



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN LA NAVE DE MADERAS MORAL

Alumno: Alejandro Alcalá Ortega

Tutor: Prof. D. Jesús de la Casa Hernández
Dpto: Ingeniería Eléctrica

Septiembre, 2023



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

Don Jesús de la Casa Hernández, tutor del Proyecto Fin de Grado titulado: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN LA NAVE DE MADERAS MORAL, que presenta Alejandro Alcalá Ortega, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, SEPTIEMBRE de 2023

El alumno:

V.B. Tutor:

Alejandro Alcalá Ortega

Jesús de la Casa Hernández

Índice general

MEMORIA.....	1
M.1 Introducción.....	1
M.2 Objeto del proyecto.....	1
M.3 Localización.....	2
M.4 Antecedentes.....	2
M.5 Alcance	3
M.6 Normativa aplicable	4
M.7 Requisitos de diseño	5
M.8 Solución adoptada	5
M.9 Potencia del generador fotovoltaico.....	6
M.10 Descripción de la instalación	7
<i>M.10.1 Generador fotovoltaico.....</i>	<i>7</i>
<i>M.10.2 Inversores.....</i>	<i>9</i>
<i>M.10.3 Estructuras para los módulos fotovoltaicos.....</i>	<i>10</i>
<i>M.10.4 Red de corriente continua.....</i>	<i>10</i>
<i>M.10.4.1 Cajas de conexión</i>	<i>10</i>
<i>M.10.4.2 Conductores y canalizaciones.....</i>	<i>11</i>
<i>M.10.4.3 Protecciones de la red CC.....</i>	<i>12</i>
<i>M.10.4.3.1 Protecciones frente a sobretensiones.....</i>	<i>12</i>
<i>M.10.4.3.2 Protecciones frente a sobreintensidades.....</i>	<i>13</i>
<i>M.10.4.3.3 Protecciones de personas.....</i>	<i>14</i>
<i>M.10.5 Red de corriente alterna.....</i>	<i>15</i>
<i>M.10.5.1 Cuadro general de baja tensión</i>	<i>15</i>
<i>M.10.5.2 Protección de la interconexión</i>	<i>16</i>
<i>M.10.5.3 Conductores y canalizaciones.....</i>	<i>17</i>
<i>M.10.6 Puesta a tierra.....</i>	<i>18</i>
<i>M.10.7 Monitorización y medida</i>	<i>19</i>
<i>M.10.8 Definiciones y abreviaturas contempladas en todo el proyecto</i>	<i>19</i>
ANEXO I – DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA FOTOVOLTAICA.....	21
I.1. Potencial fotovoltaico.....	21
I.2. Restricciones legales.....	22
I.3. Valor de la potencia óptima.....	24

1.3.1 Coste medio de la energía	24
1.3.2 Potencia óptima de instalación	25
ANEXO II - CÁLCULOS.....	28
II.1 Productividad horaria fotovoltaica	28
II.2 Datos de generación para potencia óptima	31
II.3 Comprobación variaciones de tensión del generador	32
II.4 Inclinación y separación de módulos en superficie inclinada	33
II.4.1 Cálculo de superficie necesaria y superficie disponible	35
II.5 Cálculo de conductores	37
II.5.1 Conductores en la red de continua	37
II.5.1.1 Criterio térmico en la red de continua	37
II.5.1.2 Criterio de caída de tensión en la red de continua	38
II.5.2 Conductores en la red de alterna	40
II.5.2.1 Criterio caída de tensión	40
II.5.2.2 Criterio térmico	41
II.6 Magnetotérmicos de protección de rama	43
ANEXO III – DATOS DE CONSUMO	44
III.1 Consumo en enero	44
III.2 Consumo en febrero	45
III.3 Consumo en marzo	46
III.4 Consumo en abril	47
III.5 Consumo en mayo	48
III.6 Consumo en junio	49
III.7 Consumo en julio	50
III.8 Consumo en agosto	51
III.9 Consumo en septiembre	52
III.10 Consumo en octubre	53
III.11 Consumo en noviembre	54
III.12 Consumo en diciembre	55
ANEXO IV – DATOS DE RADIACIÓN	56
IV.1 Radiación en enero	56
IV.2 Radiación en febrero	57
IV.3 Radiación en marzo	58
IV.4 Radiación en abril	59
IV.5 Radiación en mayo	60
IV.6 Radiación en junio	61

IV.7 Radiación en julio.....	62
IV.8 Radiación en agosto.....	63
IV.9 Radiación en septiembre	64
IV.10 Radiación en octubre	65
IV.11 Radiación en noviembre.....	66
IV.12 Radiación en diciembre.....	67
ANEXO V - PLANOS	68
ANEXO VI - MATERIALES.....	75
VI.1 Módulo fotovoltaico	75
VI.2 Inversor.....	77
VI.3 Certificado del inversor	79
PRESUPUESTO Y MEDICIONES.....	82
PM1.Presupuesto y mediciones.....	82
PM2.Cuadro de descompuestos.....	83
PM3.Resumen del presupuesto.....	86
ESTUDIO ECONÓMICO	88
EE.1 Introducción	88
EE.2 Estudio de la viabilidad económica y financiera.....	88
EE.3 Datos iniciales	89
EE.4 Financiación	90
EE.5 Análisis financiero	91
EE.6 Análisis económico	92
EE.7 Conclusiones	93
PLIEGO DE CONDICIONES	94
PC.1 Condiciones generales.....	94
<i>PC.1.1 Objeto del pliego</i>	94
<i>PC.1.2 Alcance</i>	94
<i>PC.1.3 Descripción de obras</i>	94
<i>PC.1.4 Documentos</i>	95
PC.2 Normativa a cumplir.....	96
PC.3 Materiales.....	97
<i>P.3.1 Generador fotovoltaico</i>	97
<i>P.3.2 Inversor</i>	97
<i>P.3.3 Módulo fotovoltaico</i>	98
<i>P.3.4 Estructura soporte</i>	99
<i>P.3.5 Red CC</i>	99

<i>P.3.6 Puesta a tierra</i>	100
PC.4 Ejecución de obras	100
PC.5 Ensayo y pruebas de recepción	101
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	103
SS.1 Memoria	103
<i>SS.1.1 Objeto del estudio de seguridad y salud</i>	103
<i>SS.1.2 descripción y situación de la obra</i>	103
<i>SS.1.3 Ámbito de aplicación</i>	104
<i>SS.1.4 Actividades a realizar</i>	104
<i>SS.1.5 Legislación aplicable</i>	105
<i>SS.1.6 Entorno</i>	107
<i>SS.1.7 Número de trabajadores</i>	107
<i>SS.1.8 Elementos a utilizar</i>	107
<i>SS.1.9 Salubridad y confort</i>	107
<i>SS.1.10 Botiquín</i>	109
SS.2 Riesgos y prevención	109
<i>SS.2.1 Riesgos</i>	109
<i>SS.2.2 Prevención y medidas adoptadas</i>	110
<i>SS.2.3 Equipamiento de protección</i>	112
BIBLIOGRAFIA	114

Índice de tablas

Tabla M.I – Parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico en condiciones estándar de operación	8
Tabla M.II – Características mecánicas del módulo fotovoltaico	8
Tabla M.III – Valores de operación para cada generador	9
Tabla M.IV – Datos de entrada y salida de los inversores	9
Tabla I.I – Coste medio en función de la potencia instalada	26
Tabla II.I – Irradiancia media diaria (Inclinación 30°, Azimut 180°)	30
Tabla II.II – Generación mensual y productividad	31
Tabla II.III – Intensidades máximas admisibles	38
Tabla II.IV – Secciones normalizadas según Norma AENOR EN50618 para una temperatura máxima de conductor de 120°C y temperatura ambiente de 60°	38
Tabla II.V – Tabla B.52.1 de UNE-HD-60364	42
Tabla EE. I – Datos generales	89

Tabla EE.II – Datos de explotación	90
Tabla EE.III – Datos de financiación.....	90
Tabla EE.IV – Dimensión financiera del préstamo y del capital propio	90
Tabla EE.V – Análisis financiero.....	91
Tabla EE. VI – Resultados VAN y TIR	93

Índice de figuras

Figura M.1 – Esquema general de la instalación fotovoltaica	7
Figura M.2 – Montaje de módulos en cubierta	10
Figura M.3 – Esquema de tramos de cableado en la parte CC del subgenerador.....	11
Figura M.4 – Esquema de puesta a tierra	18
Figura I.1 Cubiertas de la nave industrial	22
Figura I.2 – Gráfica del coste medio de la energía en función de la potencia instalada.	27
Figura II.1 – Curvas máximas y mínimas de producción para GFV de 99,36 kWp.	32
Figura II.2 – Distancia entre módulos para evitar sombras.....	34
Figura II.3 – Cálculo del área de superficie inclinada	35

MEMORIA

M.1 Introducción

El modelo económico actual se basa en el uso intensivo de recursos energéticos fósiles, lo cual tiene efectos negativos en el medio ambiente y genera desequilibrios socioeconómicos. Esto obliga a buscar un nuevo modelo de desarrollo sostenible. El concepto de desarrollo sostenible fue acuñado por el informe Brundtland en 1987 y se refiere a un enfoque que busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

La energía solar fotovoltaica distribuida se presenta como una alternativa prometedora para avanzar hacia un modelo energético más sostenible. Esta tecnología ofrece una calidad energética elevada, un impacto ambiental reducido y un costo razonable de producción de energía.

España es un lugar con una abundante radiación solar a lo largo de todo el año, lo cual es un recurso fundamental para aprovechar la energía solar fotovoltaica como medio de generación de energía.

A lo largo del tiempo, se han implementado diferentes regulaciones en España para fomentar la energía fotovoltaica, especialmente el autoconsumo. Sin embargo, estas regulaciones no lograban convencer a los consumidores y a los instaladores. Fue con la entrada en vigor del Real Decreto 244/2019 cuando se definieron con detalle las condiciones para las nuevas tipologías de instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo, tanto sin excedentes como con excedentes. También se establecieron los mecanismos de compensación y compra de excedentes para instalaciones con una potencia de generación igual o inferior a 100 kW.

M.2 Objeto del proyecto

El propósito de este proyecto es establecer las especificaciones para el diseño y dimensionamiento de un sistema de energía solar conectado a la red eléctrica de tipo 2, con el fin de suministrar energía a una las naves industriales de la

empresa Maderas Moral situada en Jaén. Se analizará la viabilidad económica y los beneficios de la instalación. Dentro de este proyecto se llevarán a cabo las siguientes acciones:

- Estudio de la cantidad de radiación solar disponible en el lugar de ubicación.
- Determinación de la potencia óptima que se debe instalar.
- Diseño del conjunto de paneles solares fotovoltaicos.
- Diseño de la instalación eléctrica de baja tensión tanto en corriente continua (CC) como en corriente alterna (CA).
- Implementación de medidas de protección adecuadas para salvaguardar los equipos, las personas y las conexiones.
- Evaluación de la rentabilidad de la instalación.

M.3 Localización

La instalación fotovoltaica se plantea sobre las cubiertas de las naves industriales situadas en A-316, Salida 54 S/N, 23009 Jaén. Las coordenadas UTM son las siguientes:

- Latitud: 37,804135
- Longitud: - 3,819954

M.4 Antecedentes

En un principio, la empresa dependía exclusivamente de la red eléctrica como su única fuente de suministro energético. Sin embargo, con la implementación de este proyecto, se busca incorporar una fuente de energía renovable, específicamente la energía solar fotovoltaica, con el objetivo de reducir significativamente el consumo de energía proveniente de la red y, como consecuencia, minimizar los costos asociados.

Al adoptar esta fuente de energía renovable, la empresa podrá generar su propia electricidad a través de la instalación fotovoltaica. Esto implica que una parte del consumo energético total será abastecida por la energía solar generada internamente, lo que disminuirá la demanda de energía de la red eléctrica

convencional. Como resultado, se espera una reducción considerable en los costos de energía, ya que se reducirá la cantidad de electricidad que se compra a la red.

Además de los beneficios económicos, la implementación de esta fuente de energía renovable contribuirá a la sostenibilidad ambiental al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.

Es importante llevar a cabo un estudio detallado para determinar el tamaño y la capacidad óptima de la instalación fotovoltaica, así como considerar aspectos técnicos y regulatorios pertinentes para garantizar una transición exitosa hacia esta nueva fuente de energía.

M.5 Alcance

El alcance de este proyecto se centra específicamente en el diseño de la instalación fotovoltaica, así como en su conexión a la red y en la implementación de un sistema de monitorización. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no se incluirá el estudio estructural de la cubierta utilizada ni de los soportes de los módulos solares.

El diseño de la instalación fotovoltaica comprenderá la determinación de la potencia óptima a instalar, el diseño del generador fotovoltaico y la planificación de la instalación de baja tensión, abarcando tanto la parte de corriente continua como la parte de corriente alterna. Asimismo, se incluirá la identificación y aplicación de las protecciones necesarias para garantizar la seguridad de los equipos, las personas y las interconexiones.

La conexión a la red eléctrica se llevará a cabo según las condiciones y requisitos establecidos por las regulaciones vigentes, asegurando una conexión segura y eficiente. Además, se implementará un sistema de monitorización para controlar y supervisar el rendimiento de la instalación fotovoltaica, lo que permitirá detectar posibles fallos o desviaciones en el funcionamiento.

Cabe destacar que el estudio estructural de la cubierta utilizada, así como el diseño y cálculo de los soportes de los módulos solares, quedarán fuera del alcance de este proyecto y requerirán la participación de profesionales especializados en ingeniería estructural y diseño de sistemas de soporte.

M.6 Normativa aplicable

- Orden TED/749/2020, de 16 de julio, por la que se establecen los requisitos técnicos para la conexión a la red necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión.
- Real Decreto 647/2020, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.
- Real Decreto 244/2019, del 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos”
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y sus modificaciones.

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002) y Normas UNE indicadas en el mismo.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Otras normas que sean de aplicación.

M.7 Requisitos de diseño

Los requisitos que se han tenido en cuenta para el diseño de la instalación han sido:

- Consumo horario la empresa Maderas Moral en Jaén durante el año 2021.
- Límite de potencia máxima de inversor de 100 kW según Real Decreto 244/2019 para instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo tipo 2.

M.8 Solución adoptada

En el marco de este Trabajo de Fin de Grado, se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo para determinar la potencia óptima de la instalación fotovoltaica. Esto

implica analizar diferentes variables y considerar factores como el consumo de energía de las naves industriales de la empresa Maderas Moral y las condiciones del emplazamiento, incluyendo la radiación solar disponible.

Además, se ha realizado un análisis detallado de los datos relacionados con los beneficios económicos y la rentabilidad del proyecto. Esto implica evaluar los costos asociados a la instalación y mantenimiento de los paneles solares, así como los ahorros en términos de reducción del consumo de energía proveniente de la red eléctrica convencional.

En relación a la disposición y orientación de los módulos fotovoltaicos, se ha llevado a cabo un análisis para determinar la inclinación y separación óptimas. Esto se realiza con el objetivo de maximizar la producción de energía solar, teniendo en cuenta factores como la incidencia solar, sombras potenciales y características específicas del sitio de instalación. El diseño resultante busca aprovechar al máximo el recurso solar disponible y optimizar la generación de energía fotovoltaica.

Todo este análisis y diseño busca garantizar que la instalación fotovoltaica propuesta sea eficiente y rentable, contribuyendo al objetivo de abastecer parte del consumo de energía de las naves industriales de la empresa Maderas Moral.

M.9 Potencia del generador fotovoltaico

De acuerdo con el estudio realizado en el Anexo I del proyecto, se ha determinado que la potencia óptima a instalar es de 100 kW. Esta decisión se ha tomado en base al criterio de máxima rentabilidad de la instalación, teniendo en cuenta diferentes variables económicas y técnicas.

En cuanto a la ubicación de los paneles fotovoltaicos, se ha elegido la zona A4 según se establece en el Anexo I, apartado I.3.2. Esto se debe a que dicha zona cuenta con un amplio espacio disponible en la cubierta y adicionalmente no recibirá sombras de las zonas adyacentes.

Al seleccionar la zona A4 y orientar los módulos de la forma adecuada, se busca optimizar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y aumentar la

generación de energía solar en la instalación, lo que a su vez contribuirá a mejorar la rentabilidad del proyecto.

M.10 Descripción de la instalación

La instalación solar fotovoltaica consta de cuatro generadores fotovoltaicos. En la figura M.1 se muestra un diagrama general, donde en el plano número 2 se representa la disposición de los distintos generadores fotovoltaicos, y en el plano número 3 se muestra la ubicación y disposición de los módulos en las cubiertas de la nave. Todos los generadores tienen características idénticas y están compuestos por 54 módulos cada uno, con una potencia de 24,84 kWp en el lado de corriente continua.

Estos generadores están conectados a cuatro inversores de 25 kW de potencia de salida en el lado de corriente alterna.

En conjunto, se utilizan 216 módulos que generan una potencia total de 99,36 kWp en corriente continua, los cuales están conectados a través de cuatro inversores de corriente alterna con una potencia total de 100 kW, para suministrar electricidad a la red interna de las naves.

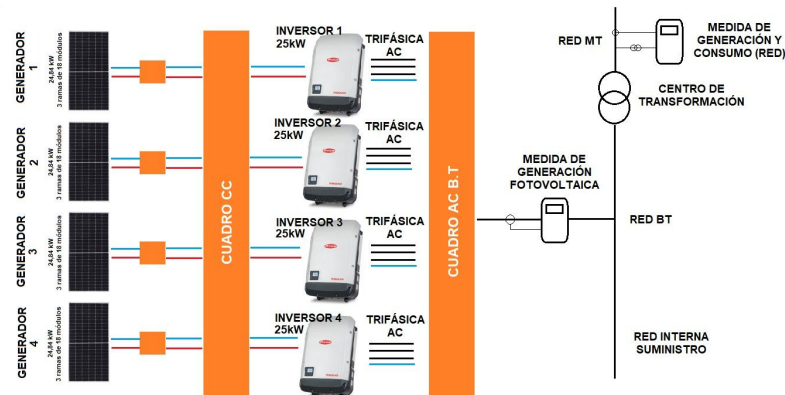


Figura M.1 – Esquema general de la instalación fotovoltaica

M.10.1 Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico está compuesto por 216 módulos fotovoltaicos del fabricante Tensite. Estos módulos pertenecen al modelo SM460-PH y están

fabricados con silicio monocristalino. Cada uno de estos módulos tiene una potencia de 460 Wp en condiciones estándar.

Los módulos están compuestos por 60 células solares policristalinas, las cuales están cubiertas por vidrio templado en la parte frontal. Estas células solares tienen una forma rectangular y una eficiencia de conversión superior al 21%. Además, están instaladas dentro de un marco de aluminio anodizado. Los parámetros eléctricos de los módulos en condiciones estándar de operación ($G=1000 \text{ W/m}^2$, $T=25 \text{ }^\circ\text{C}$, $AM=1,5$) son los mostrados en la tabla M.I:

Tabla M.I – Parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico en condiciones estándar de operación

Máxima potencia (Wp)	460W
Tensión máxima circuito abierto (Voc)	50.11V
Corriente cortocircuito (Isc)	11.45A
Tensión de potencia máxima (Vm)	42.13V
Corriente de potencia máxima (Im)	10.92A
Eficiencia del módulo	21.16%
Fusible máximo por Serie	20A
Número de Diodos	3
Tolerancia positiva de vatios	0~+3%
Condiciones de prueba estándar	1000W/m ² , 25°C, AM1.5
Tensión máximo del sistema	1500V/DC
Coefficiente de temperatura Isc	+0.044%/°C
Coefficiente de temperatura Voc	-0.272%/°C
Coefficiente de temperatura Pmpp	-0.350%/°C
Temperatura de operación nominal de la célula	45±2°C

Las características mecánicas se indican en la tabla M.II:

Tabla M.II – Características mecánicas del módulo fotovoltaico

Peso	23Kg
Cubierta frontal	Vidrio templado
Dimensiones del módulo (L / W / H)	2094x1038 x35mm
Célula (cantidad/material/dimensiones)	144(6x24) / silicio monocristalino
Marco (material / color)	Marco de aleación de aluminio anodizado / plata
Caja de conexiones (grado de protección)	≥IP67
Cables y conectores	300 mm
Clase de protección eléctrica	Clase II

El anexo VI incluye información más detallada del módulo fotovoltaico, entre otros materiales, proporcionada en la hoja de características del fabricante.

Como se mencionó anteriormente, la instalación fotovoltaica está compuesta por 4 generadores independientes. En la tabla M.III se presentan los parámetros de diseño y configuración además los valores de operación en condiciones estándar de cada generador:

Tabla M.III – Valores de operación para cada generador

Parámetros	Valor por generador	Valor total
Módulos totales	54	216
Módulos en serie	18	-
Ramas en paralelo	3	-
Potencia máxima [W]	24840	99360
Tensión máxima potencia [V]	758,34	-
Corriente máxima potencia [A]	32,76	-
Tensión circuito abierto [V]	901,98	-
Corriente cortocircuito [A]	34,35	-

M.10.2 Inversores

Para la conexión de los distintos generadores a la red eléctrica, se utilizarán 4 inversores trifásicos. Estos inversores, del fabricante Fronius, tienen una potencia nominal de salida en corriente alterna de 25 kW.

Los inversores seleccionados cuentan con la capacidad de realizar el seguimiento del punto de máxima potencia. Estos inversores están diseñados específicamente para sistemas fotovoltaicos conectados a la red y cumplen con funciones de protección para la interconexión. Además, se asegurará de que cumplan con la normativa vigente en materia de seguridad y requisitos técnicos.

A continuación, se detallan los principales parámetros del inversor en la tabla M.IV:

Tabla M.IV – Datos de entrada y salida de los inversores

DATOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S
Número de seguidores MPP	
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ max}$)	44,2 A
Máxima corriente de cortocircuito ($I_{sc\ pv}$) *	98 A
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc\ min.} - U_{dc\ max.}$)	580 - 1.000 V
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	650 V
Rango de tensión MPP	580 - 850 V**
Número de entradas CC	6
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ max.}$)	37,8 kW _{pico}
DATOS DE SALIDA	
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	25.000 W
Máxima potencia de salida	25.000 VA
Corriente de salida ($I_{ac\ nom.}$)	37,9 A / 36,2 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 380 V / 220 V or 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2,0 %
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.

Estos parámetros describen las características y el funcionamiento clave de los inversores utilizados en el sistema fotovoltaico. El anexo VI incluye información más detallada del inversor, entre otros materiales, proporcionada en la hoja de características del fabricante.

Los inversores irán ubicados en una caseta en el interior de la nave especialmente habilitada para dicha instalación.

M.10.3 Estructuras para los módulos fotovoltaicos

En la cubierta A4 de la nave, se utilizará un sistema de montaje de los módulos solares que consiste en una estructura de aluminio. Esta estructura se fijará al tejado según las representaciones mostradas en la figura M.2. Para garantizar la impermeabilidad de las cubiertas, se llevarán a cabo acciones de sellado en las perforaciones realizadas en las mismas. De esta manera, se evitará cualquier afectación a la impermeabilidad de las cubiertas tras la instalación de los módulos solares.



Figura M.2 – Montaje de módulos en cubierta

M.10.4 Red de corriente continua

M.10.4.1 Cajas de conexión

En el plano 3 se muestra la disposición de las cajas que se instalarían en la misma cubierta para realizar la conexión de las diferentes ramas y la salida de conexión con el inversor. Estas cajas cumplirán con la clase de protección IP66 y se utilizarán para albergar los elementos de protección contra sobretensiones y sobreintensidades, los cuales se detallan en el plano 4.

Se contará con un cuadro de corriente continua donde se llevará a cabo la interconexión de los subgeneradores con los inversores. En dicho cuadro, cada

inversor estará provisto de un interruptor seccionador que permitirá separar el inversor de la red de corriente continua. Este interruptor seccionador tendrá una capacidad nominal de corriente de 50 A y una tensión de 1000 V en corriente continua.

M.10.4.2 Conductores y canalizaciones

En el plano número 3 se exhibe la disposición física de los cables en la red de corriente continua. Los cables empleados deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la norma AENOR EN50618, la cual regula los requisitos y características de los cables eléctricos utilizados en circuitos de sistemas fotovoltaicos. De esta manera, se garantiza que la designación, características y construcción de los cables se ajustan a las normas vigentes.

Se muestra un esquema con los distintos tramos de cableado en corriente continua de un generador fotovoltaico (GFV).

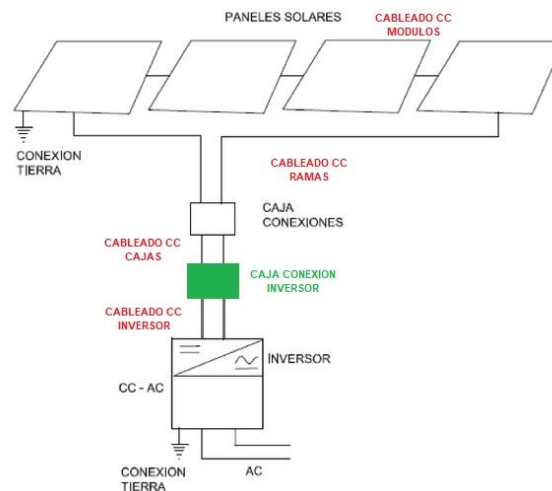


Figura M.3 – Esquema de tramos de cableado en la parte CC del subgenerador.

En la figura M.3 se distinguen tres tramos principales de cableado:

- Tramo 1: Cableado CC de módulos y ramas → Conductores unifilares de 4 mm² de Cu.
- Tramo 2: Cableado CC de conexión de cajas CC y la caja de conexión de inversor → Conductores unifilares de 16 mm² de Cu.
- Tramo 3: Cableado CC de conexión de la caja de conexión del inversor con el mismo inversor → Conductores unifilares de 16 mm² de Cu.

