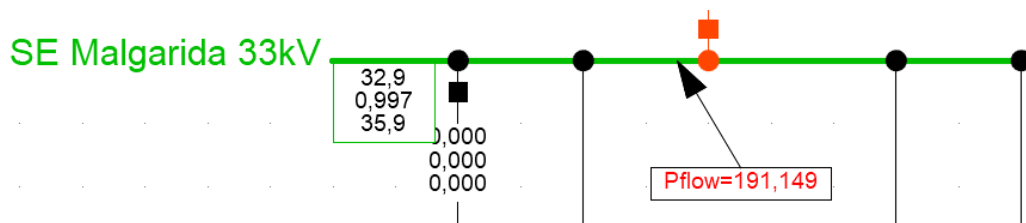


Figura 15: Cálculo e flujo de potencia en la barra colectora de 33 kV del prque fotovoltaico Malgarida, considerando la modelación de la red de media tensión de 33 kV.

De la simulación se aprecia que la generación por el campo fotovoltaico total es:

$$\text{Generación PV} = 1,4301 \text{ MW} \times 4 \times 33 \text{ estaciones} + 1,4301 \text{ MW} \times 3 \times 1 = 193,0635 \text{ MW}$$

Por lo que las pérdidas en la red de media tensión resultan en:

$$\text{Perdidas red MT} = 193,0635 \text{ MW} - 191,1490 \text{ MW} = 1915 \text{ kW}$$

INFORME POTENCIA MÁXIMA PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

5.5. CÁLCULO DE PÉRDIDAS ASOCIADAS A LOS SERVICIOS AUXILIARES DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA

Con respecto a lo indicado en la “Memoria de Cálculo Dimensionamiento de SS/AA” de la subestación Malgarida [7]. Se estiman los consumos asociados a los servicios auxiliares de corriente alterna y corriente continua de forma conservadora para considerar el caso más desfavorable. Las pérdidas por concepto de SS/AA asociadas al parque fotovoltaico se pueden observar en las siguiente tablas de acuerdo a lo que se indica en [7]:

A.- CONSUMO C1, CARGAS PERMANENTES							
SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIONES							
Paño	Ítem	Descripción	Cant.	Potencia Unitaria (W)	Factor de eficiencia	Potencia Total (W)	Corriente (A)
52J1 (PAÑO CUMBRE)	1	Protección 87L	1	40	1	40	0,38
	2	Protección 21/21N	1	40	1	40	0,38
	3	Equipo controlador CP	1	40	1	40	0,38
	4	Control de Planta	1	40	1	40	0,38
	5	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	6	Alarmas	1	15	1	15	0,14
	7	Otros	1	10	1	10	0,09
52J2 (PAÑO ALMEYDA)	1	Protección 87L	1	40	1	40	0,38
	2	Protección 21/21N	1	40	1	40	0,38
	3	Equipo controlador CP	1	40	1	40	0,38
	4	Equipo facturación	2	40	1	80	0,75
	5	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	6	Alarmas	1	15	1	15	0,14
	7	Otros	1	10	1	10	0,09
52JT1 (PAÑO MALGARIDA)	1	Protección 87T	1	40	1	40	0,38
	2	Protección 51/51N	1	40	1	40	0,38
	3	Equipo controlador CP	1	40	1	40	0,38
	4	Equipo facturación	2	40	1	80	0,75
	5	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	6	Alarmas	1	15	1	15	0,14
	7	Otros	1	10	1	10	0,09
	8	Control de Planta	1	40	1	40	0,38
	9	Instrumentacion Transformador	1	40	1	40	0,38
	10	90V	1	40	1	40	0,38
	11	Osciloperturbografo	1	45	1	45	0,42
	12	protección Zig-Zag	1	40	1	40	0,38
BARRA 220 Kv	1	Protección Diferencial de Barra Centralizado	1	140	1	140	1,32
	2	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	3	Alarmas	1	15	1	15	0,14
	4	Otros	1	10	1	10	0,09
SWITCHGEAR 33 kv Malgarida N°1 - Barra 1	1	Equipo Proteccion con funcion de control	3	40	1	120	1,13
	2	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	3	Alarmas	1	15	1	15	0,14
	4	Otros	1	10	1	10	0,09
	5	Equipo facturación	2	40	1	80	0,75
SWITCHGEAR 33 kv Malgarida N°2 - Barra 1	1	Equipo Proteccion con funcion de control	8	40	1	320	3,01
	2	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	3	Alarmas	1	15	1	15	0,14
	4	Otros	1	10	1	10	0,09
	5	Equipo facturación	2	40	1	80	0,75
SWITCHGEAR 33 kv Malgarida N°2 - Barra 2	1	Equipo Proteccion con funcion de control	8	40	1	320	3,01
	2	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	3	Alarmas	1	15	1	15	0,14
	4	Otros	1	10	1	10	0,09
	5	Equipo facturación	2	40	1	80	0,75
SCADA Y COMUNICACIONES	1	Equipo controlador CP	1	40	1	40	0,38
	2	Switch de comunicación	6	20	1	120	1,13
	3	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	4	Alarmas	1	15	1	15	0,14
	5	Otros	1	10	1	10	0,09
	6	GPS	1	20	1	20	0,19
	7	Concentrador de datos	2	300	1	600	5,65
	8	HMI	1	130	1	130	1,22
	9	Switch comunicación	2	20	1	40	0,38
	10	Enlace MMOO - Cumbre	1	45	1	45	0,42
	11	Enlace FO - Cumbre	1	45	1	45	0,42
	12	Enlace FO - Almeyda	1	45	1	45	0,42
	13	Enlace OPGW - Almeyda	1	45	1	45	0,42
TOTAL CONSUMO C 1						3395	31,95