M.10.4.3 Protecciones de la red CC

M.10.4.3.1 Protecciones frente a sobretensiones

Las sobretensiones en la instalación suponen un riesgo que dependerá de diversos factores, como las características de los equipos instalados, el tipo de acometida de alimentación al transformador, distancia hasta el transformador o el nivel isoceraúnico.

La protección contra sobretensiones es fundamental para garantizar la seguridad de las personas y en proteger las instalaciones y equipos ya que en caso de daños supone un alto coste el hecho de repararlos o sustituirlos.

El generador fotovoltaico se ubica en una localización de nivel isoceraúnico bajo, por lo tanto, no se considera necesario instalar pararrayos como medida de protección externa. Por otro lado, sí que se implementará una protección interna de los componentes de la instalación mediante dispositivos de limitación de sobretensiones y se utilizará una conexión equipotencial en el sistema de puesta a tierra de la instalación.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones en la red de corriente continua serán descargadores de sobretensión de tipo 2 y se instalarán en todas las cajas de conexión de las ramas. Los inversores ya incluyen esta protección por lo que no será necesario instalarlos en el cuadro general de corriente continua. El modelo de descargador contará con las siguientes características:

- Tensión máxima: 1000 V CC.
- Corriente nominal de descarga: 15 kA.
- Corriente máxima de descarga: 40 kA.
- Nivel de protección de tensión modo común: < 3,9 kV.
- Nivel de protección de tensión modo diferencial: < 3,9 kV.
- Grado de protección IP40 en cara frontal.
- Grado de protección IP20 en terminal.

Los cables utilizados en la red de corriente continua presentan las siguientes características:

- PV ZZ-F-(AS)
- Los cables tienen una tensión asignada de 1,5 kV.
- Adecuados para equipos de aislamiento clase II.
- Código de colores: Para distinguir el polo negativo y el polo positivo de los cables en la red de corriente continua, se utiliza el código de colores estándar: el cable negro se utiliza para el polo negativo y el cable rojo para el polo positivo.
- Son capaces de resistir temperaturas extremas que van desde -40 °C hasta +120 °C.
- Los cables están diseñados para resistir las condiciones adversas de la intemperie, incluyendo la radiación ultravioleta y la absorción de agua.
- Los cables cumplen con los estándares de seguridad de alta calidad. Son libres de halógenos, lo que significa que no emiten sustancias tóxicas en caso de incendio. Además, no propagan la llama ni el fuego, y tienen una baja emisión de humos y gases corrosivos.

M.10.4.3.2 Protecciones frente a sobreintensidades

Dado que los subgeneradores constan de 3 ramas en paralelo, las corrientes que pueden circular por estas ramas en situaciones de cortocircuito son de aproximadamente 34 A, valor que se acerca la corriente inversa del módulo (aproximadamente $3 \cdot I_{sc}$). Por lo tanto, es necesario contar con protección. Para cada rama del generador, se utilizará un interruptor magnetotérmico de dos polos, uno para el terminal positivo y otro para el terminal negativo. Estos interruptores tendrán las siguientes características:

- Tensión nominal de 1000 V CC.
- Intensidad nominal de 14 A.
- Curvas de disparo B.

Los conductores de conexión desde las cajas CC hasta el inversor no requieren protección, ya que las corrientes de cortocircuito se encuentran dentro de un rango similar a las corrientes de operación normal. Estos conductores se han dimensionado para soportar una intensidad de 1,25 veces la I_{sc} .

M.10.4.3.3 Protecciones de personas

Para garantizar la protección de las personas en la red de corriente continua, se toman las siguientes medidas:

- Se tomarán todas las precauciones necesarias para evitar el contacto de las personas con las partes activas de la instalación. Esto puede lograrse mediante el aislamiento de las partes activas, el uso de barreras, y siguiendo las directrices establecidas en la norma UNE-HD 60364-4-41.
- El nivel de ajuste mínimo de resistencia del controlador siempre será superior a 10 veces la máxima tensión que pueda presentarse en el generador en circuito abierto. Según los cálculos realizados (Ver anexo II.3), esta cifra es prácticamente 1000 V. Por lo tanto, el ajuste del controlador será igual o superior a 10 K Ω .
- Se utilizará una configuración flotante para el generador. Esto asegura la protección contra contactos directos, ya que la corriente que circula a través de una persona será de muy baja intensidad. Además, ofrece protección contra contactos indirectos, ya que, en caso de una primera falla, la corriente de falla será prácticamente nula, lo que significa que el potencial eléctrico adquirido por las masas será muy bajo.
- Se llevará a cabo la puesta a tierra de las masas. Todas las partes metálicas de la red de continua que puedan adquirir tensión en caso de fallas de aislamiento serán conectadas a tierra.
- Se empleará un controlador permanente de aislamiento para garantizar la configuración flotante con una alta resistencia de aislamiento. En caso de que se produzca una falla en la instalación, esta medida evitará que la protección se vea comprometida. El controlador de aislamiento emitirá una alarma si la resistencia de aislamiento cae por debajo del nivel de ajuste establecido.

M.10.5 Red de corriente alterna

M.10.5.1 Cuadro general de baja tensión

El cuadro general de baja tensión, también conocido como cuadro de salida, se ubicará en el edificio de inversores. En este cuadro se llevará a cabo la conexión de los inversores con la red de baja tensión de corriente alterna. Para garantizar la seguridad y protección adecuadas de la red de corriente alterna, se instalarán los siguientes elementos:

- Interruptor general magnetotérmico: Se trata de un interruptor de 160 A, 4 polos, con una capacidad de voltaje de 400 V CA y una corriente de cortocircuito de 25 kA. Este interruptor cumple la función de proteger el conjunto del cuadro y la instalación ante sobretensiones, sobreintensidades y sobrecargas.
- Protección diferencial regulable: El interruptor general mencionado anteriormente llevará incorporado un módulo de protección diferencial de sensibilidad ajustable de 30-300 mA para detectar corrientes de fuga. Este dispositivo evita disparos intempestivos y cuenta con una alta inmunidad.
- Interruptores magnetotérmicos para los inversores: Se instalarán 4 interruptores magnetotérmicos de 40 A, 4 polos, y una corriente de cortocircuito de 10 kA. Estos interruptores se encargarán de proteger cada uno de los inversores.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones: Se utilizará un descargador con las siguientes características:
 - Máxima tensión de servicio (tensión máxima del descargador): U_{CA} 600 V.
 - Corriente nominal de descarga 16 kA.
 - Corriente máxima de descarga: 65 kA.
 - Nivel de protección: $U_p < 1.5$ kV.
 - Grado de protección: IP20.

Este dispositivo tiene como finalidad proteger contra sobretensiones y descargas eléctricas de origen atmosférico.

M.10.5.2 Protección de la interconexión

Para garantizar la protección de la interconexión en la instalación, se cumplirán con las funciones de protección de máxima y mínima tensión, así como de máxima y mínima frecuencia.

Los inversores que incluyen esta protección son responsables de realizar automáticamente las maniobras de desconexión mediante un contactor en caso de que se produzca una pérdida de tensión o frecuencia en la red. Una vez que se restablezcan las condiciones normales de suministro en la red, el contactor se rearma automáticamente.

Además, para la protección de la interconexión de la red de baja tensión se utilizan relés de protección que responden a condiciones anormales en el sistema eléctrico. A continuación, se listan los relés usados con su código y función correspondiente:

- Relé de sobreintensidad instantánea (50): Detectará las corrientes anormalmente altas en el circuito y desconecta el circuito cuando se excede un umbral preestablecido.
- Relé de sobreintensidad temporizada (51): Al igual que el relé 50 detecta corrientes elevadas, pero incorpora una función de temporización que permite que el relé retarde su activación para permitir la operación normal durante condiciones de arranque o sobrecargas temporales.
- Relé de protección de falta de tierra (50/51N): Responde a las fallas de tierra en el sistema. Compara las corrientes de entrada y de retorno y el relé actuará en caso de detectar una diferencia significativa entre dichas corrientes.
- Relé de baja tensión (27): Detecta niveles de tensión anormalmente bajos en el circuito y activa una protección para evitar daño a los equipos u operaciones inseguras.
- Relé de sobretensión (59): Este relé detecta niveles de tensión anormalmente altos y actúa para prevenir daños a los equipos
- Relé de frecuencia (81 U/O): Actúa si la frecuencia se desvía de los valores preestablecidos.

- Relé de inicio y parada (46): Garantiza que el arranque y parada de los sistemas se realice de manera segura y eficiente.
- Relé de sobrecarga térmica (55): Actuará en caso de que se exceda la capacidad de carga durante un periodo prolongado evitando sobrecalentamientos y daño.
- Relé de sincronización (25): Se utiliza para sincronizar de manera adecuada los generadores y sistemas de energía durante la conexión a la red.
- Relé de baja tensión direccional (27x): Similar al 27 pero además tiene capacidad adicional de operar de manera selectiva dependiendo de la dirección de flujo de corriente para proteger sistemas de distribución.
- Relé de protección “Anti-islanding” (AI): Evita que una fuente de generación, como paneles solares o generadores, continúe alimentando una carga local cuando la red se ha desconectado.

M.10.5.3 Conductores y canalizaciones

Para la conexión de los diferentes inversores con el cuadro general de baja tensión, se utilizarán cables unipolares con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de PVC.

Estos cables tendrán una clasificación de voltaje de 0,6/1 kV y estarán compuestos por cobre con una sección de 16 mm². Asimismo, la conexión entre el cuadro general de baja tensión, ubicado en la caseta de inversores, y el cuadro general de baja tensión del centro de transformación (CT) se realizará mediante cables unipolares aislados con XLPE y cubierta de PVC.

Los cables utilizados tendrán una clasificación de voltaje de 0,6/1 kV, con una sección de 70 mm² en cobre para las fases y el neutro.

La canalización de los conductores se realizará utilizando tubos de polietileno con un diámetro de 160 mm. Se excavará una zanja con una anchura de 0,4 m y una profundidad de 0,9 m. En el fondo de la zanja, se instalarán los tubos. Finalmente, se rellenará la zanja con zahorra y se compactará utilizando equipos mecánicos.

M.10.6 Puesta a tierra

Con la red de tierra se persiguen los objetivos de proteger a las personas contra contactos indirectos, desviar a tierra las corrientes de rayos y permitir el correcto funcionamiento de los limitadores de corriente y sobretensión de la protección interna.

Para mantener las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora y seguir las instrucciones del Real Decreto 1699/2011 y la ITC-BT-40, se cumplirá lo siguiente:

- La instalación contará con una separación galvánica entre la red de corriente continua y corriente alterna. Esto se logrará mediante la incorporación de una función de separación en los inversores, ya sea mediante un transformador de aislamiento u otro medio que cumpla las mismas funciones.
- Las masas de la instalación fotovoltaica se conectarán a una tierra independiente del neutro del CT.
- Para la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica se utilizará el mismo electrodo de tierra existente para el suministro de la nave. Se utilizarán conductores de protección separados de las masas del resto del edificio.

En la figura M.4 se muestra un esquema genérico de puesta a tierra.

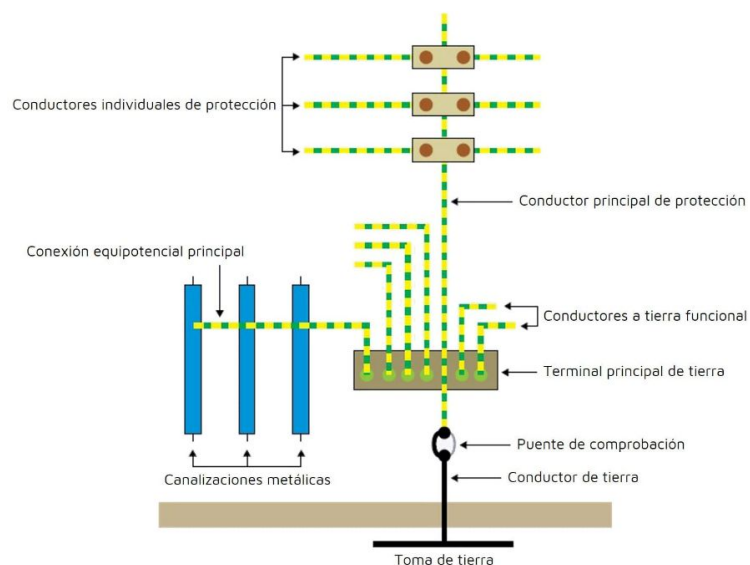


Figura M.4 – Esquema de puesta a tierra

M.10.7 Monitorización y medida

Cada inversor incluye un sistema de monitorización por WiFi en el que se pueden monitorizar los siguientes parámetros entre otros:

- Tensión en la salida del generador
- Corriente en la salida del generador
- Potencia en la salida del inversor
- Irradiación global en el plano del generador
- Temperatura ambiente

Además, se instalará un Smart Meter trifásico para controlar el vertido a la red eléctrica y ajustarse así a la regulación española. Este sistema permite el ajuste a la potencia de salida del inversor, de este modo el medidor envía la señal adecuada al inversor para controlar la energía que este suministra a la instalación eléctrica. Conjuntamente con el inversor, este Smart Meter se puede conectar a Internet mediante una red Wifi o vía cable para poder monitorizar la instalación y acceder a los datos de consumo y producción tanto en tiempo real como consultar el histórico que ha generado y ha sido consumido hasta el momento.

M.10.8 Definiciones y abreviaturas contempladas en todo el proyecto

- E_{AC} : Energía inyectada en red durante un periodo determinado de tiempo.
- P_{STC} : Potencia nominal del generador fotovoltaico en condiciones estándar de medida.
- I_{mpp} : Intensidad en el punto de máxima potencia.
- H_i : Irradiación sobre la superficie del generador fotovoltaico en el mismo periodo de tiempo que se haya considerado para EAC.
- G : Irradiancia global.
- G_{STC} : Irradiancia en condiciones estándar de medida.
- L_G : Pérdidas globales del sistema.
- V_{OCM} : Tensión del módulo a una temperatura T .
- I_{SC} : Corriente de cortocircuito.
- I_{SCmod} : Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.
- $V_{OCM,STC}$: Tensión del módulo en condiciones estándar de medida.

- α : Coeficiente de temperatura del módulo para la variación de tensión.
- T : Temperatura actual del módulo.
- T_{STC} : Temperatura en condiciones estándar de medida.
- AM : Masa de aire.
- β : Ángulo óptimo de inclinación para los módulos.
- Y : Ángulo de inclinación de la superficie.
- ε : Ángulo que toma el sol respecto a la superficie el día más corto del año para las horas centrales del día.
- I_{BIZ} : Corriente máxima admisible por el conductor.
- n : Número de ramas en paralelo de un subgenerador.
- ΔV : Caída de tensión en voltios.
- $S_{\Delta V}$: Sección del conductor para criterio de caída de tensión.
- σ : Conductividad del conductor.
- I_{inv} : Intensidad a la salida del inversor en amperios.
- P_{in} : Potencia nominal del inversor en vatios.
- U_L : Tensión compuesta a la salida del inversor.
- I_b : Corriente de diseño circuito.
- I_z : Corriente máxima admisible por el circuito.
- I_n : Corriente del interruptor magnetotérmico.
- I_2 : Corriente de actuación del dispositivo magnetotérmico.
- $U_{dc\ min}$: Tensión mínima a la entrada del inversor.
- $U_{dc\ max}$: Tensión máxima a la entrada del inversor.
- S_{mod} : Superficie del módulo.
- S_{disp} : Superficie disponible.
- Y_{AC} : Productividad o "final yield".

ANEXO I – DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA FOTOVOLTAICA

I.1. Potencial fotovoltaico

En la imagen I.1 se presentan las cubiertas donde se pueden colocar los paneles solares. Todas las cubiertas tienen una inclinación de 15° . Las áreas A, que se orientan hacia el sureste con un ángulo de 130° de azimuth, tienen una superficie total plana de 20500 m^2 . Las áreas B, que se orientan hacia el noroeste con un ángulo de 310° de azimuth, tienen la misma superficie total plana de 20500 m^2 .

Si se utiliza una inclinación de 15° para los paneles, se tiene en cuenta la inclinación de 15° de las cubiertas y se coloca con la separación adecuada para evitar sombras (ver Anexo II), en las zonas A4, A5, A6 y A7 se pueden instalar hasta 1533 paneles solares en cada una, lo que daría un total de 2820 kilovatios pico (kWp) de potencia.

En las zonas A1, A2 y A3 se pueden instalar hasta 575 paneles en cada una, lo que daría un total de 264,5 kWp de potencia.

Se descartan las zonas B debido a su orientación y para evitar la aplicación de fuerzas generadas por el viento, ya que la instalación de paneles solares en esas cubiertas requeriría un ángulo de inclinación demasiado alto.

Teniendo todo esto en cuenta, se podría instalar una potencia total de 3651 kWp utilizando paneles estándar de 460 Wp.



Figura I.1 Cubiertas de la nave industrial

I.2. Restricciones legales

Para instalaciones de potencias no superiores a 100 kW y para las que se conecten a líneas de tensión por debajo de 1 kV de la empresa distribuidora será de aplicación *Real Decreto 244/2019 de 5 de abril, “por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica”*. Otro punto a destacar sobre este Real Decreto es que elimina los cargos al autoconsumo.

Por otro lado, de acuerdo con la Instrucción Técnica ITC-BT-40 del Reglamento electrotécnico para baja tensión, tanto la red de distribución de baja tensión como la red interna de suministro eléctrico están limitadas a una potencia máxima de salida de inversor de 100 kW.

El Real Decreto establece dos modalidades de autoconsumo:

- Tipo 1: Autoconsumo sin excedentes: Instalaciones conectadas a red donde se instala un mecanismo antivertido que impide la inyección de excedente energético a la red.
- Tipo 2: Autoconsumo con excedentes: Las instalaciones tienen la capacidad no solo de generar energía eléctrica para su propio consumo, sino también de inyectar el excedente de energía producido hacia las redes de transporte y distribución. Dentro de esta categoría, se identifican dos escenarios distintos:
 - Autoconsumo con excedentes acogida a compensación: Instalaciones en las cuales tanto el generador como el consumidor participan en el sistema de compensación simplificada de excedentes. En consecuencia, si se da el caso en el que los usuarios no utilicen la totalidad de la energía generada por sus instalaciones, pueden inyectarla a la red de distribución. Posteriormente, al final de cada ciclo de facturación, la entidad comercializadora procede a compensar económicamente por los excedentes energéticos. Para optar por esta modalidad es obligatorio cumplir con lo siguiente:
 - I. Fuente de energía renovable.
 - II. La potencia de la instalación no debe ser mayor a 100 kW.
 - III. El consumidor solo puede estar adherido a un solo contrato de suministro para el consumo con una comercializadora.
 - IV. El consumidor y el productor deben firmar un contrato de compensación de excedentes.
 - V. El consumidor no puede obtener beneficio económico al no tratarse de una actividad retributiva. Esto quiere decir que únicamente se compensará la energía no consumida y el importe de la factura nunca podrá ser negativo.
 - Autoconsumo con excedentes no acogida a compensación: Este conjunto está conformado por aquellas instalaciones que no satisfacen los criterios necesarios para ser parte del mecanismo de compensación de excedentes (o que optan por no adherirse al mismo).

Bajo esta modalidad, los excedentes de energía son comercializados en el mercado eléctrico.

Considerando lo expuesto anteriormente y que además el usuario está conectado a la red de baja tensión se tomará el valor de 100 kW como límite de potencia máxima a instalar. Dicho valor es notablemente menor que el potencial fotovoltaico de 3651 kWp del edificio por lo que no habrá ningún problema de espacio.

La instalación pertenece a la modalidad de tipo 2, autoconsumo con excedentes acogida a compensación por lo que se podrán vender los excedentes.

1.3. Valor de la potencia óptima

La potencia óptima a instalar dentro del rango de 0 a 100 kW se determinará mediante dos parámetros:

- El coste del kWp en función de la potencia instalada. Tras solicitar información y presupuestos a distintas empresas instaladoras se ha determinado que dicho coste es de 1085,39 € por kWp instalado.
- La variación del coste medio de la energía consumida. Se obtendrá la curva del coste medio de energía. Esta tendrá una tendencia negativa hasta llegar a un punto donde comenzará a tener una tendencia positiva. Este punto es el que se considera como potencia óptima, sin embargo, se podrá observar que este punto se encuentra por encima de los 100 kW por lo que se establecerán estos 100 kW como la potencia óptima a instalar (apartado 1.3.2).

1.3.1 Coste medio de la energía

Para determinar este coste medio se tiene en cuenta la inversión inicial, la energía consumida a lo largo de 25 años y el precio del kWh tanto generado como inyectado a la red en los distintos periodos. Una vez se tienen dichos datos se considera lo siguiente:

- Para cada valor de potencia del generador se determinan los valores de producción para un día típico de cada mes del año.
- Se compara para todas las horas del año el valor de la energía generada con el valor de la energía consumida. En caso de que el consumo sea mayor a la energía generada, este consumo que exceda la energía generada se destina a consumo en el periodo tarifario correspondiente. Si es menor, el excedente de generación se inyectará a la red.
- Tras comparar estos valores para todas las horas del año se obtienen unos gastos de la energía consumida de red para las 8760 horas del año. Se han obtenido los distintos precios a lo largo de un año a través de la plataforma Esios.
- Los precios del coste del suministro serán el precio de compra de energía con peajes y cargos y el precio de compra de energía sin peajes ni cargos. La diferencia entre ambos radica en que la compañía no puede compensar los peajes y cargos, es decir, los ingresos por venta a red nunca podrán ser superiores al gasto por compra de energía sin cargos.
- Los ingresos que provengan de la energía inyectada a la red dependerán del valor del precio que tenga la energía a red en esa hora concreta.

1.3.2 Potencia óptima de instalación

Tomando en consideración nuevamente el límite máximo de 100 kW de potencia de salida de inversor como la máxima potencia a instalar (según se menciona en el apartado 1.2), se procede a deducir el valor óptimo de la potencia a instalar dentro del rango de 0 a 100 kW.

Para obtener la potencia óptima a instalar se ha utilizado una hoja de cálculo Excel en la cual se ha comparado la producción con el consumo en todas las horas del año llevando a cabo el siguiente procedimiento:

- Se determina el periodo tarifario de la hora en concreto de acuerdo a los datos descargados de la plataforma Esios.
- Si el consumo es mayor o igual a la generación, toda la generación de esa hora será considerada autoconsumo y el restante se consumirá al precio

del periodo tarifario concreto. Si la generación fuera mayor al consumo, la diferencia que lo excede será inyectada a red.

El coste medio de la energía consumida durante los 25 años de garantía en producción de la instalación vendrá dado por la siguiente expresión:

$$\text{Coste medio} = \frac{\text{Coste inversión} + \sum_{n=1}^{25} \frac{(\text{Coste de compra} - \text{Ingresos de venta})}{(1+d)^n}}{\text{Consumo total}}$$

Se tendrá en cuenta que la venta de energía a red está limitada por los gastos de compra sin incluir peajes ni cargos, repitiendo esto para todos los meses.

El estudio se realiza para los 25 años de vida útil que se estiman para las instalaciones fotovoltaicas. Todo el estudio se realiza en el año 0 y es debido a esto que tenemos una tasa de actualización que se verá afectada en función de la inflación, obteniendo así el valor actual aproximado de un futuro capital.

Aplicando la expresión anterior para distintas potencias se ha obtenido la siguiente tabla de costes medios (Tabla I.I).

Tabla I.I – Coste medio en función de la potencia instalada.

Potencia [kW]	Coste medio [€/kWh]
10	0,128
20	0,122
30	0,117
40	0,111
50	0,106
60	0,101
70	0,097
80	0,093
90	0,090
100	0,088
120	0,081
140	0,077
160	0,073
180	0,068
200	0,066

220	0,064
240	0,063
260	0,062
280	0,063
300	0,065

En la tabla I.I se observa que dentro del rango de los 0 a 100 kW el coste medio más bajo se obtiene en los 100 kW, por lo que se escogerá dicho valor como la potencia optima de instalación. Por otro lado, se puede observar tanto en dicha tabla como en la siguiente figura (Figura I.2) que aproximadamente a partir de los 260 kW se produce un repunte del coste medio donde la tendencia vuelve a ser creciente. A partir de este punto se considerará que la potencia instalada no es óptima ya que empezará a haber un porcentaje de autoconsumo bastante menor y por tanto un menor aprovechamiento de la energía producida en comparación a otras potencias de instalación.

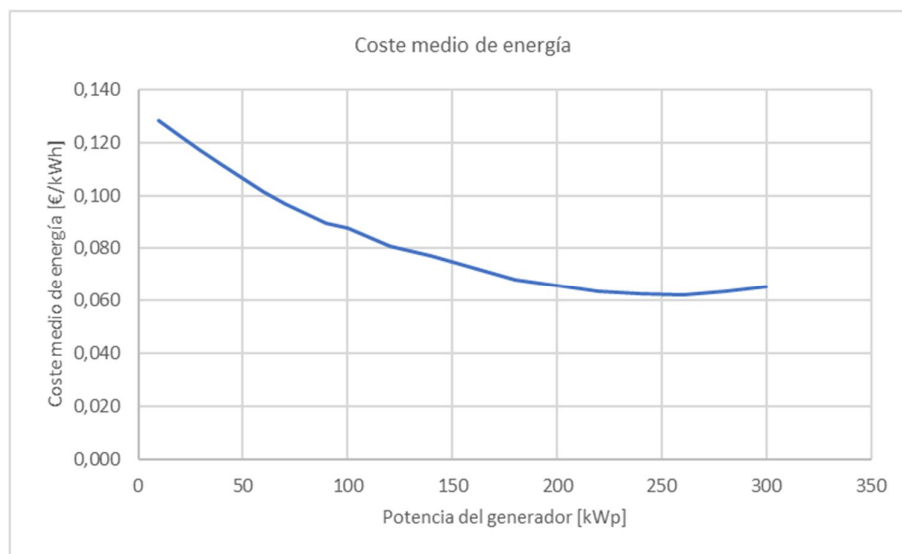


Figura I.2 – Gráfica del coste medio de la energía en función de la potencia instalada.

Los detalles sobre el generador diseñado en base a esta potencia se describen en el apartado 9 de la memoria. En este caso, la instalación fotovoltaica estaría compuesta por 99,36 kWp instalados en la superficie A4 (consulte la Figura I.1).

ANEXO II - CÁLCULOS

II.1 Productividad horaria fotovoltaica

La energía que produce un sistema fotovoltaico se estima mediante la siguiente expresión:

$$E_{AC} = P_{STC} * \frac{H_i}{G_{STC}} * PR$$

La productividad se refiere a la producción total de energía eléctrica generada por una planta fotovoltaica durante un período específico, normalmente un año. Representa el rendimiento total de la planta en términos de la energía eléctrica producida.

En resumen, la productividad se calcula dividiendo la energía total producida por la planta fotovoltaica durante el período determinado, por la potencia nominal del generador fotovoltaico. Esta medida permite estimar la cantidad de energía eléctrica generada por unidad de potencia nominal del generador fotovoltaico.

La expresión para estimar la productividad es la siguiente:

$$Y_{AC} = \frac{H_i}{G_{STC}} * PR$$

Para calcular la productividad, es necesario tener información sobre el valor de PR (Performance Ratio), así como el valor de la irradiación horaria sobre la superficie del generador fotovoltaico.

El PR es una medida utilizada para evaluar la eficiencia y el rendimiento de una instalación fotovoltaica. Se estima mediante la siguiente expresión:

$$PR = 1 - L_G$$

En el caso específico de una instalación situada en Jaén y considerando las condiciones ambientales a lo largo del año, se ha tomado un valor promedio anual de PR de 0,75. Esto implica que se espera que las pérdidas globales representen aproximadamente el 25% de la energía teóricamente disponible.

Es importante destacar que este valor de PR puede variar en función de las condiciones específicas de la instalación y es recomendable realizar un estudio detallado para obtener una estimación precisa de las pérdidas y el rendimiento de la planta fotovoltaica en esa ubicación.

La estimación de la irradiación puede realizarse utilizando la expresión:

$$H_i = \int_i G dt$$

Donde i representa el período de tiempo considerado, que en este caso es de una hora. Sin embargo, suponiendo que la irradiancia se mantiene constante en intervalos cortos de tiempo, se puede simplificar la expresión E.4 de la siguiente manera:

$$H_i = \sum_i G * \Delta t$$

Para obtener datos de irradiancia en intervalos de 15 minutos, lo suficientemente cortos para el propósito establecido, se utiliza la herramienta en línea PVGIS ¹, disponible en el sitio web de la Comisión Europea:

A través de esta herramienta, se puede acceder a los valores de irradiancia para una inclinación de 30° y un azimut de 180°, específicos para la ciudad de Jaén (latitud 37,804135, longitud -3,819954).

Utilizando estos datos de irradiancia, se calcula la irradiación horaria aplicando la expresión E.5 para cada hora de un día representativo de cada mes.

Los valores de irradiancia para la inclinación y el azimut mencionados se encuentran en la Tabla II.I, mientras que el valor de generación en kWh para el PR mencionado anteriormente y la productividad horaria en el día típico de cada mes se muestran en la Tabla II.II.

¹ https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#api_5.2

Tabla II.I – Irradiancia media diaria (Inclinación 30°, Azimut 180°)

Curva PVGIS Irradiancia [W/m ²]												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	48	84	108	119	117	106	93	73	11	0
8	119	149	188	214	251	276	295	282	255	238	176	127
9	281	298	320	345	392	433	469	465	418	384	320	302
10	412	419	438	454	495	575	616	622	555	511	442	437
11	496	515	529	518	570	660	718	724	627	580	510	525
12	528	534	518	542	595	699	763	769	640	588	519	544
13	503	532	532	521	566	660	739	735	624	545	471	516
14	435	462	464	438	492	574	653	644	525	451	385	418
15	337	367	352	355	378	452	516	514	397	334	274	300
16	204	233	229	228	246	292	354	342	248	182	134	152
17	6	89	99	102	109	140	175	159	95	31	0	0
18	0	0	2	7	7	16	26	16	1	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla II.II – Generación mensual y productividad

Generación [kWh]												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8	0	0	0	2	4	4	4	2	0	0	0	0
9	0	0	3	9	13	15	13	10	6	3	0	0
10	3	7	14	21	26	28	27	23	19	15	9	4
11	14	18	27	34	39	41	42	38	33	27	20	16
12	25	29	39	46	51	55	54	51	46	39	31	26
13	34	39	49	55	59	64	64	61	55	46	38	33
14	39	45	53	59	64	70	70	68	61	51	42	38
15	41	47	55	60	64	69	71	69	61	51	41	40
16	37	43	51	56	59	66	68	66	56	45	37	36
17	32	37	43	48	53	58	61	58	48	36	28	27
18	20	26	32	37	41	45	49	45	34	23	15	15
19	1	12	18	23	27	31	34	30	19	7	0	0
20	0	0	2	8	13	17	19	13	3	0	0	0
21	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
Productividad					1482			[kWh/kWp]				

II.2 Datos de generación para potencia óptima

Según queda indicado en el anexo I, la potencia óptima de generación es de 100 kWp, en este caso, el GFV tendrá una potencia total pico de 99,36 kWp. Esta potencia está instalada con una inclinación de 15° y un azimut de 180° sobre una superficie que tiene una inclinación de 15° dando una inclinación total para los módulos fotovoltaicos de 30°.

En la tabla II.II se encuentran los datos de generación horaria para un día representativo de cada mes. Utilizando estos valores, se ha generado la curva horaria de producción del generador, la cual se muestra en la figura II.1. Esta curva refleja la variación de la generación fotovoltaica a lo largo del día para el mes de máxima y mínima generación, que son julio y noviembre respectivamente.

La curva horaria de producción del generador permite visualizar cómo varía la producción de energía eléctrica a lo largo del día en diferentes meses del año, lo cual es útil para comprender los patrones de generación fotovoltaica en diferentes condiciones de radiación solar.

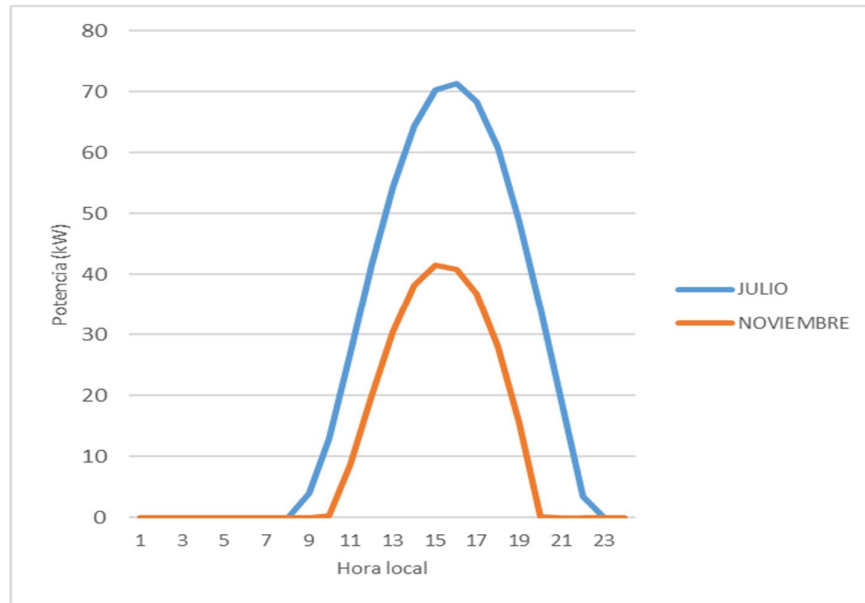


Figura II.1 – Curvas máximas y mínimas de producción para GFV de 99,36 kWp.

II.3 Comprobación variaciones de tensión del generador

En este apartado, se lleva a cabo una comprobación para asegurar que las tensiones extremas del generador fotovoltaico se encuentren dentro de los valores de operación del inversor. Se han tomado en consideración los datos proporcionados por el fabricante del inversor, los cuales indican los rangos de tensión admitidos.

Es importante verificar estas tensiones para garantizar una operación segura y eficiente del sistema fotovoltaico. Cabe destacar que los valores específicos de las tensiones admitidas pueden variar según el modelo y las especificaciones del inversor seleccionado.

Los datos del fabricante para el inversor escogido son los siguientes:

- $U_{DC\ min} = 580\ V$
- $U_{DC\ max} = 1000\ V$

La variación de la tensión con la temperatura para el módulo seleccionado se puede obtener utilizando la siguiente expresión:

$$V_{OCM} = V_{OCM,STC} * [1 + \alpha(T - T_{STC})]$$

Esta expresión nos permite estimar la variación de la tensión del módulo fotovoltaico en función de la temperatura ambiente. El coeficiente de temperatura α es un parámetro específico del módulo y lo proporciona el fabricante.

Para el módulo SM460-PH y teniendo en cuenta que para las temperaturas extremas en Jaén se toman los valores de $-10\ ^\circ C$ y $50\ ^\circ C$ resultan entonces los siguientes valores de tensión para dichas temperaturas:

$$V_{OCM(-10\ ^\circ C)} = 50,11\ V * [1 + \left(-\frac{0,275}{100}\right) * (-10\ ^\circ C - 25\ ^\circ C)] = 54,93\ V$$

$$V_{OCM(50\ ^\circ C)} = 50,11\ V * [1 + \left(-\frac{0,275}{100}\right) * (50\ ^\circ C - 25\ ^\circ C)] = 46,66\ V$$

Teniendo en cuenta que el GFV está formado por ramas de 18 módulos en serie, se obtendrán los siguientes valores de tensión:

$$V_{OCM(-10\ ^\circ C)} = 54,93\ V * 18 = 988\ V < U_{DCmaxInversor}(1000\ V)$$

$$V_{OCM(50\ ^\circ C)} = 46,66\ V * 18 = 839,96\ V > U_{DCminInversor}(580\ V)$$

Se concluye entonces que las variaciones de tensiones están dentro del rango permitido por los inversores que se van a utilizar.

II.4 Inclinación y separación de módulos en superficie inclinada

En esta sección se analiza la inclinación de los módulos y la distancia entre filas de módulos con el objetivo de lograr una instalación eficiente en términos de aprovechamiento del espacio disponible y minimización de las pérdidas debido a la inclinación y al sombreado entre los módulos.

Una vez establecida la orientación en un azimuth de 180° , la inclinación de los módulos afecta principalmente a dos factores: la cantidad de energía recolectada y el espacio necesario para instalar un módulo.

El ángulo de inclinación óptimo para un módulo fotovoltaico depende de la latitud del lugar de instalación y se puede hallar mediante la siguiente expresión:

$$\beta = 0,69 * \text{latitud} + 3,7$$

Teniendo en cuenta que en este caso la instalación se encuentra en una latitud de $37^\circ 80'$ el ángulo de inclinación óptimo será:

$$\beta = 0,69 * 37^\circ 80' + 3,7 \cong 30^\circ$$

En estos 30° ya están contemplados los 15° de inclinación de la superficie por lo que el módulo solo habrá que inclinarlo 15° sobre dicha superficie.

Una vez establecido el ángulo óptimo de inclinación se puede calcular la separación que hay que dejar entre filas de módulos para evitar el autosombreado entre ellas.

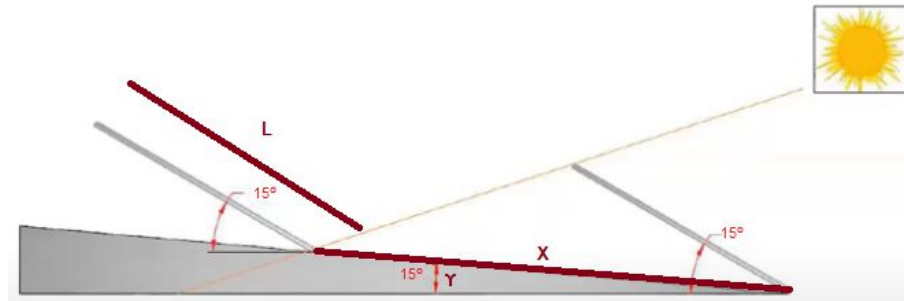


Figura II.2 – Distancia entre módulos para evitar sombras

Hay que tener en cuenta que no se trata de una superficie plana sino de una inclinada y la distancia entre filas se calculará planteando un problema trigonométrico (ver figura II.2) y aplicando las siguientes expresiones que también dependen de la latitud de la zona de instalación:

$$\varepsilon = 67^\circ - \text{latitud}$$

$$\varepsilon = 67^\circ - 37^\circ 80' = 28,66^\circ$$

Una vez se obtiene dicho ángulo, se puede calcular la separación X entre módulos mediante la siguiente expresión:

$$X = L * \left(\frac{\text{sen}(\beta -)}{\tan(\varepsilon +)} + \cos(\beta -) \right)$$

Sabiendo esto queda el siguiente resultado:

$$X = 2,094 \text{ m} * \left(\frac{\text{sen}(30 - 15)}{\tan(28,66 + 15)} + \cos(30 - 15) \right) = 2,6 \text{ m}$$

II.4.1 Cálculo de superficie necesaria y superficie disponible

Una vez calculada la distancia X entre módulos (apartado II.3) se puede hallar la superficie total que ocupa un módulo que será:

$$S_{mod} = X * anchura_{mod} = 2,6 * 1,038 = 2,7 \text{ m}^2$$

Si se tiene en cuenta que la longitud de la zona A4 (Ver Anexo I - Figura I.1) son 200 m, la anchura de 20 m y su inclinación 15° se obtiene un área total de la superficie inclinada de mediante el siguiente problema trigonométrico (Figura II.3):

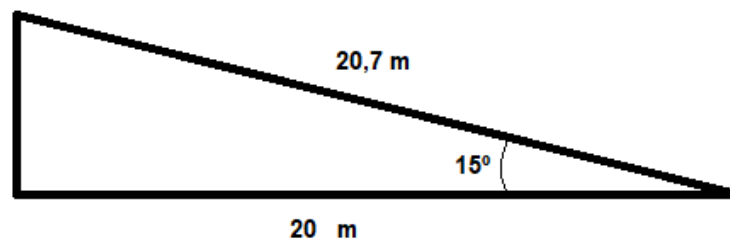


Figura II.3 – Cálculo del área de superficie inclinada

Donde:

- La longitud son 200 m.
- La anchura se ha hallado como $a = \frac{20\text{ m}}{\cos 15} = 20,7\text{ m}$.

Esto deja una superficie total disponible en la zona A4 (Ver Anexo I - Figura I.1) de:

$$S_{disp} = 20,7\text{ m} * 200\text{ m} = 4140\text{ m}^2$$

Con el valor de dicha superficie se puede calcular la cantidad de módulos que sería posible instalar como máximo:

$$Nm_{\text{máximos por superficie}} = \frac{S_{disp}}{S_{mod}} = \frac{4140\text{ m}^2}{2,7\text{ m}^2} = 1533\text{ módulos}$$

1533 módulos de 460 Wp cada uno equivalen a una potencia total de 714,38 kWp, es decir, hay espacio más que suficiente para realizar la instalación de 99,36 kWp.

Además, hay que considerar que, aunque no sea necesario también se dispone de las cubiertas con superficies disponibles idénticas A5, A6 y A7 (Ver Anexo I - Figura I.1).

De la misma manera, en la superficie A1 y las superficies idénticas A2 y A3 (Ver Anexo I - Figura I.1) se halla la cantidad de módulos que pueden llegar a instalarse en cada una de ellas:

$$S_{disp} = 20,7\text{ m} * 75\text{ m} = 1552,5\text{ m}^2$$

$$Nm_{\text{máximos por superficie}} = \frac{S_{disp}}{S_{mod}} = \frac{1552,5\text{ m}^2}{2,7\text{ m}^2} = 575\text{ módulos}$$

575 módulos de 460 Wp cada uno equivalen a una potencia pico total de 264,5 kWp por cada una de las superficies mencionadas.

II.5 Cálculo de conductores

II.5.1 Conductores en la red de continua

La red de continua está compuesta por los siguientes tramos de cableado:

- Tramo 1: Cableado para la interconexión de los módulos y caja de conexión CC.
- Tramo 2: Cableado desde la caja de conexión CC hasta la caja CC del inversor.
- Tramo 3: Cableado desde la caja CC del inversor al inversor.

Los conductores en la red de continua seguirán la norma UNE-EN50618 “Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos” y se comprobará que cumplan el criterio térmico y el criterio de caída de tensión. En casos donde la sección obtenida sea menor a 4 mm² se aplicará el criterio económico y se dimensionará con 4 mm² ya que por lo general el metro de cable de dicha sección es menos costoso que los de menor sección.

Con el fin de conseguir una instalación homogénea y de fácil conexión se utilizará siempre el caso más desfavorable y será este el que se aplique a toda la instalación.

II.5.1.1 Criterio térmico en la red de continua

Las intensidades máximas admisibles según el criterio térmico para los tramos de cableado mencionados en el apartado II.5.1 vienen dadas por las siguientes expresiones:

- Tramo 1:

$$I_{B\ Iz} = 1,25 * I_{SC_{mod}}$$

- Tramo 2 y tramo 3:

$$I_{B\ Iz} = 1,25 * I_{SC_{mod}} * n$$

Se tienen entonces los siguientes valores de intensidad máxima admisible para los distintos tramos:

Tabla II.III – Intensidades máximas admisibles

Criterio térmico CC	
Tramos	Ib [A]
Tramo 1	11,45
Tramo 2	34,35
Tramo 3	34,35

Tabla II.IV – Secciones normalizadas según Norma AENOR EN50618 para una temperatura máxima de conductor de 120°C y temperatura ambiente de 60°

Sección nominal mm ²	Intensidad máxima admisible de acuerdo con el método de instalación		
	Un único cable al aire libre A	Un único cable sobre una superficie A	Dos cables cargados en contacto, sobre una superficie A
1,5	30	29	24
2,5	41	39	33
4	55	52	44
6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176
50	276	262	221
70	347	330	278
95	416	395	333
120	488	464	390
150	566	538	453
185	644	612	515
240	775	736	620

Secciones nominales de los conductores seleccionadas:

Según el criterio térmico y considerando las corrientes de los distintos tramos (Ver tabla II.III) con lo que siguiendo dicho criterio habría que dimensionar con 4 mm² de sección para todos los tramos ya que para dos cables cargados en contacto sobre una superficie la intensidad inmediatamente superior es de 44 A (ver tabla II.IV). A continuación, se debe comprobar el criterio de caída de tensión para finalmente dimensionar con el caso más desfavorable.

II.5.1.2 Criterio de caída de tensión en la red de continua

La caída de tensión debe ser menor al 1,5% respecto a la tensión del generador en el punto de máxima potencia según las recomendaciones que

expone el IDEA en el pliego de condiciones técnicas. A través de la siguiente expresión se obtiene la sección para la caída de tensión máxima admisible en continua y la cadena más alejada del inversor será el caso más desfavorable:

$$S_{\Delta V} = \frac{2 * L * I_b}{\sigma * \Delta V_{max}}$$

Se obtiene una caída de tensión máxima admisible de:

$$\Delta V_{max} = \frac{1,5}{100} * V_{rama} = \frac{1,5}{100} * 758,34 = 11,38 \text{ V}$$

Por otro lado, se tiene:

$$I_b = I_{mpp} = 10,92 \text{ A}$$

Una vez establecidos dichos valores, se procede a aplicar el criterio de caída de tensión en cada tramo además de comparar el resultado con el criterio térmico y el criterio económico.

Tramo 1 (módulos – caja CC):

Según la Norma AENOR EN50618, para 4 mm² se tienen 44 A de corriente admisible para dicha sección, lo cual es un valor mucho mayor a 10,92 A por lo que se dimensionará este tramo con dicha sección siguiendo el criterio económico.

Tramo 2 (caja CC – cuadro CC inversor):

- Instalación bajo tubo protector y sobre superficie.
- Tipo de conductor PV ZZ-F-AS.
- Longitud del tramo: 40 m.

$$S_{\Delta V} = \frac{2 * 40 * (10,92 * 3)}{56 * 6,02} = 7,77 \text{ mm}^2$$

En este tramo la sección obtenida por el criterio de caída de tensión es más desfavorable que la obtenida por criterio térmico por lo que se dimensiona con la sección de 10 mm² que es la inmediatamente superior a la obtenida.

Tramo 3 (cuadro CC inversor – entrada del inversor):

- Instalación bajo tubo protector y enterrado.
- Tipo de conductor PV ZZ-F-AS.
- Longitud del tramo: 15 m.

$$S_{\Delta V} = \frac{2 * (15 + 40) * (10,92 * 3)}{56 * 11,38} = 5,65 \text{ mm}^2$$

En este tramo la sección obtenida por el criterio de caída de tensión es más desfavorable que la obtenida por criterio térmico. Se podría dimensionar con 6 mm² que es la sección inmediatamente superior a la obtenida pero como se usará la misma sección tanto en el tramo 2 como en el tramo 3 para una instalación homogénea y de fácil conexión se tomará la más desfavorable de las 2, es decir, la sección de 10 mm².

Se comprueba la caída de tensión resultante:

$$\Delta V = \frac{2 * L * I_b}{\sigma * S_{\Delta V}} = \frac{2 * 55 * (10,92 * 3)}{56 * 10} = 6,43 \text{ V} < 11,38 \text{ V}$$

II.5.2 Conductores en la red de alterna

Se consideran los siguientes parámetros de partida:

- Tensión de línea 400 V en corriente alterna.
- Caída de tensión menor al 1,5% desde inversor hasta el punto de interconexión.
- Intensidad de cálculo 125% de la corriente nominal a la salida del inversor.
- El tramo de corriente alterna que se dimensiona tiene 5 m de longitud.
- La instalación será subterránea bajo tubo.

II.5.2.1 Criterio caída de tensión

Tramo desde salida de inversor hasta cuadro general BT:

La caída de tensión máxima admisible será:

$$\Delta V_{max} = \frac{1,5}{100} * V_{linea} = \frac{1,5}{100} * 400 = 6 \text{ V}$$

La corriente a la salida del inversor se calcula mediante la expresión:

$$I_{inv} = \frac{P_{inv}}{\sqrt{3} * U_L * \cos \gamma}$$

Queda entonces el siguiente valor de corriente:

$$I_{inv} = \frac{25000}{\sqrt{3} * 400 * 0,95} = 38 \text{ A}$$

Por tanto, para el criterio de caída de tensión la sección se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$S_{\Delta V} = \frac{\sqrt{3} * I_{inv} * L * \cos \gamma}{\sigma * \Delta V_{max}}$$

Esta da como resultado:

$$S_{\Delta V} = \frac{\sqrt{3} * 38 * 5 * 0,95}{56 * 6} = 0,93 \text{ mm}^2$$

II.5.2.2 Criterio térmico

Tramo desde salida de inversor hasta cuadro general BT:

Se debe cumplir el criterio térmico y dimensionar con la sección más desfavorable teniendo como corriente para el dimensionado:

$$I_{inv} = 38 * 1,25 = 47,5 \text{ A}$$

El tipo de instalación que se realizará será canalizada subterránea bajo tubo. Se deben aplicar factores de corrección debido a las características que presenta el terreno y el tipo de instalación. Siguiendo la norma ITC BT-07 los factores de reducción serán:

- Factor de corrección por temperatura del terreno de 35 °C: K1=0,92.
- Factor de corrección por instalación en el interior de tubos: K3=0,8.

Por tanto, la intensidad a valorar en el criterio térmico será:

$$I_{inv} = \frac{47,5}{0,92 * 0,8} = 64,53 \text{ A}$$

Para cumplir con el criterio térmico será necesario dimensionar con 16 mm² según UNE-HD-60364 (ver tabla II.V) ya que para una instalación tipo D1 la intensidad inmediatamente superior para conductor de cobre es de 77 A que corresponde a dicha sección de 16 mm².

Tabla II.V – Tabla B.52.1 de UNE-HD-60364

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	221	269	203	225
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	354	305	382	271	306
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * 5 * 38 * 0,95}{56 * 16} = 0,35 \text{ V} < 6 \text{ V}$$

Tramo desde cuadro general BT hasta punto de conexión CT:

La intensidad que se tendrá para dimensionar en este tramo será:

$$I_{BT-CT} = 47,5 * 4 = 190 \text{ A}$$

El alcance de este proyecto acaba en baja tensión por lo que la distancia que se contempla de este tramo es tan pequeña que el criterio más desfavorable será el criterio térmico. Por lo tanto, según UNE-HD-60364 se dimensionará con una sección de 70 mm² de cobre bajo tubo enterrado.

II.6 Magnetotérmicos de protección de rama

Las propiedades operativas del mecanismo de protección contra sobrecargas deben cumplir con las siguientes condiciones:

- La corriente de diseño del circuito debe ser mayor que 1,45 veces la corriente máxima admisible del circuito.
- La corriente asignada del interruptor debe ser mayor que la corriente que garantiza la activación del dispositivo.

$$I_b \leq I_n \leq I_z * I_2 \leq 1.45 * I_z$$

Se tienen los valores $I_b = 11,45 \text{ A}$ y $I_z = 34,35 \text{ A}$

La corriente I_2 es aproximadamente 1,15 A según varios fabricantes de magnetotérmicos.

Por tanto, habrá que respetar el siguiente intervalo:

$$11,45 \leq I_n \leq 39,5 \leq 50$$

Se escogerán magnetotérmicos con corriente asignada de entre 12 A y 39 A para estas protecciones.