Figura 16: Consumo de CC asociados a los servicios esenciales permanentes del parque fotovoltaico Malgarida.

Toda copia impresa o informática de este documento, no residente en los sistemas de ACCIONA, es considerada NO CONTROLADA. (Excepto aquellas copias que explícitamente tengan el sello COPIA CONTROLADA en el mismo)

INFORME POTENCIA MÁXIMA PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

Alimentador	CONSUMOS NO ESENCIALES	kW	Factor de Demanda	kW
				Total
CA1-1	Tablero de alumbrado y Fuerza Sala y Patio No Esencial	10,20	1	10,20
CA1-2	Aire Acondicionado Sala de Celdas	2,70	1	2,70
CA1-3	Aire Acondicionado Sala de C&P	2,50	1	2,50
CA1-4	Calefacción y Alumbrado equipos de Patio	5,20	1	5,20
CA1-5	Calefacción y Alumbrado Armarios Sala de C&P	3,00	1	3,00
CA1-6	Alimentación edificio O&M	40,00	1	40,00
CA1-7	Reserva	0	0	0,00
CA1-8	Reserva	0	0	0,00
TOTAL CONSUMO				63,60

Figura 17: Consumos de SS/AA de C.A. asociados a la barra de servicios no esenciales del parque fotovoltaico Malgarida.

Alimentador	CONSUMOS ESENCIALES	kW	Factor de Demanda	kW
				Total
CA2-1	Cargador de baterías N°1	11,81	1	11,81
CA2-2	Cargador de baterías N°2	11,81	1	11,81
CA2-3	Alimentación Motor Desconectores e Interruptores	15,80	1	15,80
CA2-4	Alimentación Alumbrado y Fuerza Tablero Sala y Patio Esencial	16,00	1	16,00
CA2-5	Alimentación Aire Acondicionado Esencial Sala C&P	2,50	1	2,50
CA2-6	Alimentación Aire Acondicionado Esencial Sala de Celdas	2,50	1	2,50
CA2-7	Alimentación Sistema de Detección de Incendios	1,00	0,5	0,50
CA2-8	Alimentación Sistema CCTV	0,70	1	0,70
CA2-9	Alimentación Alumbrado y Calif. Celdas	3,30	1	3,30
CA2-10	Alimentación y Control Ventilación Transformador N°1	0,01	1	0,01
CA2-11	Alimentación CTBC Transformador N°1	19,00	1	19,00
CA2-12	Reserva	0,00	1	0,00
CA2-13	Reserva	0,00	1	0,00
CA2-14	Reserva	0,00	1	0,00
CA2-15	Reserva	0,00	1	0,00
TOTAL CONSUMO				83,9

Figura 18: Consumos de SS/AA de C.A. asociados a la barra de servicios esenciales del parque fotovoltaico Malgarida.