ANEXO III – DATOS DE CONSUMO

III.1 Consumo en enero

	Consumo Enero [kWh]																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0:00	8	8	18	23	23	11	16	12	10	23	25	26	24	20	16	10	25	22	21	22	19	18	10	24	22	25	28	19	17	9	24		
1:00	7	6	17	22	22	9	15	11	8	22	22	26	23	20	13	9	23	19	19	20	19	14	9	20	19	24	25	18	12	8	21		
2:00	9	9	19	23	22	11	19	12	11	22	23	25	23	21	13	10	23	20	21	20	19	14	10	23	19	24	23	19	13	9	21		
3:00	6	6	16	20	20	7	15	9	8	19	18	20	18	19	8	8	17	16	17	18	18	9	8	19	16	23	20	18	8	6	18		
4:00	8	8	19	21	23	10	19	11	13	20	22	22	19	21	11	10	21	19	18	19	23	11	10	20	17	20	22	19	11	10	19		
5:00	9	9	21	23	30	11	20	11	29	21	23	25	24	21	12	11	21	21	18	22	22	11	11	22	18	22	23	22	11	9	20		
6:00	6	8	36	32	30	9	33	10	31	34	35	34	36	35	9	9	36	35	32	36	37	10	8	35	34	36	35	34	8	7	34		
7:00	7	7	36	35	36	8	33	10	32	37	37	37	37	36	9	8	36	37	38	35	38	10	8	36	35	34	34	34	8	7	33		
8:00	18	18	47	44	47	19	44	21	42	50	46	47	49	45	20	20	47	47	49	45	51	20	20	47	44	43	46	45	18	18	44		
9:00	14	15	45	44	46	15	44	17	37	46	46	47	46	46	17	16	45	46	46	44	52	16	16	48	43	43	46	44	16	16	44		
10:00	16	17	48	49	47	20	45	19	39	50	48	47	50	47	19	18	46	49	50	47	50	18	17	50	44	46	47	46	20	18	45		
11:00	17	16	46	46	48	19	44	19	35	47	46	48	48	44	20	17	49	48	50	42	50	18	19	50	46	44	50	46	18	17	46		
12:00	15	16	43	44	47	18	47	19	24	48	45	49	44	43	18	18	46	48	49	41	49	20	17	50	42	42	47	44	16	15	46		
13:00	16	16	43	46	50	19	49	20	25	50	50	51	48	46	18	18	49	47	51	46	51	18	18	50	44	45	46	44	18	17	48		
14:00	18	18	47	52	51	21	51	21	25	52	47	52	47	47	20	18	49	47	50	50	51	19	19	48	44	46	48	50	18	18	53		
15:00	17	17	49	54	49	18	51	19	23	50	46	49	47	46	18	15	51	48	49	49	50	18	18	44	44	47	47	51	16	17	49		
16:00	18	19	49	50	46	23	50	23	25	48	47	51	50	50	20	19	53	47	44	51	53	20	20	42	43	44	50	52	22	20	46		
17:00	18	18	50	49	31	21	50	21	23	49	47	54	51	46	21	17	52	44	43	48	53	20	20	41	45	43	52	44	19	18	41		
18:00	18	18	49	49	29	20	48	21	21	48	52	52	51	50	19	19	54	49	45	49	53	20	19	48	48	52	52	44	20	19	44		
19:00	12	12	45	43	20	15	41	15	16	42	45	46	46	48	15	12	48	48	43	42	45	15	15	45	43	50	44	44	13	13	42		
20:00	12	12	41	43	18	14	42	15	16	45	44	42	36	45	13	11	46	47	42	35	42	12	13	39	38	48	43	42	12	11	41		
21:00	7	7	37	34	13	9	38	11	11	36	36	34	32	39	9	8	36	37	34	30	41	9	10	31	34	42	33	36	8	11	34		
22:00	8	18	26	25	13	12	27	18	13	30	29	29	22	30	10	14	26	25	25	21	26	10	20	25	27	33	23	23	10	16	28		
23:00	10	18	26	25	12	12	26	17	13	27	28	28	19	26	12	18	24	24	23	19	26	11	20	23	25	29	19	25	10	18	26		

III.2 Consumo en febrero

	Consumo Febrero [kWh]																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0:00	29	26	22	18	17	8	28	29	25	22	14	18	9	20	25	28	25	19	17	9	28	26	27	30	19	8	10	20
1:00	24	21	20	18	14	8	26	25	23	21	13	15	9	17	22	23	20	17	15	9	23	21	25	29	16	8	8	17
2:00	24	21	21	19	13	9	27	26	21	22	12	16	10	22	20	25	23	18	13	10	23	22	24	26	18	9	10	15
3:00	21	18	16	19	8	6	23	19	17	17	8	11	6	16	18	20	22	15	9	7	16	19	20	19	17	5	7	13
4:00	23	20	18	20	9	9	23	22	18	22	9	14	10	18	18	22	20	19	11	9	18	21	22	20	16	8	12	12
5:00	22	22	18	21	9	8	24	24	22	20	10	13	10	19	20	23	22	18	11	11	21	24	21	24	20	8	11	12
6:00	37	35	31	36	7	7	36	37	33	36	8	11	8	34	35	39	38	32	9	8	35	38	36	36	36	7	8	10
7:00	38	39	31	34	7	6	38	37	34	35	28	9	8	32	33	36	38	33	7	7	37	38	38	37	37	6	7	10
8:00	49	49	43	47	18	17	47	48	44	46	39	21	18	47	46	49	51	44	18	19	45	49	48	48	48	17	18	19
9:00	46	48	44	49	16	14	46	46	41	45	36	17	15	45	48	46	51	43	15	15	39	47	47	45	47	13	16	18
10:00	48	49	48	49	18	16	50	46	45	50	38	19	17	49	51	52	52	49	19	18	44	52	47	49	45	15	21	19
11:00	47	50	38	47	17	15	51	38	47	51	43	20	17	47	48	51	52	45	18	18	45	39	46	41	46	15	18	19
12:00	43	48	36	46	15	15	45	37	48	45	24	18	16	46	46	55	51	47	17	18	45	35	38	41	41	15	17	19
13:00	46	49	38	50	16	16	45	40	50	39	22	18	17	46	48	55	50	47	18	17	45	36	39	41	43	16	17	20
14:00	50	53	42	58	18	18	46	41	54	41	20	19	18	48	51	55	52	51	19	19	46	41	44	41	44	18	20	19
15:00	52	51	42	58	15	15	47	40	55	44	18	18	16	50	50	53	52	50	17	18	44	40	40	42	44	15	17	20
16:00	52	52	40	59	17	18	48	40	54	47	20	20	19	50	49	48	51	52	22	20	44	39	40	41	44	18	21	22
17:00	51	49	43	56	18	17	45	46	52	52	19	20	20	50	48	46	51	52	20	20	46	49	46	37	47	17	20	20
18:00	52	49	44	58	17	18	52	52	53	50	20	21	19	52	48	49	52	48	18	20	49	49	49	42	48	18	27	22
19:00	48	43	40	53	12	12	50	48	49	46	14	14	13	47	50	46	46	43	13	22	50	47	44	36	44	12	23	15
20:00	47	43	35	51	12	13	47	46	45	39	12	14	12	40	49	42	39	40	13	22	48	42	47	35	43	13	22	14
21:00	36	35	31	39	7	12	37	40	38	34	8	9	11	30	40	32	34	33	9	18	39	37	40	32	39	11	18	12
22:00	30	27	20	30	9	17	36	31	32	18	11	10	16	26	29	28	22	26	12	18	36	31	35	29	32	17	20	22
23:00	27	27	18	30	9	18	31	30	27	17	10	12	18	26	29	26	21	23	10	19	29	28	30	21	32	18	21	24

III.3 Consumo en marzo

	Consumo Marzo [kWh]																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0:00	16	16	13	18	7	8	17	20	12	18	19	14	8	18	19	14	19	17	5	6	21	14	15	18	17	12	7	18	20	18	18	
1:00	14	15	13	16	6	6	16	20	11	16	17	10	8	18	18	14	17	14	4	4	19	13	15	15	15	9	6	16	19	17	17	
2:00	16	15	15	17	8	8	17	19	14	17	18	10	8	18	18	14	17	15	6	6	18	14	16	18	14	9	7	16	18	17	17	
3:00	13	13	12	15	5	5	15	15	11	14	13	6	6	13	17	13	13	11	4	4	15	13	14	14	12	6	5	13	18	15	14	
4:00	13	14	14	16	9	7	18	17	14	15	17	8	8	15	15	17	16	14	6	5	16	14	16	15	13	8	7	14	15	18	16	
5:00	14	16	16	17	22	8	23	19	15	16	18	8	8	18	17	16	16	16	6	6	17	16	16	17	13	9	8	15	17	23	16	
6:00	24	28	28	24	24	6	23	26	25	26	27	7	7	28	27	29	27	27	4	5	27	27	27	27	26	6	6	27	28	24	27	
7:00	30	27	28	27	25	5	28	29	26	29	29	7	7	29	26	30	28	29	4	5	27	26	28	28	27	6	5	26	27	28	30	
8:00	40	37	38	37	35	16	39	39	36	41	38	17	18	40	36	42	39	39	16	16	38	37	37	39	36	17	17	36	36	39	42	
9:00	37	37	37	36	31	13	38	39	36	38	38	14	14	38	35	43	37	38	12	13	38	36	38	39	35	14	14	36	36	38	39	
10:00	41	39	39	41	32	17	39	39	37	41	39	16	16	41	37	41	38	41	14	15	38	37	39	41	36	16	15	37	38	39	41	
11:00	41	35	37	38	29	16	39	39	36	39	38	15	16	39	36	41	40	39	14	14	41	37	36	41	38	17	16	38	37	39	40	
12:00	40	34	35	36	20	16	39	41	38	39	37	17	16	36	35	40	37	39	13	14	38	37	35	41	35	15	15	38	35	39	40	
13:00	42	38	35	38	21	16	41	42	40	41	41	16	17	40	37	42	41	39	14	14	38	36	38	41	36	16	16	39	38	42	41	
14:00	41	41	39	43	21	18	42	42	42	43	39	16	18	39	38	42	40	38	15	15	39	41	39	39	37	17	16	43	38	42	43	
15:00	40	40	40	44	19	15	40	40	42	41	37	16	16	39	38	41	42	39	14	15	39	42	38	36	37	15	15	41	39	40	41	
16:00	37	42	40	41	21	19	38	42	41	39	39	17	19	41	36	44	43	38	16	16	41	42	41	34	36	17	17	37	37	38	40	
17:00	35	39	41	40	20	18	26	44	41	40	39	17	18	42	36	43	42	37	16	16	43	36	38	34	37	18	17	34	36	26	41	
18:00	37	40	40	40	18	17	24	43	40	40	43	17	18	42	43	43	44	40	15	15	43	36	41	39	39	16	16	36	43	24	40	
19:00	35	33	36	35	13	12	16	37	33	34	36	12	12	37	40	36	38	38	9	10	36	35	39	36	34	12	12	34	40	16	35	
20:00	33	28	33	35	13	11	14	34	33	36	35	10	12	29	38	34	37	38	10	10	35	34	36	32	30	10	10	33	39	15	37	
21:00	26	23	28	26	8	6	9	26	30	27	28	6	8	24	33	32	28	29	5	5	26	27	30	24	26	6	7	26	33	9	28	
22:00	19	16	20	19	9	8	9	22	21	23	22	7	13	17	25	20	20	19	5	14	17	18	23	19	20	7	15	21	26	10	24	
23:00	18	14	20	19	10	9	8	21	20	20	22	8	13	14	22	20	18	18	7	14	14	19	20	17	19	9	15	20	23	9	21	

III.4 Consumo en abril

	Consumo Abril [kWh]																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0:00	13	5	5	17	17	11	17	13	7	7	18	19	18	13	7	8	11	16	15	16	18	18	6	12	16	18	20	14	13	6
1:00	12	4	4	16	16	10	16	14	5	6	16	19	17	10	6	7	9	13	14	14	16	14	6	8	14	17	18	14	13	5
2:00	14	6	6	16	16	13	16	13	7	7	17	18	17	9	7	8	9	15	15	14	17	17	6	9	14	17	17	15	14	6
3:00	11	4	4	14	14	11	13	13	5	5	13	15	13	6	5	6	5	11	12	13	12	13	5	5	11	16	15	13	13	3
4:00	13	5	5	15	17	13	15	16	9	6	16	16	14	7	6	7	7	13	13	13	15	14	7	8	12	14	16	15	13	7
5:00	15	6	6	16	22	14	15	16	21	7	17	18	17	7	7	7	8	15	13	16	15	16	7	7	13	16	16	15	16	6
6:00	27	5	4	23	22	24	25	27	23	6	26	25	27	6	6	6	6	26	23	27	26	26	5	5	25	26	26	26	25	5
7:00	27	4	4	26	27	25	28	28	24	5	27	28	28	7	5	6	6	27	28	26	27	27	5	5	26	25	25	27	25	4
8:00	37	15	15	35	37	35	40	40	34	16	37	38	39	16	16	17	16	38	39	36	37	38	16	15	35	35	37	36	36	15
9:00	36	13	12	35	37	35	37	41	30	13	37	38	37	14	13	14	14	37	36	35	36	38	13	13	34	34	37	37	35	13
10:00	38	15	14	39	38	36	39	39	31	16	38	37	40	15	15	16	16	39	40	37	37	40	15	16	35	36	37	37	36	15
11:00	36	14	14	37	38	35	38	40	28	16	37	38	38	15	14	16	16	38	40	34	39	40	16	15	37	35	39	35	36	14
12:00	34	14	13	35	38	37	38	39	20	15	36	39	35	16	15	16	15	38	39	32	36	40	15	14	34	34	37	34	35	13
13:00	34	14	14	37	40	39	39	41	20	16	39	41	38	15	15	16	15	37	41	37	39	40	15	15	35	36	37	37	35	15
14:00	37	15	15	42	40	41	41	41	21	17	38	41	37	16	15	18	16	37	40	39	39	38	16	15	35	37	38	38	40	15
15:00	39	15	14	43	39	40	39	39	19	15	36	39	38	15	13	16	15	38	39	39	41	35	15	14	35	37	38	37	41	14
16:00	39	16	15	39	37	40	38	42	20	19	38	41	39	17	16	19	17	37	35	40	42	33	17	18	35	35	40	39	41	16
17:00	39	15	15	39	25	40	39	42	19	17	38	43	41	17	14	17	17	35	34	38	41	32	17	16	36	35	41	37	35	15
18:00	39	15	15	39	23	38	38	42	18	17	41	41	40	16	16	18	16	39	36	39	43	38	16	16	38	41	41	40	35	16
19:00	34	10	9	33	15	32	33	34	12	11	35	36	36	12	10	12	11	37	33	32	37	34	11	10	33	38	34	37	34	10
20:00	32	9	9	33	14	32	35	33	12	11	34	33	27	10	9	11	10	36	32	27	36	30	10	9	29	37	33	35	33	9
21:00	27	4	4	25	9	28	26	31	7	6	27	25	23	6	5	7	6	28	25	22	27	23	6	5	25	31	25	29	26	7
22:00	19	13	5	18	9	20	22	19	9	8	21	21	16	7	10	13	6	18	18	15	19	18	14	6	20	24	16	22	17	11
23:00	19	13	6	18	8	19	20	19	9	8	21	20	14	7	13	12	8	17	17	14	17	17	14	6	18	21	14	19	18	13

III.5 Consumo en mayo

	Consumo Mayo [kWh]																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0:00	9	10	17	21	21	23	11	13	16	21	22	23	22	18	12	18	22	21	20	20	16	11	19	22	20	23	25	16	10	18	22	
1:00	9	9	16	20	20	22	10	12	15	20	20	23	21	14	11	18	21	18	18	19	13	10	19	19	18	22	22	13	10	17	19	
2:00	11	11	18	21	21	22	12	13	18	20	21	22	21	14	11	18	21	19	20	19	13	11	19	21	18	22	21	14	10	18	20	
3:00	9	9	16	19	19	21	10	11	15	18	17	19	17	10	9	17	17	15	17	17	10	9	18	18	16	21	19	10	8	17	17	
4:00	10	10	18	20	21	19	13	12	18	19	21	21	18	12	11	21	19	18	17	18	12	11	20	19	17	19	20	12	11	18	18	
5:00	11	11	20	21	26	21	26	12	19	19	21	22	22	12	12	20	20	19	18	20	13	12	20	20	17	20	21	12	11	20	19	
6:00	8	9	31	28	27	31	27	11	29	29	30	29	31	11	11	32	30	30	28	31	10	10	30	30	29	30	30	10	9	30	30	
7:00	9	9	31	30	31	30	28	11	29	32	32	32	32	11	10	33	31	32	33	30	11	9	31	31	30	29	30	10	9	29	29	
8:00	10	10	31	30	32	29	28	12	29	34	31	32	33	11	11	34	32	32	33	30	11	11	30	32	29	29	31	10	10	30	29	
9:00	7	8	30	29	31	29	24	9	29	31	31	32	31	9	8	35	30	31	30	30	9	8	31	32	29	29	31	8	8	29	29	
10:00	8	9	32	33	32	31	26	11	30	34	32	32	34	10	9	34	31	33	34	32	11	9	32	34	29	30	31	11	10	30	30	
11:00	9	9	30	31	32	30	22	11	29	32	31	32	32	10	9	34	33	32	34	28	11	11	29	34	31	29	34	10	9	30	31	
12:00	8	8	28	29	32	28	14	11	31	32	30	33	29	11	9	33	30	32	33	27	10	9	28	34	28	28	31	9	8	30	31	
13:00	9	9	29	31	34	31	15	11	33	34	34	35	33	10	9	35	33	32	35	31	10	10	31	34	29	30	31	10	9	29	32	
14:00	9	10	32	36	34	32	15	12	35	35	32	35	32	11	9	35	33	31	34	34	11	11	32	32	30	31	32	10	9	34	36	
15:00	9	9	33	37	33	32	13	11	34	34	30	33	32	10	8	34	35	32	33	33	9	10	31	29	30	31	32	9	9	35	33	
16:00	10	11	33	34	31	30	15	14	34	32	32	35	34	12	11	36	36	31	30	34	11	12	34	28	29	29	34	13	11	35	30	
17:00	10	10	34	33	20	29	14	12	34	33	32	37	35	12	9	36	35	30	28	32	12	12	31	27	30	29	35	10	10	29	27	
18:00	10	10	33	33	18	36	12	12	33	33	35	35	34	11	10	36	37	33	30	33	10	11	34	32	32	35	35	11	10	29	29	
19:00	9	9	34	33	15	38	12	11	31	32	34	35	35	11	9	34	36	36	33	31	11	11	36	34	32	37	33	9	10	33	32	
20:00	9	9	31	33	14	36	12	11	31	34	33	32	27	9	9	32	35	35	31	26	10	10	34	30	29	36	33	9	9	32	31	
21:00	9	9	31	29	13	36	12	12	33	30	31	29	28	11	10	35	31	32	29	26	11	11	33	27	29	35	29	10	12	30	29	
22:00	10	18	24	23	14	29	13	17	24	26	26	26	21	11	15	24	24	23	23	20	11	19	26	23	24	29	21	11	15	21	25	
23:00	11	18	23	22	13	26	14	17	24	24	25	25	18	12	17	23	22	22	21	18	13	19	23	21	23	26	18	11	17	23	24	

III.6 Consumo en junio

	Consumo Junio [kWh]																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0:00	23	24	17	9	10	21	22	19	15	21	7	7	22	20	23	17	23	8	9	20	24	21	18	22	17	11	26	22	18	17
1:00	20	24	16	7	9	17	20	18	14	20	6	6	22	18	22	18	21	7	8	19	21	17	18	19	13	10	23	20	18	17
2:00	22	23	18	10	10	19	21	20	17	20	8	8	22	18	22	17	21	8	9	18	22	19	19	21	12	11	22	21	17	18
3:00	16	19	15	7	8	14	18	16	14	17	6	6	17	15	21	17	16	5	7	17	17	14	17	17	8	8	19	19	17	16
4:00	21	21	17	12	10	17	19	16	17	19	8	7	18	16	18	21	19	9	9	17	21	17	19	19	10	10	20	22	21	17
5:00	21	23	20	27	10	19	21	17	18	19	8	8	22	17	20	20	19	8	10	20	22	19	20	20	10	10	21	28	20	20
6:00	33	31	33	29	8	32	29	29	31	31	6	7	34	31	33	34	33	7	8	33	34	32	33	33	9	9	32	28	35	32
7:00	34	35	34	30	8	34	32	36	31	35	6	6	34	33	31	36	33	6	8	33	35	34	33	33	9	9	32	34	36	32
8:00	44	45	44	40	19	44	42	46	42	47	18	17	46	41	41	48	44	17	19	43	45	45	43	45	19	20	43	45	48	43
9:00	43	45	43	35	16	43	41	43	41	44	14	14	43	41	41	49	42	15	15	42	44	44	43	45	16	16	43	44	49	41
10:00	45	44	45	37	18	47	47	47	42	47	16	17	47	41	43	47	43	17	17	44	46	47	44	47	17	18	44	45	47	43
11:00	43	45	43	33	18	45	44	48	42	45	16	16	45	43	42	47	46	16	16	40	44	45	42	48	17	18	47	45	48	43
12:00	43	47	40	23	18	45	42	46	44	45	14	16	41	40	40	46	43	15	17	38	44	45	40	48	19	18	44	45	47	42
13:00	47	48	41	23	18	44	44	48	46	47	16	16	46	41	43	48	47	17	17	44	48	44	43	47	17	19	43	48	48	41
14:00	44	49	44	24	20	44	49	47	48	49	17	17	44	42	44	48	46	17	17	47	45	44	45	45	18	20	45	48	48	48
15:00	43	46	46	22	18	45	51	46	48	47	16	17	45	42	44	47	48	16	15	46	44	45	43	41	18	18	44	46	47	48
16:00	44	48	46	24	21	44	47	42	47	45	18	18	47	41	41	50	50	19	18	48	45	44	47	39	19	22	47	44	51	49
17:00	45	51	47	22	19	42	46	40	47	46	18	18	48	43	41	50	49	18	16	45	46	42	43	38	19	20	49	30	50	42
18:00	49	49	46	20	20	46	46	42	46	46	17	17	48	45	49	50	51	18	18	46	50	46	48	45	19	20	49	28	50	42
19:00	43	43	42	15	14	45	41	41	38	40	11	12	43	40	47	42	45	12	12	39	43	45	45	42	14	14	42	19	42	41
20:00	41	40	38	15	13	44	41	39	39	42	11	11	33	36	45	40	43	11	11	33	42	44	42	37	12	14	41	17	40	39
21:00	34	32	34	10	9	34	31	31	36	33	6	6	29	31	39	38	34	10	7	28	35	35	36	29	8	10	31	12	38	33
22:00	27	27	24	11	16	23	23	23	25	28	7	17	21	25	31	24	24	14	13	19	28	23	28	23	9	17	21	12	25	22
23:00	26	26	24	12	16	22	23	21	24	25	9	17	18	23	27	24	22	16	16	18	27	22	24	21	10	16	18	11	25	23

III.7 Consumo en julio

	Consumo Julio [kWh]																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0:00	18	8	8	23	23	24	10	23	18	12	24	26	24	16	19	10	10	22	21	21	25	20	16	17	22	25	28	24	18	11	9	
1:00	17	6	7	21	21	21	8	22	14	11	22	26	23	15	19	9	9	18	19	20	23	20	13	12	19	24	25	20	18	9	8	
2:00	19	9	9	23	22	21	11	22	14	12	23	24	23	19	18	10	9	20	21	20	23	21	12	13	19	24	23	23	19	11	9	
3:00	16	6	6	20	20	18	8	18	9	9	18	20	18	15	18	8	8	15	17	18	17	18	8	8	16	23	20	18	18	7	6	
4:00	18	8	8	21	23	18	13	20	11	11	22	22	19	19	23	10	10	19	18	18	21	21	11	11	17	20	21	20	18	9	10	
5:00	21	9	9	23	30	20	29	21	11	11	23	24	24	20	21	11	11	21	18	22	21	21	12	11	18	22	23	22	21	11	9	
6:00	36	8	6	32	30	34	31	34	10	10	35	33	36	33	37	9	8	35	32	36	35	35	9	8	34	35	35	35	34	9	7	
7:00	36	7	7	35	36	33	32	37	10	9	37	37	37	33	38	8	8	37	38	35	36	36	9	8	35	34	34	36	34	8	7	
8:00	46	18	18	44	47	44	42	50	19	21	46	47	48	44	51	19	20	47	49	45	47	45	20	18	43	43	46	47	45	19	18	
9:00	45	15	14	43	46	44	37	46	16	17	46	47	46	43	52	16	16	46	45	44	45	46	17	16	43	43	46	48	44	15	16	
10:00	48	17	16	49	47	45	39	49	18	19	48	47	50	45	49	18	17	49	50	47	46	47	19	20	44	45	46	50	45	19	18	
11:00	45	16	17	46	48	46	34	47	18	19	46	48	48	44	50	17	19	48	50	42	48	44	19	18	46	44	49	50	45	19	17	
12:00	43	16	15	44	47	46	24	48	19	19	45	49	44	46	49	18	17	48	49	40	45	43	18	16	42	42	46	50	44	18	15	
13:00	43	16	16	46	50	48	25	49	18	19	49	51	48	49	51	18	18	47	51	46	49	46	18	18	44	45	46	50	44	19	17	
14:00	47	18	18	52	51	52	25	52	19	21	47	51	47	51	51	18	19	46	50	49	49	47	20	18	44	46	48	48	50	21	18	
15:00	49	17	17	54	49	49	23	49	18	19	45	48	47	51	49	15	18	48	48	49	51	46	18	16	44	46	47	44	51	18	17	
16:00	49	19	18	49	46	45	25	48	20	23	47	51	49	50	53	19	20	46	44	51	53	49	20	22	43	44	50	42	51	22	19	
17:00	49	18	18	48	31	41	23	49	20	21	47	54	51	50	52	17	20	44	43	48	51	46	21	19	45	43	52	40	44	21	18	
18:00	48	18	18	48	29	44	21	48	19	21	52	52	51	48	52	19	19	49	45	49	54	50	19	19	48	52	52	48	44	20	19	
19:00	44	12	12	43	20	42	16	42	15	15	45	46	46	41	44	12	14	47	43	41	48	48	15	13	43	50	44	44	44	15	13	
20:00	41	12	12	43	18	41	16	45	12	15	44	42	35	41	42	11	13	47	41	35	46	45	13	12	38	48	43	39	42	14	11	
21:00	36	7	7	33	13	34	11	35	9	11	36	34	32	38	41	8	10	37	34	30	36	39	9	8	33	42	33	31	35	9	11	
22:00	26	18	8	25	13	28	12	30	10	18	29	29	22	27	26	14	20	25	25	21	26	30	10	10	27	33	23	25	23	12	15	
23:00	26	18	9	25	12	26	13	27	11	17	28	28	19	26	26	18	20	24	23	19	24	26	12	10	25	29	19	23	25	12	18	

III.8 Consumo en agosto

	Consumo Agosto [kWh]																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0:00	22	19	16	21	20	10	10	25	14	21	22	23	6	16	9	17	22	20	19	14	7	8	18	22	20	23	9	15	22	16	21	
1:00	21	18	15	19	19	9	8	22	13	19	20	23	6	12	8	17	20	16	17	11	5	7	18	18	17	21	7	10	20	16	18	
2:00	21	17	17	20	20	10	9	21	17	20	21	22	8	12	9	16	20	18	19	11	8	8	18	21	17	21	10	11	21	17	19	
3:00	16	16	14	18	18	8	6	18	13	16	16	18	5	7	6	16	15	14	15	7	5	6	16	16	14	20	7	7	16	16	16	
4:00	17	16	16	19	21	10	8	19	17	18	20	20	7	9	8	20	18	17	16	9	7	9	19	18	15	18	11	10	20	16	16	
5:00	21	19	19	20	27	10	10	20	17	18	21	22	8	10	9	19	19	18	16	11	8	10	19	20	16	20	26	9	21	19	17	
6:00	32	32	32	28	27	8	7	31	30	30	32	30	5	8	8	33	32	31	28	7	6	7	32	32	30	32	28	7	32	31	31	
7:00	33	32	32	31	32	8	6	31	30	33	33	33	6	9	7	34	32	33	34	8	6	6	32	32	32	30	29	7	33	31	30	
8:00	44	42	43	41	43	19	18	42	41	46	42	43	17	18	18	46	43	43	45	18	17	18	42	43	40	40	39	17	43	42	40	
9:00	42	41	42	40	42	16	14	42	40	42	42	43	13	15	15	47	41	42	42	16	14	15	42	44	40	40	34	15	42	40	41	
10:00	46	43	44	45	43	18	18	43	41	45	44	43	15	17	16	45	42	45	46	18	16	16	43	46	40	42	36	18	44	42	42	
11:00	44	39	42	42	44	18	18	45	41	43	42	44	16	17	16	46	44	44	46	18	15	18	41	46	42	41	32	17	42	42	42	
12:00	40	37	39	41	43	18	17	43	43	44	42	45	14	18	16	45	42	44	45	17	15	16	39	46	39	39	22	15	42	41	42	
13:00	44	42	40	42	46	18	18	42	45	45	45	47	15	17	16	47	45	43	47	17	15	17	42	46	40	42	23	17	46	40	44	
14:00	43	45	43	48	46	20	19	44	47	47	43	47	16	18	16	47	45	43	46	18	17	18	43	44	41	42	23	17	43	46	48	
15:00	43	45	45	49	45	18	17	43	46	45	42	44	16	17	14	45	47	44	44	16	16	17	42	40	41	43	21	15	42	47	45	
16:00	45	46	45	45	42	21	21	46	46	44	43	47	17	19	18	49	48	43	41	19	18	19	45	38	40	40	23	20	43	47	42	
17:00	47	44	45	44	29	19	19	48	46	45	43	49	17	19	16	48	47	41	39	20	17	19	42	37	42	40	22	17	44	41	38	
18:00	46	45	44	44	27	20	19	47	44	44	47	47	17	18	17	48	49	45	41	17	17	18	46	44	44	48	20	18	48	41	41	
19:00	42	38	40	39	18	14	13	40	37	38	41	42	11	14	11	40	43	43	39	13	11	13	44	40	39	45	14	11	41	40	38	
20:00	32	32	37	39	16	13	13	39	38	41	40	38	11	11	10	38	42	42	38	12	11	12	41	36	35	43	14	11	40	38	37	
21:00	28	27	33	30	11	9	8	30	34	32	32	31	6	8	7	37	32	33	30	8	6	8	35	28	30	37	9	7	33	32	30	
22:00	20	19	24	22	11	16	10	20	24	27	26	26	7	9	13	24	24	22	23	8	16	17	27	22	24	30	11	8	26	21	25	
23:00	17	17	23	22	10	15	10	17	24	24	25	25	8	9	16	23	21	21	21	11	16	18	23	20	23	26	12	8	25	23	24	

III.9 Consumo en septiembre

	Consumo Septiembre [kWh]																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0:00	14	19	6	6	18	19	8	20	13	9	9	21	20	20	18	15	15	8	17	17	20	18	16	12	7	21	23	9	20	15
1:00	13	17	5	5	17	18	6	18	12	7	8	21	19	18	15	15	11	7	15	16	16	15	16	10	7	19	20	7	19	14
2:00	15	18	7	7	18	18	9	19	15	8	9	20	19	18	16	15	11	8	17	16	19	15	17	10	7	19	19	9	19	15
3:00	13	16	5	5	16	15	6	14	12	5	7	16	14	14	12	14	7	6	14	14	15	13	15	6	6	18	16	7	15	14
4:00	15	17	6	6	19	16	10	18	15	7	9	18	15	17	15	18	8	7	14	15	16	14	17	8	8	16	17	11	16	15
5:00	17	18	7	7	24	17	24	19	16	9	9	20	19	17	17	17	9	8	15	18	18	14	17	9	9	18	18	25	20	17
6:00	29	26	4	6	25	28	25	29	27	7	7	27	30	29	28	30	7	7	26	29	29	28	29	7	6	29	29	26	30	28
7:00	30	29	5	5	29	31	26	30	27	6	7	31	30	30	30	31	8	6	31	29	29	29	29	7	6	28	28	27	31	28
8:00	40	38	16	16	40	43	37	40	38	17	18	41	42	40	40	43	17	17	42	39	41	37	39	17	17	37	40	37	42	39
9:00	39	37	13	14	40	40	32	39	37	14	15	41	40	38	40	44	15	14	39	38	41	37	39	15	14	37	39	33	40	38
10:00	41	42	14	15	41	43	34	41	38	17	17	40	43	40	42	43	16	16	43	40	43	38	40	17	15	39	40	34	43	39
11:00	39	40	15	15	41	41	30	39	38	17	17	41	41	42	41	43	16	15	43	36	43	39	38	17	17	38	43	31	41	39
12:00	37	38	14	14	40	41	21	39	40	16	17	42	38	39	41	42	17	16	42	35	43	37	37	16	15	36	40	22	38	38
13:00	37	40	15	15	43	43	22	43	42	17	17	44	41	42	40	44	16	16	44	40	43	38	39	16	16	39	39	22	42	38
14:00	40	45	16	16	43	44	22	40	44	18	19	44	40	42	40	44	17	16	43	43	41	38	41	17	17	40	41	23	41	43
15:00	42	46	15	15	42	43	20	39	43	16	17	42	41	44	41	43	16	14	42	42	38	38	39	16	16	40	40	21	41	44
16:00	42	43	16	17	39	41	22	40	43	20	20	44	43	45	40	45	18	17	38	43	36	37	43	18	18	38	43	23	43	44
17:00	43	42	16	16	27	42	20	41	43	18	18	46	44	44	38	45	18	15	37	41	35	39	39	19	18	37	45	21	44	38
18:00	42	42	16	16	25	41	19	44	41	18	19	44	43	46	42	45	17	17	39	42	41	41	43	17	17	45	44	20	44	38
19:00	38	36	10	10	17	36	13	38	35	12	13	39	39	40	40	38	13	10	36	35	38	36	40	12	12	42	37	14	39	37
20:00	35	36	10	10	15	38	13	37	35	12	12	36	30	39	39	36	10	10	35	29	33	32	38	11	11	40	36	14	30	35
21:00	30	27	5	5	10	29	8	30	31	7	8	28	26	30	30	34	7	6	28	24	26	27	32	7	7	34	27	9	26	29
22:00	21	20	6	15	10	24	10	24	22	9	14	24	18	21	20	21	8	11	21	17	20	22	24	7	16	27	18	11	18	19
23:00	21	20	7	15	9	22	10	23	21	9	14	23	15	19	19	21	8	14	19	15	18	21	21	9	16	24	15	11	16	21

III.10 Consumo en octubre

	Consumo Octubre [kWh]																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0:00	5	5	13	18	17	12	20	7	8	17	18	8	18	14	13	7	19	12	16	16	15	11	7	18	16	19	21	17	6	8	18
1:00	4	4	12	16	16	11	19	5	7	16	16	6	18	14	10	6	17	8	14	15	15	9	6	15	14	18	19	14	5	7	15
2:00	6	6	14	17	17	14	18	8	8	16	18	7	18	14	10	7	17	9	16	15	15	9	6	17	14	18	18	15	6	8	16
3:00	4	4	12	15	15	11	15	5	6	14	13	5	13	13	6	5	13	6	13	13	14	6	5	14	12	17	15	11	4	6	13
4:00	6	5	14	16	17	14	17	9	8	15	17	6	14	17	7	7	15	8	13	14	16	7	7	15	13	15	16	14	7	7	14
5:00	6	6	16	17	23	15	18	22	8	15	17	8	18	16	8	8	16	7	13	16	16	9	8	16	13	16	17	15	6	7	15
6:00	4	5	27	24	23	25	26	23	7	26	27	6	28	28	7	6	27	5	24	27	27	6	5	27	26	27	27	26	5	6	26
7:00	4	5	28	27	27	25	29	24	6	29	28	5	28	29	7	6	28	5	29	27	27	6	5	27	27	26	26	28	4	6	25
8:00	16	15	38	36	38	36	39	35	17	41	38	16	39	41	16	16	38	16	40	37	37	17	17	39	36	35	38	38	15	17	36
9:00	12	13	37	36	38	36	39	31	14	38	37	13	38	42	14	14	36	13	37	36	37	14	13	39	35	35	37	38	14	14	36
10:00	14	15	39	40	39	36	38	32	16	40	39	16	41	40	15	15	38	17	41	38	38	16	15	41	36	37	38	40	15	16	37
11:00	14	14	37	38	39	36	39	28	16	39	37	16	39	41	15	14	39	15	41	34	36	16	16	41	37	36	40	39	15	16	37
12:00	13	14	35	36	38	38	40	20	16	39	37	15	36	40	16	15	37	14	40	33	35	15	15	41	35	34	38	39	13	16	38
13:00	14	14	35	38	41	40	41	21	16	40	40	16	39	41	15	15	40	15	41	38	37	16	15	41	36	37	37	38	15	16	39
14:00	15	15	38	42	41	41	42	21	18	42	38	18	38	41	16	15	40	16	41	40	39	17	16	39	36	38	39	38	15	18	43
15:00	14	15	40	44	40	41	39	19	16	40	37	15	39	40	16	13	41	14	39	40	37	15	15	36	36	38	38	39	14	16	40
16:00	16	16	40	40	37	41	42	21	19	39	38	19	40	43	17	16	43	18	36	41	40	17	17	34	35	36	41	38	16	19	37
17:00	16	16	40	39	26	41	44	20	18	40	39	18	42	43	17	14	42	16	35	39	37	18	17	33	37	35	42	36	16	17	34
18:00	15	15	39	39	24	39	42	18	18	39	42	17	41	43	16	16	44	16	37	40	41	16	16	39	39	42	42	40	16	18	36
19:00	9	10	35	34	16	33	37	13	12	34	36	12	36	35	12	10	38	10	34	33	38	12	11	35	34	39	35	38	10	12	33
20:00	10	10	33	34	14	33	34	12	12	36	35	11	28	34	10	9	36	10	33	28	36	10	10	31	30	38	34	37	9	11	33
21:00	5	5	28	26	9	29	26	8	7	27	28	6	24	31	6	5	28	5	26	23	30	6	7	24	26	32	25	28	8	7	26
22:00	5	13	20	19	9	21	22	9	13	23	22	8	17	20	7	10	20	7	19	16	23	7	15	19	20	25	17	19	11	13	21
23:00	6	13	19	19	8	20	21	10	13	20	21	8	14	20	7	13	18	7	17	14	20	9	15	17	19	22	14	18	13	12	20

III.11 Consumo en noviembre

	Consumo Noviembre [kWh]																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0:00	9	26	20	27	10	13	12	30	19	26	28	14	12	24	27	21	28	25	21	11	29	24	23	27	25	18	10	30	31	21
1:00	8	24	19	24	8	11	10	29	17	25	25	12	10	22	27	22	26	21	16	10	27	23	23	23	22	15	9	30	28	20
2:00	10	25	22	26	10	12	13	28	21	25	27	14	12	24	27	21	26	23	16	11	27	22	24	26	22	14	10	28	27	22
3:00	8	23	18	23	8	9	9	23	17	21	20	10	9	20	20	20	20	18	10	9	26	20	21	21	19	10	7	24	23	20
4:00	10	26	21	24	9	11	15	25	21	23	25	13	11	20	22	26	24	21	12	12	23	21	24	23	20	12	12	26	24	21
5:00	11	34	24	26	11	13	33	28	22	24	26	13	13	21	27	24	24	24	13	13	25	25	24	25	20	14	10	28	26	24
6:00	7	34	40	36	9	10	35	38	37	38	40	11	10	36	41	41	40	39	11	10	40	40	40	40	38	10	9	38	39	39
7:00	8	40	41	39	8	9	36	42	37	42	41	11	10	43	42	43	40	41	12	9	38	40	40	40	40	10	8	43	39	38
8:00	20	51	51	49	20	21	47	52	48	55	51	22	21	54	53	56	51	52	21	21	47	50	50	52	48	21	20	53	50	50
9:00	15	51	50	48	16	17	41	52	48	51	50	18	17	50	50	57	49	50	18	17	47	49	50	53	47	18	17	53	50	48
10:00	17	52	52	54	19	21	43	51	49	54	52	21	19	55	55	54	50	54	20	19	50	51	51	55	48	21	19	52	51	50
11:00	18	52	50	51	18	20	38	52	48	52	50	21	18	55	53	55	53	53	19	21	48	46	48	55	50	21	18	53	54	50
12:00	16	52	47	48	17	20	26	54	51	52	50	20	19	54	48	54	50	53	21	19	46	44	47	55	47	19	17	55	51	49
13:00	18	55	47	51	18	20	27	56	54	54	54	21	19	56	53	56	54	51	20	20	50	51	50	55	48	20	19	57	50	48
14:00	19	56	51	57	19	23	27	57	56	57	52	23	19	55	51	56	54	51	21	21	51	54	52	53	49	21	19	57	52	55
15:00	18	54	54	59	19	19	25	53	56	54	50	20	17	53	52	54	56	53	20	19	51	54	50	48	49	19	18	54	52	56
16:00	20	50	54	54	20	24	27	56	55	52	52	25	20	49	54	58	58	51	22	22	48	56	54	46	47	22	21	57	55	57
17:00	20	34	54	53	20	23	25	59	55	54	52	23	18	47	56	58	57	49	22	22	47	52	50	44	50	23	20	60	57	48
18:00	19	31	53	53	19	22	23	57	53	53	57	23	20	49	56	58	59	54	21	21	57	54	55	52	52	20	20	58	57	48
19:00	13	22	49	48	14	16	18	51	45	47	50	17	14	48	51	49	53	53	17	16	55	46	53	49	47	16	14	52	49	49
20:00	13	20	45	48	13	15	17	47	46	50	49	16	13	46	39	47	51	52	14	14	53	39	50	44	42	14	13	48	48	47
21:00	8	15	41	38	8	10	13	38	43	40	41	12	9	38	36	46	41	42	10	11	47	34	44	35	38	10	13	39	37	40
22:00	9	15	30	28	21	14	14	33	31	34	33	20	17	29	25	30	30	28	12	22	37	24	34	28	30	11	18	34	26	27
23:00	11	14	29	28	21	14	15	31	30	30	32	20	20	26	22	30	27	27	12	23	33	22	30	26	29	14	20	32	22	29

III.12 Consumo en diciembre

	Consumo Diciembre [kWh]																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0:00	15	20	6	7	19	9	13	10	19	13	9	22	20	21	21	16	8	15	18	18	19	20	17	14	8	7	23	18	21	15	9	
1:00	14	18	6	5	18	8	12	9	18	11	7	21	20	18	19	16	7	12	16	17	15	17	17	10	7	7	21	16	20	15	8	
2:00	16	19	7	7	19	9	16	10	18	10	8	21	20	20	19	15	9	11	18	16	17	19	17	11	8	7	20	16	20	16	9	
3:00	13	17	5	5	17	6	13	7	15	7	6	17	15	15	14	15	7	7	14	15	13	15	15	7	6	5	17	14	19	15	7	
4:00	15	18	7	7	19	8	16	9	17	9	8	19	16	19	17	19	11	9	15	15	16	17	18	10	8	8	18	15	17	15	9	
5:00	18	19	8	8	25	9	16	9	17	10	9	21	20	19	18	18	24	9	15	18	17	18	18	9	9	7	19	15	18	18	9	
6:00	30	27	5	6	25	7	28	8	28	7	7	28	30	30	30	31	26	8	27	30	29	30	30	7	7	6	29	28	30	29	8	
7:00	30	29	6	6	30	6	28	8	31	7	7	31	31	31	30	32	27	8	32	30	31	30	30	7	6	6	29	30	28	29	7	
8:00	39	38	16	15	40	16	37	17	42	17	17	40	41	39	40	43	36	17	41	38	40	40	38	16	17	15	39	37	37	38	17	
9:00	38	37	12	13	39	13	37	14	39	14	14	40	39	39	38	44	32	14	38	38	39	40	39	13	13	14	39	36	36	37	14	
10:00	40	42	14	15	40	17	38	16	42	16	15	40	42	40	39	42	33	15	42	40	42	42	40	17	15	15	39	37	38	38	16	
11:00	38	39	14	14	40	16	37	16	40	17	14	40	40	39	41	42	29	15	43	35	40	43	37	15	16	14	42	39	37	38	16	
12:00	36	37	13	14	40	15	39	16	40	15	15	42	37	38	38	41	20	17	41	34	40	43	36	14	15	13	39	36	35	38	16	
13:00	36	39	14	14	43	16	41	17	42	16	15	43	41	42	42	43	21	15	43	39	40	42	39	15	15	15	39	37	38	37	16	
14:00	40	44	15	15	43	18	43	18	44	17	15	43	40	40	41	43	21	16	42	42	39	40	40	16	16	15	40	38	39	43	18	
15:00	41	45	14	15	41	15	43	16	42	15	13	41	40	38	43	42	19	16	41	41	40	37	39	14	15	14	40	38	39	43	16	
16:00	41	42	16	16	39	19	42	20	40	17	16	43	42	40	45	45	21	17	38	43	39	35	42	19	17	17	42	37	37	43	19	
17:00	42	41	16	16	26	18	42	18	41	18	14	45	43	40	43	44	20	17	36	40	38	34	39	16	17	16	44	38	37	37	17	
18:00	41	41	15	15	24	17	41	18	41	16	16	44	43	44	45	44	18	17	38	41	41	40	43	17	16	16	44	40	44	37	18	
19:00	38	36	10	10	17	12	35	13	36	12	10	39	39	38	40	38	13	13	36	35	40	38	41	11	12	11	37	36	42	37	12	
20:00	35	36	10	10	15	12	35	12	38	11	10	36	30	37	39	36	13	10	35	29	39	33	38	10	11	10	36	32	40	35	12	
21:00	31	28	6	6	11	7	32	9	30	7	7	29	27	30	30	34	9	7	28	25	31	26	33	7	8	9	28	28	35	30	8	
22:00	22	21	7	15	11	10	23	15	25	8	12	24	19	24	22	22	10	8	21	18	21	21	25	8	16	13	19	22	28	20	5	
23:00	22	21	8	15	10	10	22	15	22	10	15	23	16	24	20	22	11	9	19	16	20	19	22	8	17	15	16	21	24	21	5	

ANEXO IV – DATOS DE RADIACIÓN

IV.1 Radiación en enero

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	0
8:00	119,32
9:00	281,24
10:00	411,95
11:00	496,28
12:00	528,04
13:00	503,25
14:00	434,95
15:00	336,91
16:00	203,81
17:00	5,66
18:00	0
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.2 Radiación en febrero

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	0,69
8:00	149,22
9:00	298,13
10:00	419,5
11:00	515,28
12:00	533,74
13:00	532,04
14:00	462,4
15:00	366,71
16:00	232,76
17:00	88,88
18:00	0
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.3 Radiación en marzo

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	47,09
8:00	187,94
9:00	319,73
10:00	438
11:00	529,56
12:00	517,75
13:00	532,43
14:00	463,93
15:00	351,68
16:00	229,11
17:00	99,29
18:00	1,86
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.4 Radiación en abril

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0,01
7:00	84,31
8:00	213,9
9:00	345,17
10:00	454,33
11:00	518,28
12:00	541,95
13:00	520,64
14:00	437,55
15:00	354,91
16:00	227,77
17:00	101,79
18:00	6,76
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.5 Radiación en mayo

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	2,13
7:00	107,74
8:00	250,98
9:00	391,86
10:00	495,24
11:00	570,06
12:00	594,6
13:00	565,63
14:00	492,23
15:00	377,85
16:00	245,72
17:00	108,98
18:00	6,8
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.6 Radiación en junio

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0,42
7:00	118,84
8:00	276,4
9:00	432,66
10:00	575,41
11:00	659,66
12:00	699,45
13:00	659,75
14:00	573,86
15:00	452,07
16:00	292,46
17:00	140,26
18:00	15,57
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.7 Radiación en julio

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	117,51
8:00	295,1
9:00	469,74
10:00	616,78
11:00	718,23
12:00	763,72
13:00	739,08
14:00	653,43
15:00	516,6
16:00	354
17:00	175
18:00	26,27
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.8 Radiación en agosto

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	106,16
8:00	282,72
9:00	465,98
10:00	622,18
11:00	724,93
12:00	769,52
13:00	735,93
14:00	644,7
15:00	514,39
16:00	342,58
17:00	159,73
18:00	16,81
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.9 Radiación en septiembre

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	93,11
8:00	255,7
9:00	418,56
10:00	555,9
11:00	627,86
12:00	640,46
13:00	624,11
14:00	525,97
15:00	397,33
16:00	248,35
17:00	94,79
18:00	1,41
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.10 Radiación en octubre

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	73,05
8:00	238,5
9:00	384,07
10:00	511,21
11:00	579,76
12:00	587,77
13:00	545,06
14:00	450,78
15:00	334,16
16:00	182,41
17:00	31,08
18:00	0
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

IV.11 Radiación en noviembre

Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	11,95
8:00	176,4
9:00	320
10:00	442,62
11:00	510,91
12:00	519,42
13:00	471,54
14:00	385,41
15:00	274,1
16:00	134,49
17:00	0
18:00	0
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