De acuerdo a "INGECON SUN POWER B SERIES AUXILIARY CONSUMPTION" [8], se estiman los consumos asociados a los servicios auxiliares de los inversores en relación a su potencia de funcionamiento y la temperatura ambiente (se marcan en rojo los considerados):

Ambient temperature	Inverter output power					
	5%	25%	50%	65%	80%	100%
0	60	218	1220	1220	2670	2670
10	60	271	1220	1220	2670	2670
20	60	324	1220	1907	2670	2670
30	60	350	1220	2309	2670	2670
40	60	1220	1220	2670	4567	4700
50	325	2469	2469	4700	4700	4700

Figura 19: Consumos auxiliares de los inversores en W.

$$\begin{aligned} \text{Total SSAA Malgarida} &= 3,395 \text{ kW} + 63,60 \text{ kW} + 83,9 \text{ kW} + 4,700 \text{ kW} \times 135 \text{ inversores} \\ &= 785,395 \text{ kW} \end{aligned}$$

5.6. CÁLCULO DE POTENCIA MÁXIMA (BRUTA)

A partir de los cálculos antes descritos se puede determinar la potencia máxima bruta que puede entregar el parque fotovoltaico de Malgarida I&II:

ELEMENTO	POTENCIA
Potencia activa inyectada en la barra de 220 kV (AT) de la central	190,680 MW
Potencia activa inyectada en la barra de 33 kV (MT) de la central	191,149 MW
Pérdidas en el transformador de poder de la central	469 kW
Servicios Auxiliares Totales (central +inversores)	785,395 kW
Pérdidas en el sistema colector del parque ERNC	1915 kW

Figura 20: Resumen de Consumos y Potencias de la planta fotovoltaica Malgarida.

Por lo tanto, tomando en consideración todo lo anterior se tiene que la potencia máxima bruta del parque fotovoltaico Malgarida, previo al sistema de colección:

$$P_{max} = 190,680 \text{ MW} + 0,469 \text{ MW} + 0,785 \text{ MW} + 1,915 \text{ MW} = 193,849 \text{ MW}$$

6. MEDIDA EN CAMPO DE LA POTENCIA MÁXIMA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA

El día 4 de mayo de 2021 se tomó los valores de potencia activa generada por la planta de Malgarida I&II en SET Malgarida 220kV, los cuales se muestran en la Figura 21.