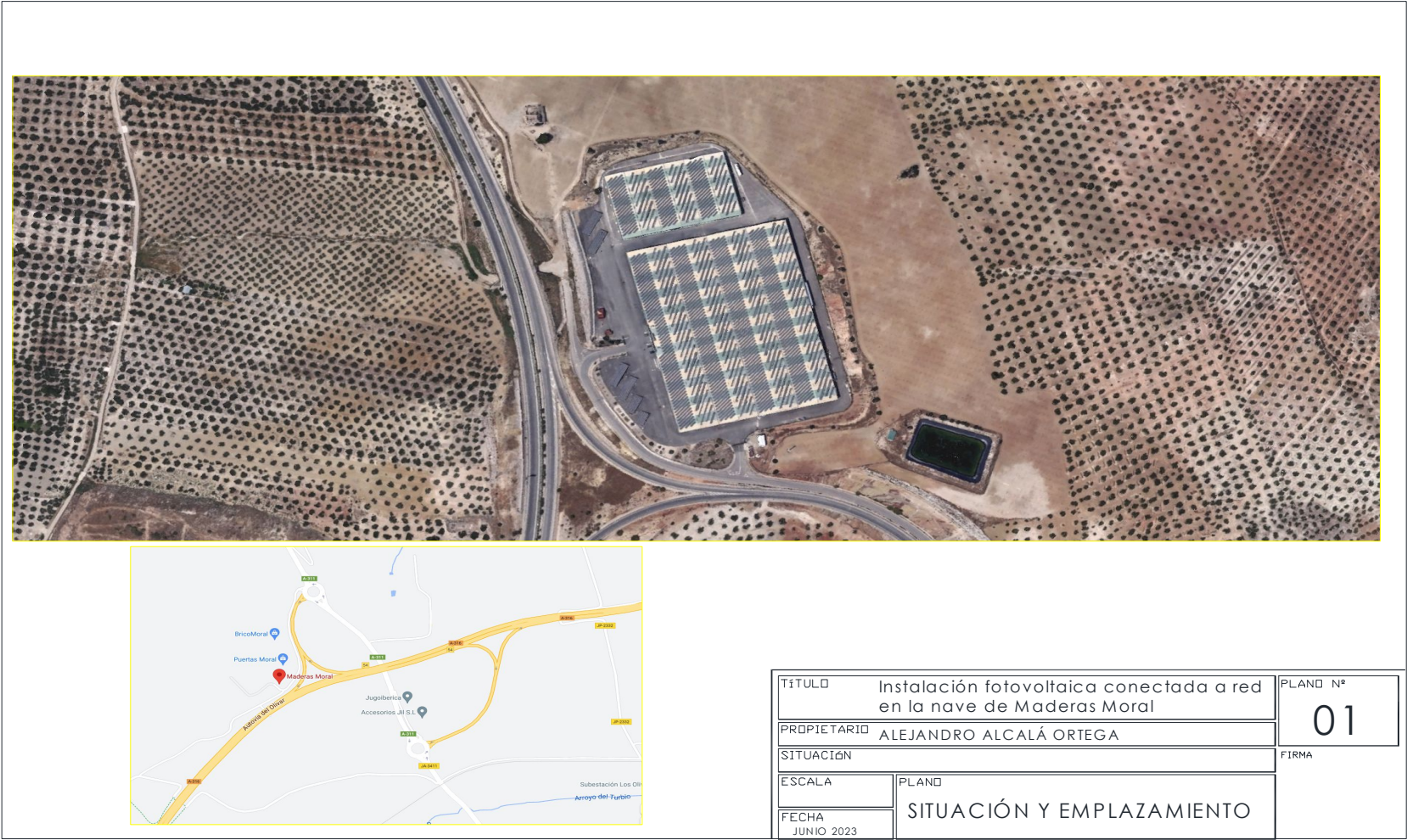
IV.12 Radiación en diciembre

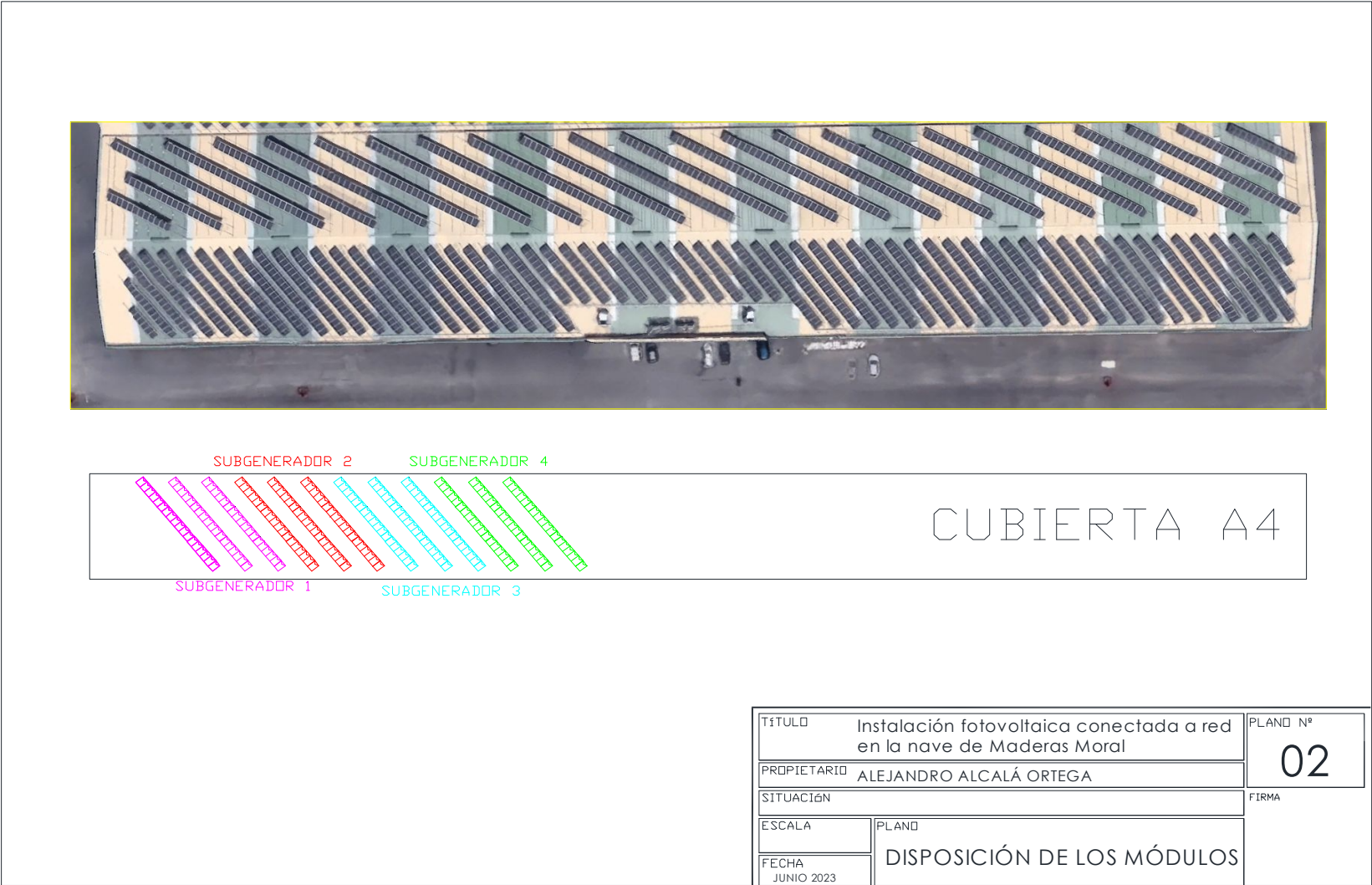
Hora local	G(W/m2)
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	0
7:00	0
8:00	127,72
9:00	302,74
10:00	437,21
11:00	525,72
12:00	544,11
13:00	516,2
14:00	418,01
15:00	300,77
16:00	152,29
17:00	0
18:00	0
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

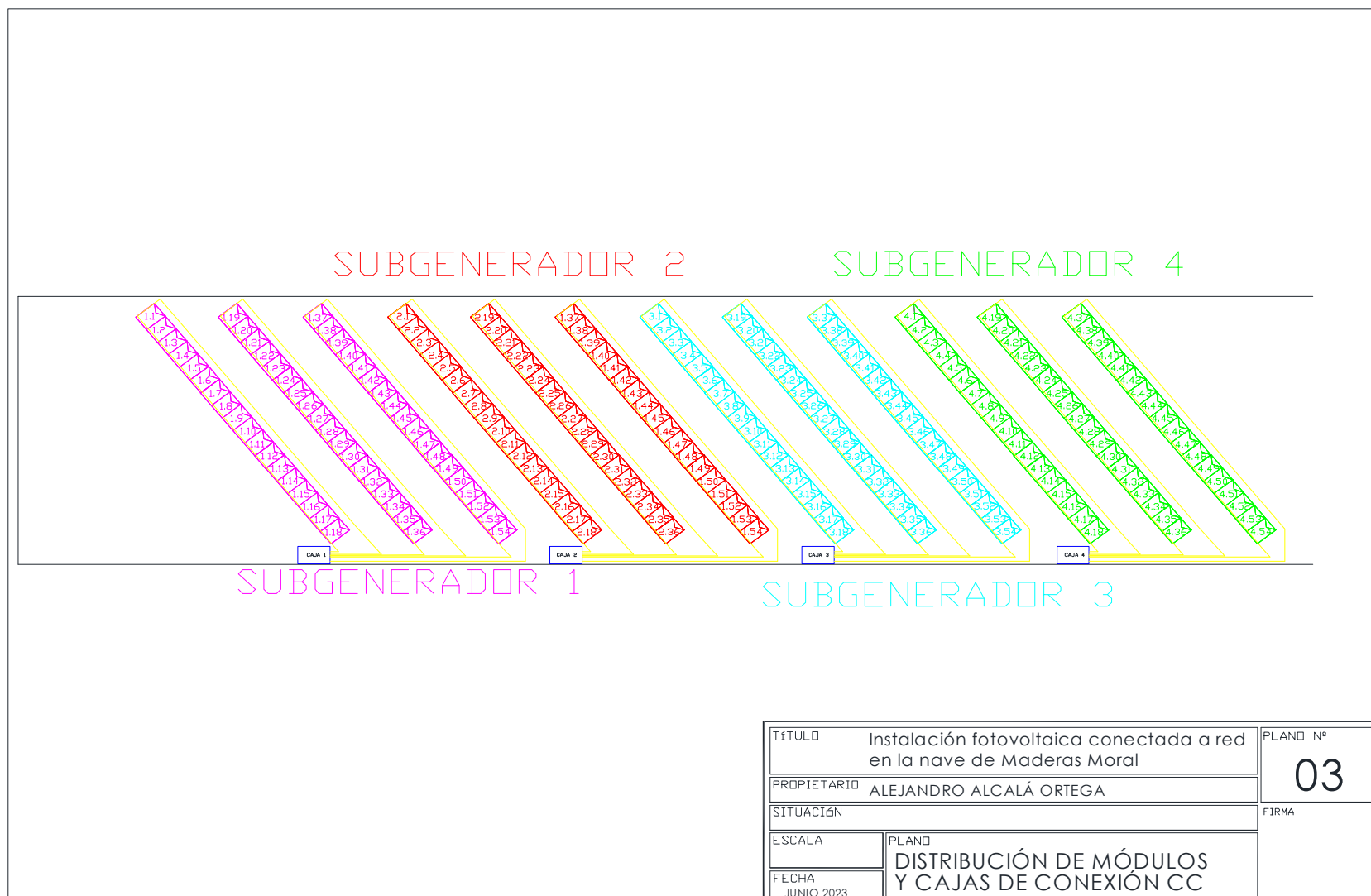
ANEXO V - PLANOS

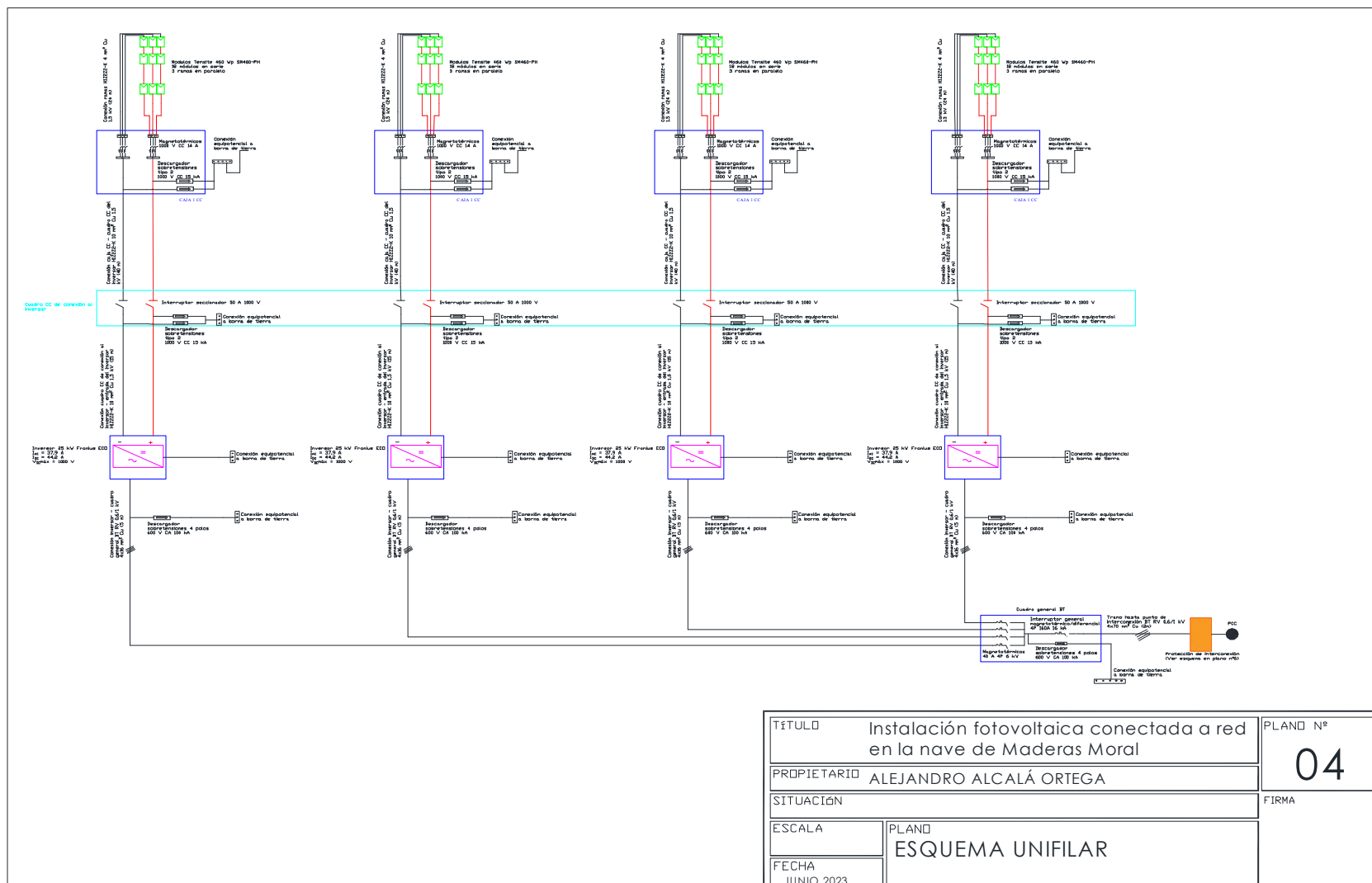
En este anexo se recogen los planos del proyecto que se listan a continuación:

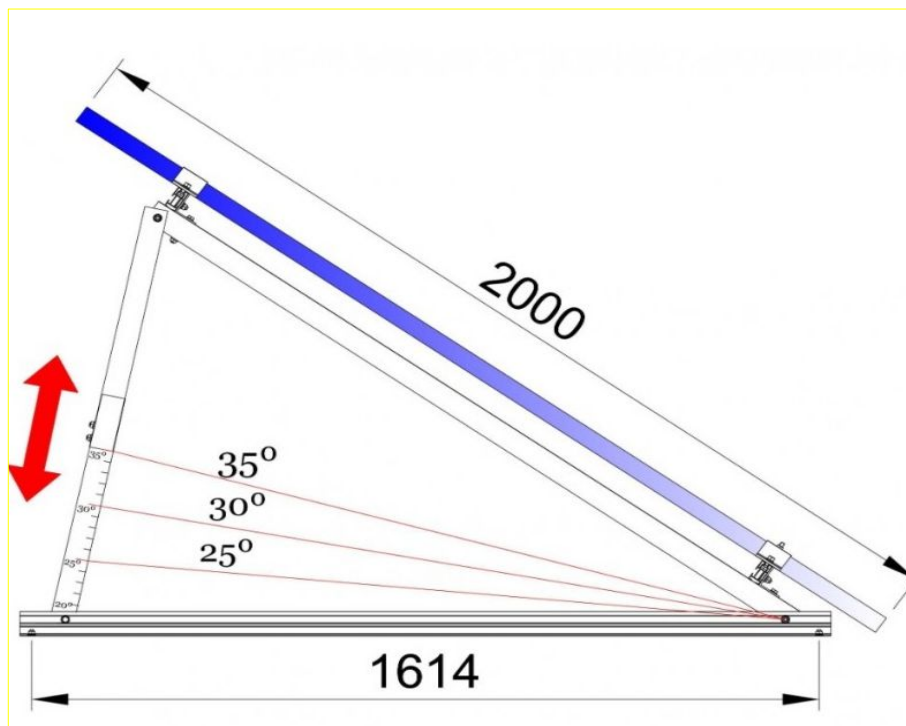
- Plano 1: Situación y emplazamiento
- Plano 2: Disposición de los módulos
- Plano 3: Distribución de módulos y cajas CC
- Plano 4: Esquema unifilar
- Plano 5: Perfil de la estructura soporte
- Plano 6: Protección de interconexión



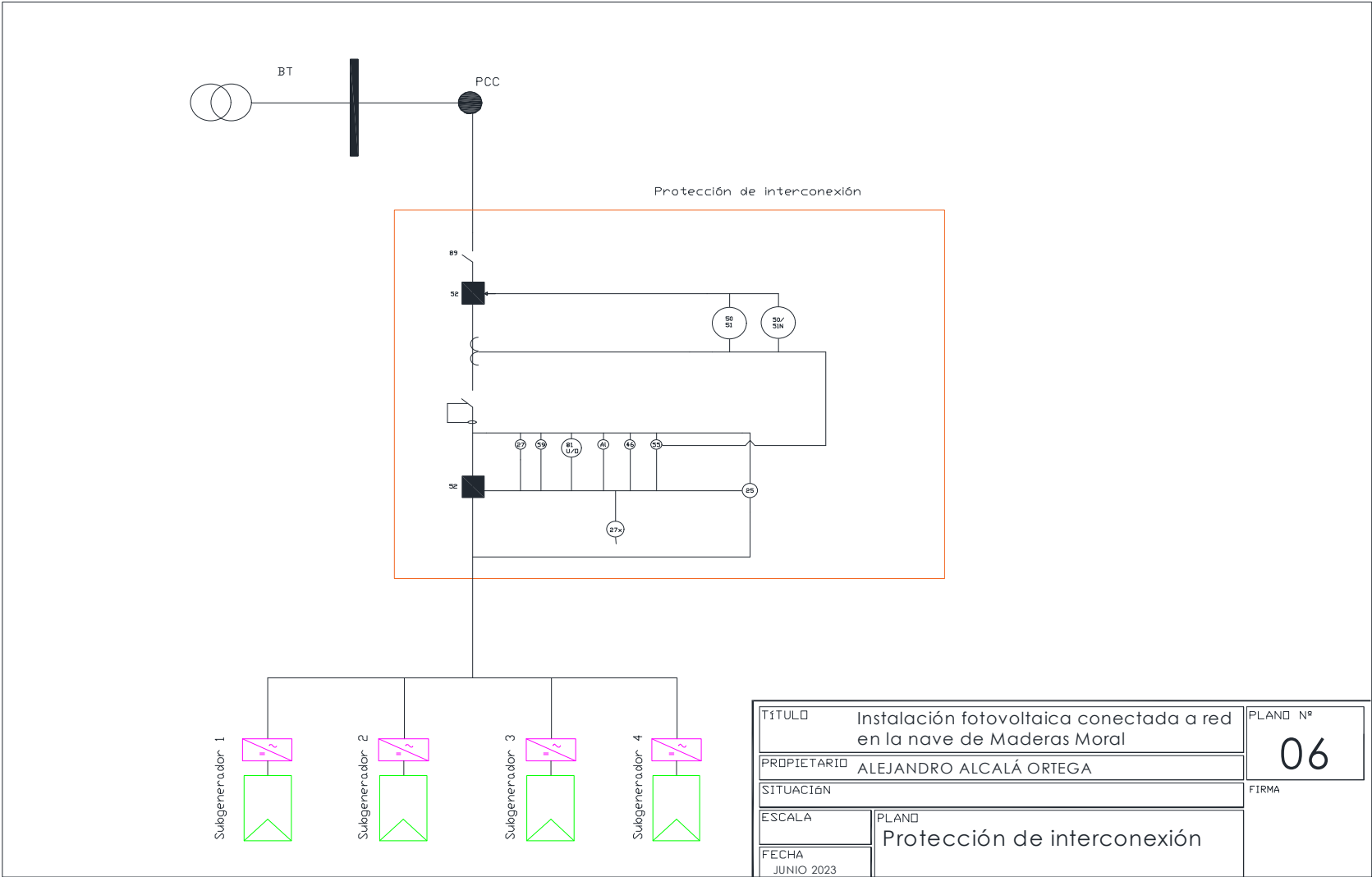








TÍTULO	Instalación fotovoltaica conectada a red en la nave de Maderas Moral		PLANO Nº
PROPIETARIO	ALEJANDRO ALCALÁ ORTEGA		05
SITUACIÓN			FIRMA
ESCALA	PLANO	PERFIL ESTRUCTURA SOPORTE	
FECHA	JUNIO 2023		



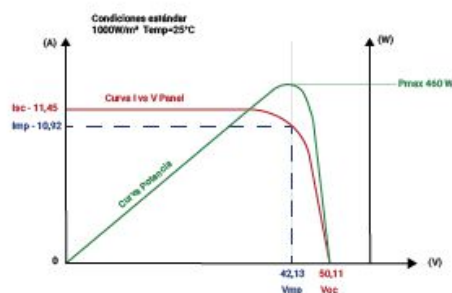
ANEXO VI - MATERIALES

VI.1 Módulo fotovoltaico



- Eficiencia del módulo superior al 21%
- Menor temperatura por punto caliente
- Bajos coeficientes de temperatura
- Módulo con mayor confiabilidad y menor riesgo de microfisuras
- Mejor tolerancia a sombras
- Diseño resistente para viento y nieve

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

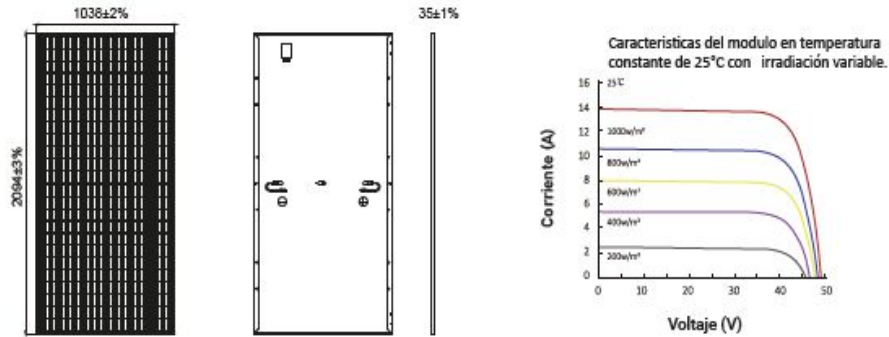


12 Años de garantía del producto

25 Años de garantía de potencia lineal

Tensite
info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com





Rendimiento eléctrico	Tipo de módulo	460M
	Máxima potencia (Wp)	460W
	Tensión máxima circuito abierto (Voc)	50.11V
	Corriente cortocircuito (Isc)	11.45A
	Tensión de potencia máxima (Vm)	42.13V
	Corriente de potencia máxima (Im)	10.92A
	Eficiencia del módulo	21.16%
	Fusible máximo por Serie	20A
	Número de Diodos	3
	Tolerancia positiva de vatios	0~+3%
	Condiciones de prueba estándar	1000W/m², 25°C, AM1.5
	Tensión máximo del sistema	1500V/DC
	Coefficiente de temperatura Isc	+0.044%/°C
	Coefficiente de temperatura Voc	-0.272%/°C
	Coefficiente de temperatura Pmpp	-0.350%/°C
	Temperatura de operación nominal de la célula	45±2°C
	Temperatura de funcionamiento	-40°C...+85°C
Rendimiento eléctrico (NOCT)	Capacidad de carga para la tapa del módulo (vidrio templado)	5400Pa (IEC61215) (nieve)
	Capacidad de carga de la parte delantera y trasera del módulo	2400Pa (IEC61215) (viento)
	Potencia máxima (Pmax)	348W
	Voltaje de circuito abierto (Voc)	47.38V
	Corriente de cortocircuito (Isc)	9.33A
Características mecánicas	Tensión de alimentación máxima (Vmp)	39.68V
	Corriente de potencia máxima (Imp)	8.76A
	Peso	23Kg
	Cubierta frontal	Vidrio templado
	Dimensiones del módulo (L / W / H)	2094x1036 x35mm
	Célula (cantidad/material/dimensiones)	144 (6x24) / silicio monocristalino
	Marco (material / color)	Marco de aleación de aluminio anodizado / plata
	Caja de conexiones (grado de protección)	≥IP67
	Cables y conectores	300 mm
	Clase de protección eléctrica	Clase II

Tensite
 info@tensite-energy.com
 www.tensite-energy.com



VI.2 Inversor

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

FRONIUS ECO

El inversor compacto para proyectos con el máximo rendimiento





Tecnología
SnapInverter



Comunicación
de datos integrada



Seguimiento
Inteligente GMPP



Smart Grid
Ready



Inyección cero

El inversor trifásico Fronius Eco con las categorías de potencia entre 25,0 y 27,0 kW, ha sido especialmente diseñado para instalaciones de gran potencia. Este inversor sin transformador, con un peso muy ligero y sistema de montaje SnapInverter, permite una instalación muy rápida y sencilla tanto Indoor como Outdoor.

Este inversor contiene un tipo de protección IP 66. Gracias al portafusibles y a la protección contra sobretensiones (opcional) integrados, no se necesitan cajas de conexión CC o de concentración.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO

DATOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Número de seguidores MPPT	1	1
Máx. corriente de entrada ($I_{sc,max}$)	44,2 A	47,7 A
Máxima corriente de cortocircuito ($I_{cc,pk}$) [*]	98 A	98 A
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc,min}$ - $U_{dc,max}$)	580 - 1.000 V	580 - 1.000 V
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc,service}$)	450 V	450 V
Rango de tensión MPPT	580 - 850 V ^{***}	580 - 850 V ^{***}
Número de entradas CC	6	6
Máx. salida del generador PV ($P_{dc,max}$)	37,6 kW _{pk}	37,6 kW _{pk}

^{*} $I_{sc,pv} = I_{sc,max} \times 1,25$ de acuerdo, por ejemplo, a IEC 60364-7-712, NEC 2020, AS/NZS 5033:2021.

^{***} basado en tensión de red de 230 V

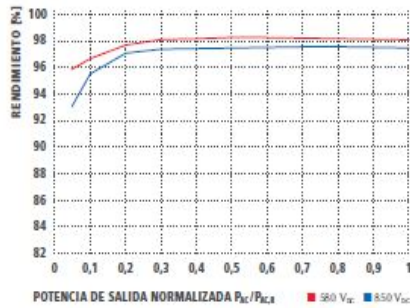
DATOS DE SALIDA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{N,CA}$)	25.000 W	27.000 W
Máxima potencia de salida	25.000 VA	27.000 VA
Corriente de salida ($I_{N,CA}$)	57,9 A / 36,2 A	40,9 A / 39,1 A
Acomodamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 380 V / 220 V or 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / -30 %)	3-NPE 380 V / 220 V or 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / -30 %)
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (+5 - 65 Hz)	50 Hz / 60 Hz (+5 - 65 Hz)
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2,0 %	< 2,0 %
Factor de potencia ($\cos \phi_{ref}$)	0 - 1 ind. / cap.	0 - 1 ind. / cap.