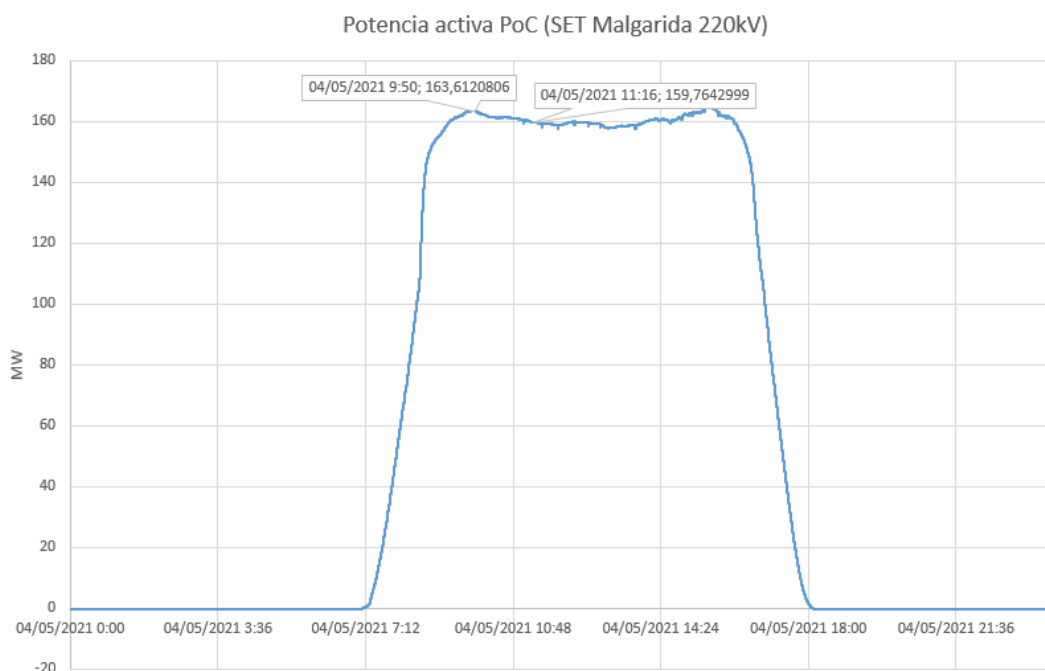


Figura 21: Potencia activa en PoC (SET Malgarida 220kV)

INFORME POTENCIA MÁXIMA PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

Se observa que la potencia máxima neta generada es de 163.45MW. Esto es debido a que la irradiancia es baja en el mes de mayo en el hemisferio sur, tal y como se muestra en la Figura 22 donde se observa la irradiancia a lo largo del año en el emplazamiento de Malgarida I&II.



Figura 22: Irradiancia a lo largo del año en el emplazamiento de Malgarida I&II

En concreto, en la fecha en la que se han tomado las medidas, la irradiancia es la siguiente:

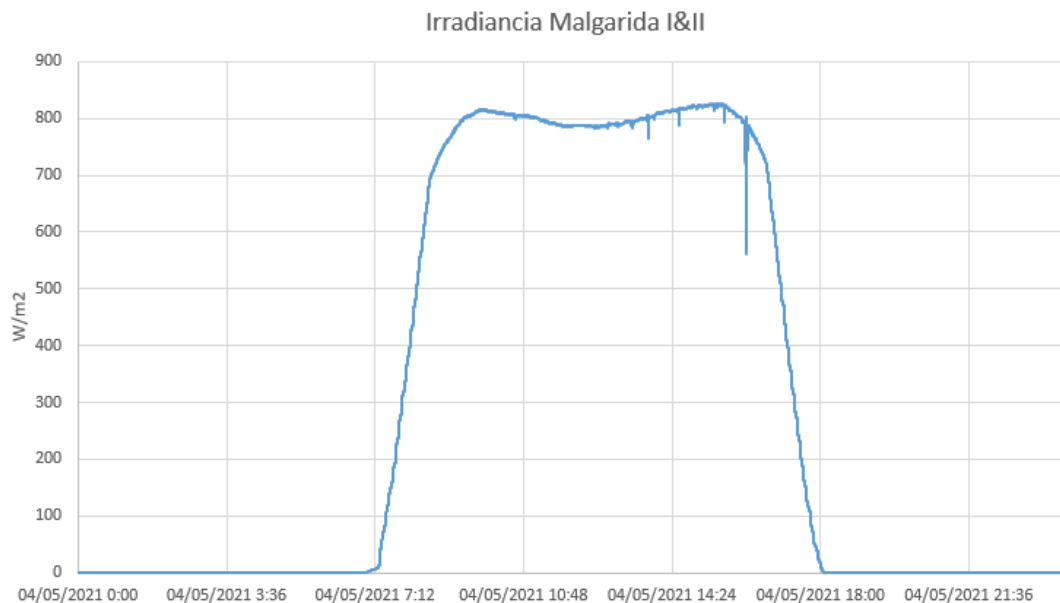


Figura 23: Irradiancia (W/m²) de Malgarida I&II

Para determinar la potencia máxima de la planta, se debe realizar a condiciones nominales de irradiancia (W/m²) y de temperatura de panel. Estas son a 1000 W/m² y 25°C respectivamente.