DATOS GENERALES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm	725 x 510 x 225 mm
Peso	35,7 kg	35,7 kg
Tipo de protección	IP 66	IP 66
Clase de protección	1	1
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3	2 / 3
Consumo máximo	< 1 W	< 1 W
Concepto de inversor	Sin transformador	Sin transformador
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada	Refrigeración de aire regulada
Instalación	Instalación interior y exterior	Instalación interior y exterior
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C	-25 - +60 °C
Humedad de aire admisible	0 a 100 %	0 a 100 %
Máxima altitud	2.000 m	2.000 m
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes rosados 2,5 - 16 mm ²	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes rosados 2,5 - 16 mm ²
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes rosados 2,5 - 16 mm ²	Conexión de 5 polos CA bornes rosados 2,5 - 16 mm ²
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0124-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CEE 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0124-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CEE 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21
País de fabricación	Austria	Austria

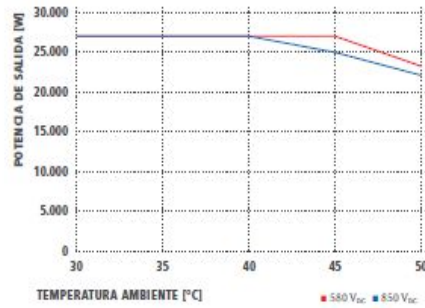
¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Carril DIN disponible para protección de sobretensiones de tipo 1 + 2 o tipo 2.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS ECO 27.0.3-S



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS ECO 27.0.3-S



DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO

RENDIMIENTO	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máximo rendimiento	98,2 %	98,3 %
Rendimiento europeo (IEC)	98,0 %	98,0 %
Rendimiento de adaptación MPP	~ 99,9 %	
EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Medición del aislamiento CC	Sí	
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC	Sí	
Portaobjetos integrado para string ¹⁾	Sí	
Protección contra polaridad inversa	Sí	
INTERFACES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP, SunSpec, Fronius Solar API (JSON)	
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interfaz receptor del control de onda	
USB (Conector A) ²⁾	Data logging, actualización de inversores vía USB	
2 conectores RJ 45 (RJ42) ²⁾	Fronius Solar Net	
Salida de audio ²⁾	Gestión de la energía (salida de más de 100 W de potencia)	
Data logger y Servidor web	Incluido	
Input externo ²⁾	Conexión 50-Meter / Evaluación para la protección contra sobretensión	
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador	

¹⁾ Opcionalmente equipado con 6 fusibles 15 A / 1.000 V en el lado positivo. ²⁾ También disponible en la versión light.
 Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión „desarrollo sostenible“ significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com v09 May 2018 ES

Fronius España S.L.U.
 Parque Empresarial LA CARPETANIA
 Miguel Faraday 2
 28906 Getafe (Madrid)
 España
 Teléfono +34 91 649 60 40
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
 Froniusplatz 1
 4600 Wels
 Austria
 Teléfono +43 7242 241-0
 Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

Este es el logotipo según el estándar alemán en el momento de la impresión. Sujeto a modificaciones.
 No podemos garantizar la exactitud de todos los datos a pesar de nuestras exhaustivas revisiones, declinamos por ello cualquier responsabilidad. Copyright © 2011 Fronius AG. Todos los derechos reservados.

M.O.A.018.3.18 v4.5 feb. 2023

VI.3 Certificado del inversor

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

**Fronius International GmbH**

Certifica que toda la gama de inversores Fronius ECO con Setup ES₁ comparten las siguientes características:

- Dispone de interruptor de interconexión interno para la desconexión automática.
- Dispone de protección interna de mínima y máxima tensión y frecuencia de red. Así el inversor desconecta si la red se sale de los siguientes valores umbral, en el tiempo indicado:

Parámetro	Umbral de protección	Tiempo máximo de actuación
Sobretensión-fase 1	Un + 10%	1,5 s
Sobretensión-fase 2	Un + 15%	0,2 s
Tensión mínima	Un - 15%	1,5 s
Frecuencia máxima	51 Hz	0,5 s
Frecuencia mínima	48 Hz	3 s

Un AC = 230V / 400V (Trifásicos)

- En caso de actuación de la protección de máxima frecuencia, la reconexión solo se realizara cuando la frecuencia alcance un valor menor o igual a 50 Hz.
- Siempre que exista potencia a la entrada, el inversor realizará la conexión a la red sincronizándose con la misma en tensión (+/- 8%), en frecuencia (+/- 0,1Hz), y en fase (+/- 10%).
- El software de ajuste de las protecciones de tensión y frecuencia no es accesible al usuario.
- Dispone de relé de bloqueo de protecciones, con un tiempo de sincronización y rearme automático de 180 segundos. Este relé es activado por las protecciones de máxima y mínima tensión y frecuencia.
- La corriente continua inyectada a red no supera el 0,5% de la corriente nominal, habiendo sido comprobado mediante ensayo por laboratorio externo, tal como indica la "Nota de interpretación de equivalencia de la separación galvánica de la conexión de instalaciones generadoras en Baja Tensión" del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, con resultado favorable.
- Dispone de un vigilante de aislamiento a tierra en el lado de continua.
- Dispone de protección contra funcionamiento en isla, cumpliendo con lo indicado en la Norma UNE EN 50438, en la IEC 62116, en la UNE 206006:2011 IN y en la UNE 206007-1 IN:2013
- Presenta un coeficiente de distorsión armónica menor del 3 %.
- Los dispositivos para la monitorización de frecuencia y tensión presentan un error en la medida inferior al 5%.

El inversor cumple con todas las normas y directrices de seguridad aplicables:

- RD 413/2014, RD 1699/2011 y RD 661/2007 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Directriz 2004/108/CE, sobre compatibilidad electromagnética.
- DIN EN 61000-6-2, DIN EN 61000-6-4, y DIN EN 50178 sobre emisión de armónicos.
- P.O. 12.3 según RD 1565/2010 para instalaciones de potencia superior a 2MW.

Rainer Sattlberger
Director General Fronius España

FRONIUS España, S.L.U.
B-08110174
Parque Empresarial La Carpetania
Calle Miguel Faraday, nº 2
28906 Getafe (MADRID)
ESPAÑA

 CERT #5314.02	
Número de certificado de producto	20384-4-CER
Solicitante	CIRCUTOR, S.A. Vial Sant Jordi, s/n 08232 Villadecavalls. Barcelona, Spain
Series	Fronius_ ECO/ CDP / MC3 / CVM/ Metasol_ MC
Modelos	Inversor: Fronius_ ECO 25.0-3-S Fronius_ ECO 27.0-3-S Control Manager: CDP-0 Analizador de potencia: CVM-MINI-MC Sensor de corriente: MC3-125 MC3-63 MC3-250 Interruptor: MC-18a/4
Firmware	Inversor: 0.3.18.02 (Fronius_ ECO 25.0-3-S)
Tipo de unidad generadora	Sistema de inyección cero (inversor solar trifásico + control manager + analizador de potencia con sensor de corriente + contactores)
Datos técnicos	Ver páginas 3, 4 y 5
Norma	Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Acogido a régimen de autoconsumo. Conforme a Anexo I. UNE 217001 IN: 2015: Requisitos y ensayos para sistemas que eviten el vertido de energía a la red de distribución.

Después de haber evaluado el informe de ensayo número: 20163_TR_CIRCUTOR_UNE 217001 IN, realizado por Certification Entity for Renewable Energies, S.L (acreditado por ENAC con N° 1239/LE2396) y basado en los requisitos de EN ISO/IEC 17025:2005.

La solución antes mencionada cumple con los requisitos del

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Acogido a régimen de autoconsumo. Conforme a Anexo I y,

UNE 217001 IN: 2015: Requisitos y ensayos para sistemas que eviten el vertido de energía a la red de distribución.

Esta certificación se basa en el proceso interno de CERE PET-CERE-09 Rev 17 basado en los requisitos de la norma EN ISO/IEC 17065:2012.

Para este proceso de certificación, las actividades que fueron evaluadas en conformidad con:

- Ensayos sobre muestra seleccionada por CERE.
- Sistema de calidad conforme ISO 9001 en base a certificado con número: QMS 140506-B-02 emitido por un cuerpo de certificación acreditado conforme a EN ISO/IEC 17021.
- Inspección del proceso de fabricación.

Este certificado cancela y sustituye al certificado número 20163-CER-E1 emitido el día 28 de mayo de 2019

En Madrid, a 19 de noviembre de 2019. Este certificado es válido hasta el 19 de noviembre de 2022



Miguel Martínez Lavín
Director de certificación

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PM1.Presupuesto y mediciones

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
C1	GENERADOR FOTOVOLTAICO			
C1.1	u Módulo fotovoltaico 460 Wp Mono PERC Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino de 460 Wp de potencia modelo SM460-PH del fabricante Tensite.			
C1.2	u Inversor trifásico 25 kW Inversor trifásico para conexión a red del fabricante Fronius modelo ECO de 25 kW de potencia a la salida con monitorización por Wifi integrada en conjunto con Smart Meter.	216,00	140,82	30.417,12
C1.3	u Smart Meter Trifásico TS 5KA-3 Fronius Smart Meter TS 5KA Trifásico es un dispositivo calibrado para poder medir y controlar la cantidad de energía que pasa a través de la vivienda. Este modelo precisa de sensores toroidales para llevar a cabo una medición indirecta de la corriente que pasa por cada una de las 3 fases.	4,00	2.744,89	10.979,56
C1.4	u Estructura SUNFER acero inoxidable 6 paneles inclinable Estructura inclinada cerrada para cubierta metálica, paneles solares de hasta 2279x1150 mm. La estructura permite la regulación de la inclinación desde 20° hasta los 35°. La estructura se puede instalar a cubierta de chapa metálica, subestructura con anclaje a correas. No incluye la tornillería de anclaje a la cubierta. La estructura está testeada para soportar vientos de hasta 150 km/h.	1,00	311,27	311,27
C1.5	u Kit Unión Universal estructura hasta 45 mm Contiene todos los elementos necesarios para realizar la unión de las placas solares a la hora de realizar una instalación solar con estructuras. En concreto este kit está confeccionado para la unión de estructuras SUNFER preparadas para paneles de hasta 45 mm de grosor de perfil.	36,00	379,00	13.644,00
		36,00	82,90	2.984,40
TOTAL C1				58.336,35

C2 CABLEADO Y CANALIZACIÓN				
C2.1	u Caja de conexión corriente continua Caja de conexión CC de módulos en cubierta de 3 entradas y una salida, incluyendo: un descargador de sobretensiones 1000 V, 3 magnetotérmicos de 14 A. Grado de protección mayor o igual a IP66 incluyendo instalación.			
C2.2	u Caja de conexión inversor Caja de conexión CC para conexión a inversor. Cuenta con 4 entradas y 4 salidas y protección mayor o igual a IP66 incluyendo instalación.	4,00	908,00	3.632,00
C2.3	m Cable CC 4 mm ² conexión generador Cable unipolar CC con sección 4 mm ² de cobre incluyendo su instalación.	1,00	465,00	465,00
C2.4	m Cable CC 10 mm ² conexión generador Cable unipolar CC con sección 10 mm ² de cobre incluyendo su instalación.	1.000,00	2,20	2.200,00
C2.5	m Cable BT Cable para conexión del cuadro BT con cuadro general del centro de transformación. 3x70 mm ² + 1x70 mm ² en cobre. Incluida instalación bajo tubo de PVC con diámetro de 160 mm.	500,00	3,77	1.885,00
C2.6	u Arqueta prefabricada 0,5 m x 0,5 m IP67 Arqueta prefabricada para canalización subterránea de conductores.	40,00	21,80	872,00
C2.7	m Canalización subterránea AC Canalización subterránea para los conductores de corriente alterna incluyendo la excavación de zanja, instalación de cableado bajo tubos de 160 mm de diámetro y el relleno de la zanja.	3,00	144,25	432,75
C2.8	u Puesta a tierra de la instalación Puesta a tierra para protección de sobretensiones en el generador.	40,00	65,52	2.620,80
C2.9	u Cuadro general BT Cuadro general de BT con interruptor general magnetotérmico de 160 A, descargador de sobretensiones 600 V CA y 4 magnetotérmicos CA de 40 A instalados.	1,00	631,82	631,82
C2.10	m Cable CA 16 mm ² conexión cuadro general BT Cable unipolar CA con sección 16 mm ² de cobre incluyendo instalación.	1,00	1.990,00	1.990,00
		100,00	10,90	1.090,00
TOTAL C2				15.819,37

C3	SEGURIDAD Y SALUD			
C3.1	u Botiquín primeros auxilios Botiquín de primeros auxilios con equipamiento necesario (desinfectantes, gasas, tijeras entre otros mencionados en la memoria).			
C3.2	u Par de guantes de aislamiento Guantes dieléctricos clase 0 protección de 1000 V.	1,00	25,95	25,95
C3.3	u Casco de protección Casco para trabajos en altura con protección para riesgo eléctrico (hasta 1000 V). Cuenta con barboquejo integrado y arnés interior textil.	4,00	18,15	72,60
		4,00	19,31	77,24
	TOTAL C3			175,79
C4	TRAMITACIÓN			
C4.1	u Expedición de Certificado de Organismo de Control Administrativo.			
C4.2	u Registro del Certificado de las instalaciones en el Órgano Competente de la Comunidad Autónoma.	1,00	387,29	387,29
C4.3	u Tramitación de documentación para solicitud de las subvenciones que le sean de aplicación.	1,00	52,36	52,36
		1,00	125,90	125,90
	TOTAL C4			565,55
	TOTAL.....			74.897,06

PM2.Cuadro de descompuestos

C1	GENERADOR FOTOVOLTAICO			
C1.1	Módulo fotovoltaico 460 Wp Mono PERC Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino de 460 Wp de potencia modelo SM460-PH del fabricante Tensite.	u		
C1.1.1	Modulo fotovoltaico de 460 Wp	1,000 u	121,32	121,32
MO1	Oficial 1º Electricista	0,400 h	25,00	10,00
MO2	Oficial 2º Electricista	0,400 h	20,00	8,00
C1.1.2	Pequeño material	1,000 u	1,50	1,50
	TOTAL PARTIDA			140,82
C1.2	Inversor trifásico 25 kW Inversor trifásico para conexión a red del fabricante Fronius modelo ECO de 25 kW de potencia a la salida con monitorización por Wifi integrada en conjunto con Smart Meter.	u		
C1.2.1	Inversor trifásico 25 kW	1,000 u	2.630,89	2.630,89
MO1	Oficial 1º Electricista	2,500 h	25,00	62,50
MO2	Oficial 2º Electricista	2,500 h	20,00	50,00
C1.1.2	Pequeño material	1,000 u	1,50	1,50
	TOTAL PARTIDA			2.744,89

C13	Smart Meter Trifásico TS 5KA-3	u			
	Fronius Smart Meter TS 5KA Trifásico es un dispositivo calibrado para poder medir y controlar la cantidad de energía que pasa a través de la vivienda. Este modelo precisa de sensores toroidales para llevar a cabo una medición indirecta de la corriente que pasa por cada una de las 3 fases.				
C13.1	Smart Meter Trifásico	1,000 u	296,27	296,27	
MO1	Oficial 1º Electricista	0,300 h	25,00	7,50	
MO2	Oficial 2º Electricista	0,300 h	20,00	6,00	
C1.1.2	Pequeño material	1,000 u	1,50	1,50	
TOTAL PARTIDA				311,27	
C14	Estructura SUNFER acero inoxidable 6 paneles inclinable	u			
	Estructura inclinada cerrada para cubierta metálica, paneles solares de hasta 2279x1150 mm. La estructura permite la regulación de la inclinación desde 20º hasta los 35º. La estructura se puede instalar a cubierta de chapa metálica, subestructura con anclaje a correas. No incluye la tornillería de anclaje a la cubierta. La estructura está testeada para soportar vientos de hasta 150 km/h.				
C14.1	Estructura de acero inoxidable SUNFER	1,000 u	359,50	359,50	
MO1	Oficial 1º Electricista	0,400 h	25,00	10,00	
MO2	Oficial 2º Electricista	0,400 h	20,00	8,00	
C1.1.2	Pequeño material	1,000 u	1,50	1,50	
TOTAL PARTIDA				379,00	
C15	Kit Unión Universal estructura hasta 45 mm	u			
	Contiene todos los elementos necesarios para realizar la unión de las placas solares a la hora de realizar una instalación solar con estructuras- En concreto este kit está confeccionado para la unión de estructuras SUNFER preparadas para paneles de hasta 45 mm de grosor de perfil.				
C15.1	Kit Unión Universal para estructura	1,000 u	76,90	76,90	
C15.1	Kit Unión Universal para estructura	1,000 u	76,90	76,90	
MO1	Oficial 1º Electricista	0,100 h	25,00	2,50	
MO2	Oficial 2º Electricista	0,100 h	20,00	2,00	
C1.1.2	Pequeño material	1,000 u	1,50	1,50	
TOTAL PARTIDA				82,90	
C2	CABLEADO Y CANALIZACIÓN				
C2.1	Caja de conexión corriente continua	u			
	Caja de conexión CC de módulos en cubierta de 3 entradas y una salida, incluyendo: un descargador de sobretensiones 1000 V, 3 magnetotérmicos de 14 A. Grado de protección mayor o igual a IP66 incluyendo instalación.				
C2.1.1	Caja de conexión CC	1,000 u	369,88	369,88	
MO1	Oficial 1º Electricista	2,700 h	25,00	67,50	
C2.1.2	Material eléctrico	1,000 u	75,00	75,00	
C2.1.3	Descargador sobretensión	1,000 u	160,00	160,00	
C2.1.4	Magnetotérmicos	3,000 u	78,54	235,62	
TOTAL PARTIDA				908,00	
C2.2	Caja de conexión inversor	u			
	Caja de conexión CC para conexión a inversor. Cuenta con 4 entradas y 4 salidas y protección mayor o igual a IP66 incluyendo instalación.				
C2.2.1	Caja de conexión	1,000 u	180,00	180,00	
MO1	Oficial 1º Electricista	2,000 h	25,00	50,00	
C2.2.2	Interruptor seccionador 50 A	4,000 u	50,00	200,00	
C2.2.3	Material eléctrico	1,000 u	35,00	35,00	
TOTAL PARTIDA				465,00	

C2.3	Cable CC 4 mm² conexión generador	m		
	Cable unipolar CC con sección 4 mm ² de cobre incluyendo su instalación.			
C2.3.1	Cable CC 4 mm ² cobre	1,000 m	0,85	0,85
MO1	Oficial 1º Electricista	0,030 h	25,00	0,75
MO2	Oficial 2º Electricista	0,030 h	20,00	0,60
	TOTAL PARTIDA			2,20
C2.4	Cable CC 16 mm² conexión generador	m		
	Cable unipolar CC con sección 16 mm ² de cobre incluyendo su instalación.			
C2.4.1	Cable CC 16 mm ² cobre	1,000 m	2,42	2,42
MO1	Oficial 1º Electricista	0,030 h	25,00	0,75
MO2	Oficial 2º Electricista	0,030 h	20,00	0,60
	TOTAL PARTIDA			3,77
C2.5	Cable BT	m		
	Cable para conexión del cuadro BT con cuadro general del centro de transformación. 3x70 mm ² + 1x70 mm ² en Aluminio. Incluida instalación bajo tubo de PVC con diámetro de 160 mm.			
C2.6.1	Conductor aís. 70 mm ²	4,000 m	4,10	16,40
MO1	Oficial 1º Electricista	0,120 h	25,00	3,00
MO2	Oficial 2º Electricista	0,120 h	20,00	2,40
	TOTAL PARTIDA			21,80
C2.6	Arqueta prefabricada 0,5 m x 0,5 m IP67	u		
	Arqueta prefabricada para canalización subterránea de conductores.			
C2.7.1	Arqueta prefabricada	1,000 u	56,75	56,75
MO3	Peón Especialista	0,500 h	20,00	10,00
MO4	Oficial 1º	0,300 h	25,00	7,50
C2.7.2	Tapa de fundición	1,000 u	70,00	70,00
C2.7.2	Tapa de fundición	1,000 u	70,00	70,00
	TOTAL PARTIDA			144,25
C2.7	Canalización subterránea AC	m		
	Canalización subterránea para los conductores de corriente alterna incluyendo la excavación de zanja, instalación de cableado bajo tubos de 160 mm de diámetro y el relleno de la zanja.			
C2.8.1	Excavación de zanja	0,360 m3	6,00	2,16
C2.8.2	Relleno de tierra zanja	0,360 m3	6,00	2,16
C1.1.2	Pequeño material	1,000 u	1,50	1,50
C2.8.3	Tubo PVC Diámetro 160 mm	4,000 m	4,30	17,20
MO3	Peón Especialista	1,500 h	20,00	30,00
MO4	Oficial 1º	0,500 h	25,00	12,50
	TOTAL PARTIDA			65,52
C2.8	Puesta a tierra de la instalación	u		
	Puesta a tierra para protección de sobretensiones en el generador			
MO1	Oficial 1º Electricista	6,000 h	25,00	150,00
C2.9.1	Conductor cobre desnudo 35 mm ²	30,000 m	1,10	33,00
C2.9.2	Conductor aís. 4 mm ² cobre	500,000 m	0,85	425,00
C2.9.3	Caja de seccionamiento	1,000 u	22,32	22,32
C1.1.2	Pequeño material	1,000 u	1,50	1,50
	TOTAL PARTIDA			631,82
C2.9	Cuadro general BT	u		
	Cuadro general de BT con interruptor general magnetotérmico de 160 A, descargador de sobretensiones 600 V CA y 4 magnetotérmicos de 40 A CA instalados.			
C2.10.1	Cuadro general BT	1,000 u	1.990,00	1.990,00
	TOTAL PARTIDA			1.990,00

C2.10	Cable CA 16 mm ² conexión cuadro general BT	m			
	Cable unipolar CA con sección 16 mm ² de cobre incluyendo su instalación.				
C2.4.1	Cable CC 16 mm ² cobre	1,000 m	9,55	9,55	
MO1	Oficial 1º Electricista	0,030 h	25,00	0,75	
MO2	Oficial 2º Electricista	0,030 h	20,00	0,60	
TOTAL PARTIDA					10,90

C3 SEGURIDAD Y SALUD

C3.1	Botiquín primeros auxilios	u			
	Botiquín de primeros auxilios con equipamiento necesario (desinfectantes, gasas, tijeras entre otros mencionados en la memoria).				
TOTAL PARTIDA				Sin descomposición	25,95
C3.2	Par de guantes de aislamiento	u			
	Guantes dieléctricos clase 0 protección de 1000 V.				
TOTAL PARTIDA				Sin descomposición	18,15
C3.3	Casco de protección	u			
	Casco para trabajos en altura con protección para riesgo eléctrico (hasta 1000 V). Cuenta con barboquejo integrado y arnés interior textil.				
TOTAL PARTIDA				Sin descomposición	19,31

PM3.Resumen del presupuesto

C1	GENERADOR FOTOVOLTAICO	58.336,35
C2	CABLEADO Y CANALIZACIÓN	15.819,37
C3	SEGURIDAD Y SALUD	175,79
C4	TRAMITACIÓN.....	565,55
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		74.897,06
13,00	% Gastos generales	9.736,62
6,00	% Beneficio industrial	4.493,82
Suma.....		14.230,44
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		89.127,50
21%	IVA	18.716,78
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		107.844,28

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de CIENTO SIETE MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

ESTUDIO ECONÓMICO

EE.1 Introducción

El objetivo principal de este estudio es analizar los aspectos económicos clave relacionados con la implementación de la instalación fotovoltaica planteada, considerando tanto los costos de inversión como los beneficios esperados a lo largo de su vida útil. Se examinarán diferentes variables, como los costos de los paneles solares, las estructuras de soporte, los equipos de conversión de energía, los costos de instalación y mantenimiento, así como los ingresos generados por la venta de electricidad producida.

Además, se abordarán aspectos económicos más amplios, como la evaluación del flujo de caja, el periodo de retorno de la inversión y los indicadores financieros relevantes como el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.

El estudio también considerará los marcos regulatorios y las políticas gubernamentales vigentes en el contexto local, ya que pueden influir en la viabilidad económica de la instalación. Se analizarán los costes de la energía en los diferentes periodos tarifarios para comprender su impacto en la rentabilidad del proyecto.

En este estudio no se contempla ningún tipo de subvención que pueda mejorar la rentabilidad del proyecto.

EE.2 Estudio de la viabilidad económica y financiera

Se presentarán a continuación los datos de partida que respaldan el análisis económico y financiero actual. Estos datos son fundamentales para el estudio, destacando especialmente la inversión inicial del presupuesto, que constituye el costo principal del proyecto y se asume como un único pago total al comienzo del proceso.

Se ha supuesto un crédito concedido del 60% del presupuesto total con un interés del 4% a financiar en 15 años. El importe restante será el importe abonado por la empresa en el año 0.

EE.3 Datos iniciales

En este apartado se mostrarán distintas tablas y figuras con los datos que se han tenido en cuenta a la hora de realizar el estudio de viabilidad del proyecto empezando por los datos generales:

Tabla EE. I – Datos generales

Datos generales	
Potencia instalada [kWp]	99,36
Coste total de la inversión [€]	107844,28
Recursos ajenos [% inversión]	60
Recursos propios [% inversión]	40
Coste de la instalación [€/kWp]	1085,39
Vida útil de la instalación en años	25
Años de financiación	15

A continuación, se presentarán los datos de explotación. Es relevante destacar que los ingresos generados por la producción y venta de energía a la red están limitados por los costos de adquisición, excluyendo peajes y cargos. Estos últimos no serán compensados, lo que implica que el 100% de su valor deberá ser abonado en la factura, independientemente de la cantidad de energía fotovoltaica generada.