7. POTENCIA MÁXIMA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA EN CONDICIONES NOMINALES (STC)

Para determinar la potencia máxima, la irradiancia y la temperatura del módulo son parámetros relevantes. Como en la época de Otoño la irradiancia es baja, como se muestra en la Figura 21, para determinar la potencia máxima a partir de medidas en campo, hay que realizar ciertas correcciones en las medidas.

INFORME POTENCIA MÁXIMA PARQUE FOTOVOLTAICO MALGARIDA I & II

Las correcciones deben realizarse sobre la potencia bruta, debido a que la potencia neta incluye, además de la potencia de los paneles, la potencia que es consumida por la media tensión y los servicios auxiliares de la planta.

En las Figura 24, Figura 25 y Figura 26 se representa las medidas de potencia activa neta, irradiancia y temperatura de módulo a las 11:16 del día 4 de mayo de 2021, que es cuando se ha estabilizado la potencia de la planta.

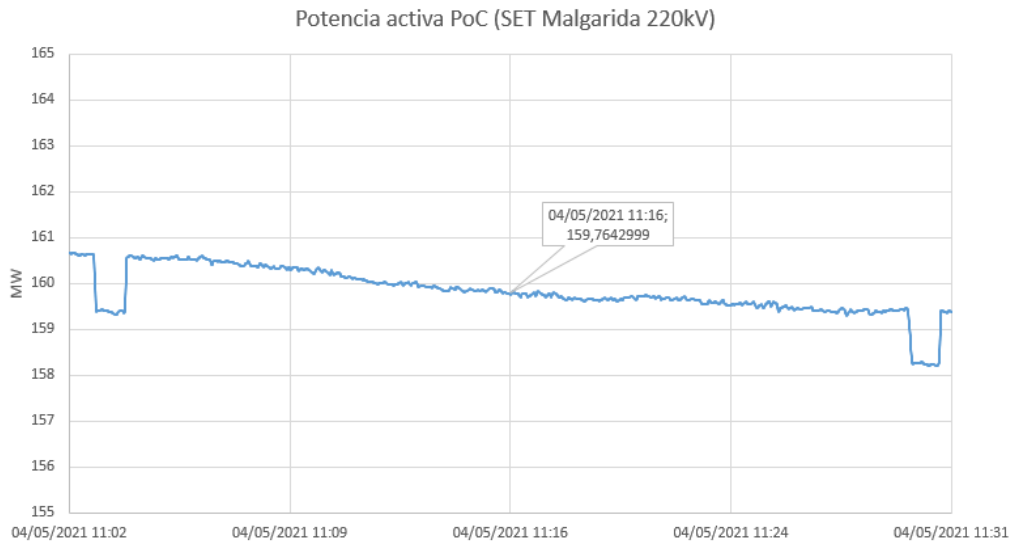


Figura 24: Potencia activa en PoC (SET Malgarida 220kV).

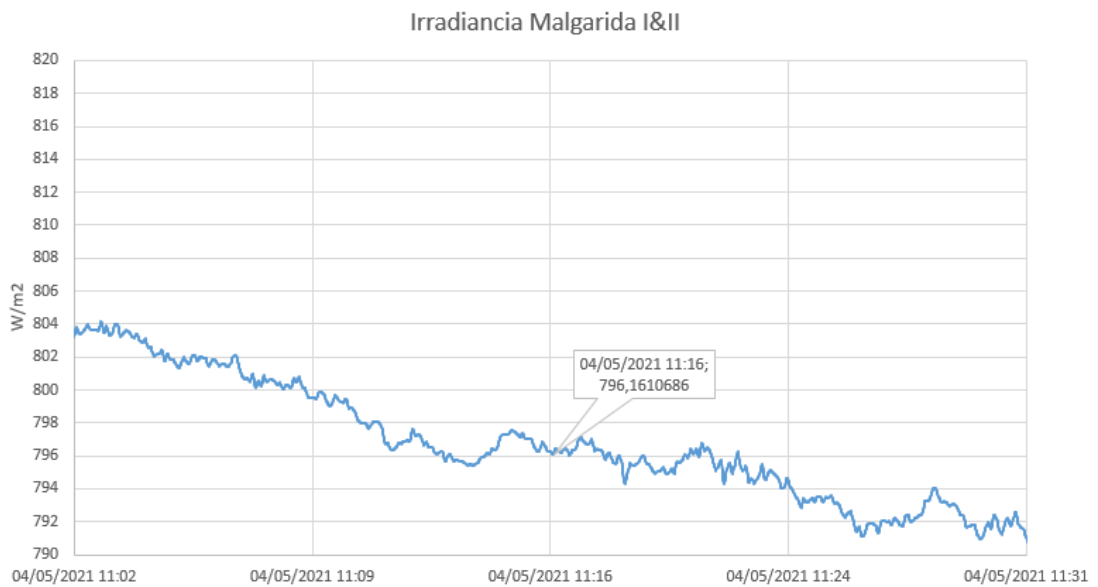


Figura 25: Irradiancia (W/m2) de Malgarida I&II.

Toda copia impresa o informática de este documento, no residente en los sistemas de ACCIONA, es considerada NO CONTROLADA.
 (Excepto aquellas copias que explícitamente tengan el sello COPIA CONTROLADA en el mismo)

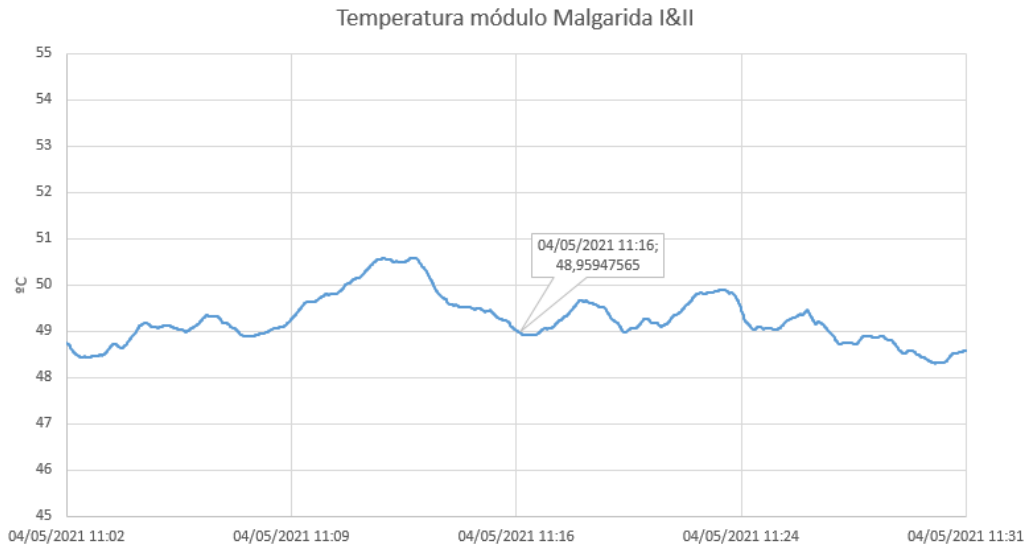


Figura 26: Temperatura de panel de Malgarida I&II.

En el día y hora indicado, en la Figura 24 la potencia neta sin corregir, $P_{\text{net},\text{Scorreg}}$, es de 159,7 MW con una irradiancia de 796,16 W/m² y una temperatura de módulo de 48,96°C.

De acuerdo a la Figura 20, las pérdidas de servicios auxiliares, circuitos colectores y transformador de poder suman un total de 3,169 MW. Sumando este valor a la potencia neta medida, sin corregir, que es de 159,7 MW, la potencia bruta sin corregir resultante es de 162,87 MW.

Mediante la fórmula siguiente, se obtiene la potencia bruta máxima corregida, que es a condiciones nominales de irradiancia y temperatura de módulo (STC):

$$P_{\text{Bruta},\text{SCorreg}} = P_{\text{Bruta},\text{Correg}} * \frac{G_{\text{eff}}}{G} * [1 + \gamma * (T_c - T_c^*)]$$

Donde;

- $P_{\text{Bruta},\text{SCorreg}}$ = Potencia neta sin corregir (MW)
- $P_{\text{Bruta},\text{Correg}}$ = Potencia neta corregida (MW)
- G_{eff} = Irradiancia en los módulos (w/m²).
- $G = 1.000$ (w/m²). Constante (condiciones STC).
- $\gamma = -0,0035$. Constante (proporcionada por el fabricante del módulo [9])
- T_c = Temperatura en los módulos (°C).
- $T_c^* = 25$ (°C). Constante (condiciones STC).

$$159,7 = P_{\text{Bruta},\text{Correg}} * \frac{796,16}{1000} * [1 - 0,0035 * (48,96 - 25)]$$

$$P_{\text{Bruta},\text{Correg}} = 218,95\text{MW}$$

Para obtener la potencia neta corregida ($P_{\text{Net},\text{Correg}}$) se resta las pérdidas de servicios auxiliares, circuitos colectores y transformador de poder de la Figura 20. Con ello, la potencia neta corregida sería de 215,78 MW.

De todos modos, se quiere recalcar que, aunque la potencia máxima neta que se podría generar es de 215,78 MW, en condiciones de irradiancia y temperatura nominal, la potencia neta máxima que se podría producir en campo es de 190,68 MW, debido a que el Control de Planta (PPC) limitará la potencia inyectada siempre a este valor.

Se han instalado 221 MVA de potencia en los inversores (potencia a condiciones estándar) para poder generar 190,68 MW de potencia activa (en el punto de conexión) y la potencia reactiva necesaria para cumplir los requerimientos del código de red a cualquier condición de temperatura del emplazamiento, ya que los inversores reducen su potencia cuanto mayor es la temperatura ambiente.

8. CONCLUSIONES

En este informe se revisan los antecedentes técnicos de los inversores que componen el parque fotovoltaico Malgarida, describiendo su funcionamiento y comportamiento, con el objetivo final de describir la estrategia de control implementada en el inversor.

Se confirma, mediante el uso del control de planta, y las correcciones pertinentes a las medidas tomadas, que:

- La máxima potencia (bruta) del parque fotovoltaico Malgarida I & II es de 193,849 MW.
- La máxima potencia (neta) del parque fotovoltaico Malgarida I & II es de 190,68 MW.
- La máxima potencia corregida (bruta) del parque fotovoltaico Malgarida I & II es de 218,95 MW.
- La máxima potencia corregida (neta) del parque fotovoltaico Malgarida I & II es de 215,78 MW.

9. DOCUMENTACIÓN RELACIONADA

CÓDIGO	TÍTULO
[1]	A. Energía, «malga2_p_ae_en_dwg_hvs_101000004.2_2».
[2]	A. Energía, «malga2_p_ae_en_dwg_ele_200000001_MAL_II_33KV».
[3]	Ingeteam, «MALGA2_P_ING_EN_DSH_EQU_404000001 (1)».
[4]	Ingeteam, «MALGA2_P_ING_EN_MEM_EQU_404000001. Inverter PQ Capabilities».
[5]	CELME, «MALGA2_P_ING_EN_DSH_EQU_403000001 (2). Hoja de Datos».
[6]	A. Energía, «5-19255-Name plate-MALGARIDA-20191122 - Validado».
[7]	A. Energía, «MALGA2_P_SAR_EN_CST_HVS_101000008».
[8]	Ingeteam, <i>ABQ0000IMC15_C_Consumos inversor.pdf</i> .
[9]	J. Solar, 直角 JAM72S10 MR 390-410 Global_EN_20190919A.

NOTA. Completar la tabla con la documentación, legislación, normativa, etc. que esté relacionada con el documento.