Por ende, el propósito de este proyecto es desarrollar un generador fotovoltaico altamente eficiente. El objetivo principal es abastecer a la industria con la energía requerida para su consumo, en lugar de dimensionar el generador con la intención de obtener ganancias económicas.

No obstante, es importante destacar que la rentabilidad del proyecto será considerable debido a los actuales precios de adquisición de energía. Esto permitirá recuperar la inversión realizada en el proyecto en un período de tiempo relativamente corto.

En resumen, se procederá a demostrar la viabilidad financiera del proyecto mediante análisis económicos y herramientas pertinentes.

Tabla EE.II – Datos de explotación

Datos de explotación	
Ingresos por vertida a la red [€]	3177
Beneficio autoconsumo FV [€]	19708
Tasa variación interanual precio electricidad [%]	2
Costes de mantenimiento, seguro, generales [%]	1,5
Tasa de degradación/producción [%]	0,5

Tabla EE.III – Datos de financiación

Datos de financiación	
Importe inicial deuda [€]	64706,57
Años de amortización del préstamo [€]	15
Interés [%]	4
Cuota de amortización [€]	4313,77
Capital propio [€]	43137,71
Amortización final de proyecto [años]	25
Autoconsumo FV [kWh]	103678
Dividendos sobre el capital propio [%]	5

EE.4 Financiación

En la siguiente tabla se muestran los valores financieros durante un periodo de 24 años.

Tabla EE.IV – Dimensión financiera del préstamo y del capital propio

Periodo	Dimensión financiera de la financiación	Capital inicial	Intereses	Amortización Financiera	Saldo Final
0	-107844,28	43137,71	2588,26	4313,77	60392,8
1	9058,92	41412,2	2415,71	4313,77	56079,03
2	8886,37	39514,14	2243,16	4313,77	51765,26
3	8713,82	37443,54	2070,61	4313,77	47451,49
4	8541,27	35200,38	1898,06	4313,77	43137,72
5	8368,72	32784,67	1725,51	4313,77	38823,95
6	8196,17	30196,4	1552,96	4313,77	34510,18
7	8023,62	27435,59	1380,41	4313,77	30196,41
8	7851,07	24502,23	1207,86	4313,77	25882,64
9	7678,52	21396,32	1035,31	4313,77	21568,87
10	7505,97	18117,85	862,75	4313,77	17255,1
11	7333,41	14666,84	690,2	4313,77	12941,33

12	7160,86	11043,27	517,65	4313,77	8627,56
13	6988,31	7247,15	345,1	4313,77	4313,79
14	6815,76	3278,49	172,55	4313,77	0
15	6643,21				
16	2156,89				
17	2156,89				
18	2156,89				
19	2156,89				
20	2156,89				
21	2156,89				
22	2156,89				
23	2156,89				
24	2156,89				

EE.5 Análisis financiero

En este apartado se realiza un análisis de las tesorerías resultantes del cash-flow. Se pueden observar valores negativos en los primeros periodos, pero a partir del año 3 ya presenta un cash-flow acumulado positivo.

Tabla EE.V – Análisis financiero

Per.	Cash-flow explot.	Interés	Divid.	Amort. Finan. Propio	Tesor. neta	Tesorer acum.	Flujos
0	21267,34	2588,26	491,5	4313,77	13873,8	13873,8	-43137,71
1	21610,61	2415,71	491,5	4313,77	14389,6	28263,43	-14874,28
2	21959,03	2243,16	491,5	4313,77	14910,6	43174,04	28299,76
3	22312,69	2070,61	491,5	4313,77	15436,8	58610,84	86910,6
4	22671,64	1898,06	491,5	4313,77	15968,3	74579,15	161489,7
5	23035,98	1725,51	491,5	4313,77	16505,2	91084,35	252574,1
6	23405,78	1552,96	491,5	4313,77	17047,6	108131,9	360706
7	23781,14	1380,41	491,5	4313,77	17595,5	125727,4	486433,4
8	24162,12	1207,86	491,5	4313,77	18149	143876,4	630309,7
9	24548,82	1035,31	491,5	4313,77	18708,2	162584,6	792894,3
10	24941,31	862,755	491,5	4313,77	19273,3	181857,9	974752,2
11	25339,7	690,204	491,5	4313,77	19844,2	201702,1	1176454

12	25744,06	517,653	491,5	4313,77	20421,1	222123,2	1398578
13	26154,48	345,102	491,5	4313,77	21004,1	243127,4	1641705
14	26571,07	172,552	491,5	4313,77	21593,2	264720,6	1906426
15	26993,9		491,5		26502,4	291223	2197649
16	27423,07		491,5		26931,6	318154,6	2515803
17	27858,68		491,5		27367,2	345521,7	2861325
18	28300,83		491,5		27809,3	373331,1	3234656
19	28749,6		491,5		28258,1	401589,2	3636245
20	29205,11		491,5		28713,6	430302,8	4066548
21	29667,45		491,5		29176	459478,7	4526027
22	30136,73		491,5		29645,2	489124	5015151
23	30613,05		491,5		30121,5	519245,5	5534396
24	31096,51		491,5		30605	549850,5	6084247

Se ha considerado un único flujo de caja al final de cada año para simplificar la presentación de los resultados y del estudio, aunque los cobros y los pagos se suelen producir durante el transcurso del año.

EE.6 Análisis económico

Los potenciales beneficios al invertir en un momento específico y mantener esa inversión a lo largo del tiempo se centran principalmente en los flujos de ganancias anticipados que se prevé que la inversión genere. La diferencia entre los ingresos y los desembolsos, ajustados por su valor presente al momento inicial en que el inversionista inicia la operación, se denomina Valor Actual Neto (VAN).

Solo se procederá a realizar inversiones cuando el VAN sea positivo. En situaciones donde haya múltiples proyectos con VAN positivo para elegir, se dará preferencia al proyecto que exhiba un VAN superior.

Existen tres escenarios posibles:

- Si el $VAN > 0$: Esto indica que los beneficios superan los costos, lo que conlleva a la aprobación del proyecto de inversión.
- Si el $VAN = 0$: En este caso, no se prevén beneficios ni pérdidas significativas, lo que resulta en la no aprobación del proyecto de inversión.

- Si el VAN < 0: Aquí se evidencian pérdidas que superan los beneficios, llevando al rechazo del proyecto de inversión.

Cuando el VAN es positivo, señala que llevar a cabo el proyecto permitirá recuperar el capital invertido, cumplir con los pagos necesarios y obtener un beneficio neto en términos absolutos equivalente al valor del VAN. Contrariamente, si el VAN es negativo, la ejecución del proyecto no sería aconsejable, ya que conduciría a la disminución de la riqueza de la empresa debido a las pérdidas indicadas por el VAN.

Por otro lado, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es aquella tasa de descuento que iguala el valor presente neto a cero, lo que significa que es el valor de tasa de descuento que hace que el VAN sea cero. Mientras que el VAN mide la rentabilidad en términos absolutos, el TIR evalúa la rentabilidad en términos relativos.

A continuación, se muestran los valores que se han obtenido para el VAN y el TIR mediante las funciones que proporciona Microsoft Excel para el cálculo de dichos valores teniendo en cuenta una tasa de descuento del 4%.

Tabla EE. VI – Resultados VAN y TIR

VAN	TIR
299263,15 €	36%

EE.7 Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio financiero y económico, se considera viable el presente proyecto. Se puede observar un valor actual neto positivo y una tasa interna de retorno del 45% lo que es un valor bastante elevado y superior a la tasa de descuento. Por lo tanto, el proyecto resulta ser una oportunidad de inversión atractiva debido a la alta rentabilidad del mismo.

PLIEGO DE CONDICIONES

PC.1 Condiciones generales

PC.1.1 Objeto del pliego

El presente pliego de condiciones establece los requisitos técnicos y las condiciones generales para la instalación de un sistema fotovoltaico de 100 kW. El objetivo es la generación de energía eléctrica a partir de la radiación solar mediante la instalación de paneles solares fotovoltaicos.

PC.1.2 Alcance

Se definirá de manera explícita o mediante referencia a los términos generales y regulaciones aplicables la metodología para llevar a cabo las obras de este proyecto, estableciendo las pautas para su ejecución por parte del Contratista, quien deberá seguir las directrices establecidas en el documento en todo momento.

Este conjunto de instrucciones se complementa con las especificaciones técnicas proporcionadas en cada anexo de la memoria descriptiva correspondiente al proyecto.

Los documentos mencionados, junto con este conjunto de instrucciones, incluyen no solo la descripción general y la ubicación de las obras, sino también las condiciones que los materiales deben cumplir, así como las instrucciones para la ejecución, medición y pago de las unidades de trabajo.

PC.1.3 Descripción de obras

Las obras que se llevarán a cabo en este proyecto incluyen la instalación de un sistema generador fotovoltaico con una capacidad total de inversor de 100 kW. Dicho generador estará conectado a la red eléctrica de baja tensión que suministra energía a las naves industriales de Maderas Moral, ubicadas en el municipio de Jaén. Consultar el plano número 1 titulado "Situación y Emplazamiento" en el documento básico de "PLANOS" del presente proyecto para obtener más detalles sobre la ubicación.

La instalación en sí estará compuesta por 4 subgeneradores fotovoltaicos con una capacidad total combinada de 99,36 kWp. Además, se incluirán 4 inversores trifásicos con una potencia total de 100 kW, así como un sistema de seguridad y protección, y un sistema de monitoreo.

La planificación de la ejecución de este proyecto se basará en las siguientes unidades de obra:

- Obra civil general: esto incluye el acondicionamiento de las cubiertas, la instalación de estructuras para el soporte de los módulos y la colocación de canalizaciones subterráneas.
- Instalación de sistemas fotovoltaicos: esto implica la instalación del generador fotovoltaico, el inversor, los sistemas de protección y la implementación de una red de tierras.
- Instalación del sistema de monitorización: se llevará a cabo la instalación del sistema de monitoreo que permitirá controlar y supervisar el rendimiento del generador fotovoltaico.

Para obtener información más detallada sobre el proyecto, se puede consultar la memoria descriptiva, donde se proporcionará una descripción más exhaustiva de los elementos involucrados.

PC.1.4 Documentos

Los documentos proporcionados tanto por el Proyecto como por la Propiedad al Contratista pueden tener diferentes propósitos, ya sea tener un valor contractual o simplemente informativo.

Los documentos que se consideran parte del contrato y se incorporan al mismo son los siguientes:

- Planos: Estos documentos gráficos conforman la representación visual del proyecto y su ubicación.
- Pliego de condiciones: Este documento establece las normas y especificaciones técnicas que rigen la ejecución de las obras.

- Mediciones y Presupuesto: Estos documentos detallan las mediciones de las unidades de obra y el presupuesto correspondiente a cada una de ellas.

Es importante tener en cuenta que la inclusión de las mediciones y ubicaciones en el contrato no implica necesariamente su precisión absoluta en relación con la realidad.

PC.2 Normativa a cumplir

El Contratista tiene la obligación de cumplir con la normativa laboral correspondiente, así como todas las regulaciones sociales vigentes o que se dicten en el futuro. Específicamente, deberá cumplir con lo establecido en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales.". Además, el Contratista deberá estar clasificado según la Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto.

Las obras del Proyecto, además de lo estipulado en este Pliego de Condiciones, se registrarán por lo establecido en:

- Reglamentación General de la Ley de Contratas aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre.
- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por el Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, aplicables en los casos correspondientes al contrato en cuestión.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales, y el Real Decreto 1627/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas complementarias.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Normas U.N.E. y Recomendaciones UNESA aplicables.

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, que regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Normativa de Estructuras de acero en Edificación, EA-95.
- Normativa de Acciones en la Edificación, AE-88.
- Código Técnico de la Edificación del año 2006.

PC.3 Materiales

P.3.1 Generador fotovoltaico

Se garantiza un nivel de aislamiento eléctrico de tipo básico clase II tanto en equipos (módulos e inversores) como en materiales (conductores, cajas y armarios de conexión).

El generador fotovoltaico no debe ocasionar fallos en la red eléctrica, disminuir las condiciones de seguridad ni causar alteraciones que excedan los límites establecidos por la normativa aplicable durante su funcionamiento. Además, estas instalaciones no deben generar condiciones peligrosas para el personal encargado del mantenimiento y operación de la red de corriente alterna de baja tensión a la cual se conectan.

Los materiales expuestos a la intemperie deben ser protegidos contra los agentes ambientales, especialmente contra los efectos de la radiación solar y la humedad.

P.3.2 Inversor

Para la conexión del generador fotovoltaico a la red eléctrica, se utilizarán inversores trifásicos con las potencias indicadas en la memoria descriptiva. Estos inversores estarán diseñados específicamente para sistemas fotovoltaicos conectados a la red y cumplirán con la normativa nacional vigente. Entre sus características principales, se destacan:

- Funcionamiento como fuente de corriente mediante transistor bipolar de puerta aislada.

- Seguimiento del punto de máxima potencia para maximizar la eficiencia de la generación.
- Bajo consumo en reposo para optimizar el rendimiento energético.
- Incorporación de funciones de monitorización y protección para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.
- Control del aislamiento del campo de paneles con detección selectiva de fallos y desconexión de seguridad.
- Interfaces estándar de comunicaciones para facilitar la integración y supervisión del sistema.
- Armarios diseñados para su montaje directamente sobre el suelo.
- Larga vida útil de más de veinte años, con un tiempo medio entre fallos elevado.
- Incorporación de separación galvánica entre la red de corriente continua y la red de corriente alterna.

La memoria descriptiva detalla los principales parámetros técnicos de los inversores. Estos inversores se ubicarán en un local específicamente acondicionado para su instalación, garantizando así un entorno adecuado y seguro para su funcionamiento.

P.3.3 Módulo fotovoltaico

Cada módulo fotovoltaico debe llevar de manera visible e indeleble el modelo, el nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie que permita rastrear su fecha de fabricación.

- Los módulos deben contar con diodos de derivación para evitar posibles averías en las células y sus circuitos debido a sombreados parciales, y tendrán un grado de protección IP67.
- Se rechazará cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas o manchas en alguno de sus componentes entre otros defectos.
- La estructura del módulo debe estar conectada a tierra para fines de seguridad, así como para facilitar el mantenimiento y reparación del generador.

- Los módulos deben cumplir con la garantía material de 12 años y garantía de producción de 25 años.

P.3.4 Estructura soporte

La estructura soporte de los módulos fotovoltaicos debe ser capaz de resistir las sobrecargas generadas por el viento y la nieve, de acuerdo con lo establecido en la normativa básica de la edificación NBE.

El diseño y construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos deben permitir las dilataciones térmicas necesarias, evitando transmitir cargas que puedan afectar la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante. Los puntos de sujeción de los módulos fotovoltaicos serán suficientes en número, considerando el área de apoyo y su posición relativa, de manera que no se produzcan flexiones en los módulos que excedan las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo utilizado.

La estructura será protegida superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. En caso de ser necesario realizar perforaciones en la estructura, estas se llevarán a cabo antes de proceder al galvanizado o a la protección de la estructura. La tornillería utilizada será de acero inoxidable.

Tanto los topes de sujeción de los módulos como la propia estructura no deben generar sombras sobre los módulos fotovoltaicos.

P.3.5 Red CC

Para la red de corriente continua del generador fotovoltaico, se instalarán los elementos de maniobra y protección especificados en la memoria con el fin de garantizar la seguridad y facilitar el mantenimiento y reparación del sistema.

Los conductores utilizados en la red de CC serán de cobre y deberán cumplir con las secciones y condiciones establecidas en la memoria. En el caso de la canalización enterrada, se utilizarán tubos rígidos que cumplan con la normativa aplicable.

Las cajas de conexión de corriente continua tendrán protección IP 66 y estarán equipadas con los conectores y elementos de protección indicados en la memoria. Esto garantizará un nivel adecuado de protección contra el ingreso de polvo y agua, y asegurará la integridad de la instalación.

P.3.6 Puesta a tierra

En relación a la puesta a tierra en el sistema fotovoltaico, se seguirán las secciones especificadas en la memoria. Se contará con un borne de puesta a tierra al cual se conectarán el conductor de protección y derivación, junto con el conductor de tierra, asegurando así una adecuada conexión a tierra del sistema.

- La instalación contará con una separación galvánica entre la red de corriente continua y la red de corriente alterna. Esto mantendrá una separación eléctrica adecuada entre ambas redes para evitar interferencias y garantizar la seguridad eléctrica.
- Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro del CT. Esto asegurará que las masas de la instalación fotovoltaica tengan su propia conexión a tierra independiente y no se compartan con la conexión a tierra del neutro del CT.

PC.4 Ejecución de obras

Según las especificaciones mencionadas, todas las normas de instalación de los generadores fotovoltaicos se ajustarán a los planos, mediciones establecidas y a las directrices que determine la Dirección Facultativa.

Además de cumplir con lo mencionado anteriormente, las instalaciones estarán en conformidad con las normativas emitidas por organismos oficiales que sean aplicables.

En cuanto al acopio de materiales, se realizará de manera que no sufran daños durante su almacenamiento en la obra. En caso de que algún material haya sufrido defectos durante su estancia o manipulación en la obra, deberá ser retirado y reemplazado.

En relación a la instalación de los generadores fotovoltaicos, se establecerá, siempre que sea posible, un nivel de tensión máximo de seguridad de 48 voltios en corriente continua.

Es importante evitar cualquier manipulación de un conductor activo en circuitos de alta tensión si el otro conductor está accesible y conectado, ya sea que esté protegido o no. Es necesario seguir estrictamente esta precaución para garantizar la seguridad personal y prevenir riesgos eléctricos. Se debe evitar realizar cualquier acción en los conductores mientras exista la posibilidad de exposición a la corriente eléctrica.

PC.5 Ensayo y pruebas de recepción

El instalador deberá proporcionar al promotor un documento de entrega que indique el suministro de materiales y manuales de uso. Todos los manuales entregados al promotor deben estar redactados en castellano.

Todos los módulos utilizados deben estar cualificados por un laboratorio reconocido. Esto se debe acreditar mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

Antes de poner en funcionamiento los componentes principales, como los módulos, inversores y contadores, es necesario llevar a cabo pruebas de funcionamiento en la fábrica. Estas pruebas se realizan para verificar el correcto rendimiento y operatividad de los equipos antes de su instalación final.

El instalador debe realizar como mínimo las siguientes pruebas:

- Verificar el funcionamiento y la puesta en marcha de los sistemas.
- Realizar pruebas de arranque y de parada.
- Probar los elementos de protección, seguridad, alarma, y verificar su correcto funcionamiento.

Asimismo, es necesario que técnicos cualificados realicen pruebas adicionales en la instalación, enfocadas en los generadores fotovoltaicos y los inversores:

- Generadores fotovoltaicos: Se llevan a cabo mediciones, comprobaciones y verificaciones de los siguientes parámetros eléctricos del generador:
 - Corriente en el punto de máxima potencia.
 - Tensión en el punto de máxima potencia.
 - Tensión de circuito abierto.
 - Realización de mediciones de curvas IV del generador.
 - Medida de la resistencia de aislamiento del circuito en continua del generador.

- Inversor: Se lleva a cabo la verificación del correcto funcionamiento del inversor, y se realizan las comprobaciones siguientes:
 - Medición de la calidad de la onda de corriente alterna de salida, incluyendo la evaluación de armónicos y desequilibrios.
 - Verificar las medidas de protección durante la conexión del inversor a la red de corriente alterna de baja tensión.
 - Realización de mediciones de rendimiento del inversor y del sistema de la instalación en su conjunto.
 - Verificar el sistema de protección del inversor.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

SS.1 Memoria

SS.1.1 Objeto del estudio de seguridad y salud

El objetivo del presente estudio, denominado Estudio de Seguridad y Salud Laboral es cumplir con los requisitos establecidos en el Real Decreto 1627/1997 del 24 de octubre, el cual establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras. Este estudio se presenta como anexo al proyecto técnico de ejecución para la instalación de un sistema fotovoltaico de 100 kW conectado a la red, ubicado en las cubiertas de las naves industriales de la empresa Maderas Moral en Jaén. Su contenido incluye la descripción de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que se utilizarán en dicha obra, así como los sistemas de ejecución de las empresas subcontratadas, trabajadores autónomos, industriales y oficios que participarán en estos trabajos.

El empresario titular de un centro de trabajo tendrá la obligación de informar y proporcionar instrucciones adecuadas sobre los riesgos existentes en el lugar de trabajo y las correspondientes medidas de protección y prevención según la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

El contratista llevará a cabo su propio Plan de Seguridad y Salud, considerando las condiciones específicas de los trabajos contratados.

SS.1.2 descripción y situación de la obra

Los trabajos a realizar comprenden la implementación del proyecto de instalación de un generador fotovoltaico que se conectará a la red interna de baja tensión para su consumo.

El generador fotovoltaico se ubicará en las cubiertas del de las naves industriales de la empresa Maderas Moral en el municipio de Jaén, cuyas coordenadas son:

- Latitud 37,804135
- Longitud -3,819954

Para más detalles, se puede consultar el plano número 1 "Situación y Emplazamiento" en el Documento Básico "PLANOS" del presente proyecto.

SS.1.3 Ámbito de aplicación

El Estudio de Seguridad y Salud entrará en vigencia a partir de la fecha en que el proyecto base de ejecución sea visado por el Colegio Oficial correspondiente y se apruebe expresamente el Plan de Seguridad por parte del Coordinador responsable de Seguridad e Higiene durante la ejecución de la obra. Este Coordinador será responsable de controlar y dar seguimiento al cumplimiento del Estudio.

La aplicación del Estudio será obligatoria para todo el personal empleado por la empresa adjudicataria, así como para el personal de otras empresas subcontratadas que realicen trabajos dentro del área de la obra. También será aplicable a los trabajadores autónomos que realicen labores dentro del recinto de la obra, sin importar las condiciones contractuales que regulen su participación en la misma.

SS.1.4 Actividades a realizar

La realización de la obra descrita en este E.S.S. implica la ejecución de los siguientes trabajos:

- Instalación Eléctrica de Baja Tensión: Se llevará a cabo la instalación de todo el sistema eléctrico de baja tensión necesario para el correcto funcionamiento de la instalación, cumpliendo con las normativas y estándares aplicables.
- Instalación eléctrica y montaje de los módulos fotovoltaicos: Se realizará la instalación de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta de las naves, siguiendo las especificaciones y procedimientos adecuados para garantizar su correcto funcionamiento y conexión a la red eléctrica.
- Instalación de equipos de medida y monitorización: Se llevará a cabo la instalación de los dispositivos y equipos necesarios para medir y monitorizar el rendimiento y el funcionamiento de la instalación

fotovoltaica, con el objetivo de garantizar su eficiencia y detectar posibles problemas o averías.

- Canalizaciones del cableado eléctrico de la Planta, servicios auxiliares y de señal: Se realizará la instalación de canalizaciones para el correcto tendido y protección del cableado eléctrico en la planta, así como para los servicios auxiliares y de señal necesarios para el funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

Estos trabajos serán ejecutados siguiendo las normativas y regulaciones correspondientes, así como siguiendo los procedimientos y estándares de seguridad y salud laboral establecidos en el presente Estudio de Seguridad y Salud.

SS.1.5 Legislación aplicable

Es de estricto cumplimiento las disposiciones establecidas en las siguientes normativas:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales: Esta ley establece las obligaciones y responsabilidades de los empleadores y trabajadores en materia de prevención de riesgos laborales, con el objetivo de garantizar la seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo: Este decreto regula la señalización de seguridad en los lugares de trabajo, estableciendo los requisitos y características de las señales que deben utilizarse para advertir sobre los riesgos y proporcionar información de seguridad.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo: Este decreto establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben cumplirse en los lugares de trabajo, con el objetivo de prevenir los riesgos laborales y proteger la integridad física y mental de los trabajadores.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas: Este decreto regula las condiciones de seguridad y salud en la manipulación manual de cargas, estableciendo medidas de prevención

para evitar lesiones y trastornos musculoesqueléticos relacionados con esta actividad.

- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual: Este decreto establece las normas de seguridad y salud aplicables a la utilización de equipos de protección individual (EPI), con el fin de garantizar la protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención: Este reglamento establece las disposiciones para la organización de los servicios de prevención en las empresas, así como los requisitos y competencias de los profesionales encargados de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo: Este decreto establece las normas de seguridad y salud en el uso de equipos de trabajo, definiendo los requisitos de seguridad que deben cumplir estos equipos y las obligaciones de los empleadores y trabajadores en su utilización.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción: Este decreto establece las medidas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras de construcción, con el objetivo de prevenir los riesgos laborales propios de esta actividad.
- Estatuto de los Trabajadores: Se hace referencia a diferentes leyes que componen el Estatuto de los Trabajadores, como la Ley 8/1980, la Ley 32/1984 y la Ley 11/1994. Estas leyes regulan los derechos y obligaciones de los trabajadores en materia laboral, incluyendo aspectos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica: Se mencionan diferentes órdenes ministeriales que forman parte de la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

SS.1.6 Entorno

La ejecución de la obra tendrá lugar en una explanada en las afueras de la ciudad, en un terreno de topografía completamente plana y sin presencia de vegetación en el mismo.

SS.1.7 Número de trabajadores

Se estima que en la ejecución de la obra participarán 4 operarios.

SS.1.8 Elementos a utilizar

Durante el desarrollo de la obra se tiene previsto utilizar la siguiente maquinaria y herramientas:

- Maquinaria de elevación: Se contará con una grúa móvil autopropulsada para realizar labores de elevación y colocación de cargas pesadas.
- Herramientas: Se utilizarán herramientas de mano variadas, adaptadas a las tareas específicas de la obra, para llevar a cabo diferentes labores y trabajos manuales.
- Transporte de material: Se hará uso de furgonetas y camiones furgón para el transporte del material en el lugar de desarrollo de la obra.
- Movimiento de tierras: Miniexcavadora, camión minidumper, martillo neumático.

SS.1.9 Salubridad y confort

La empresa contratista principal, así como las empresas subcontratadas que están vinculadas contractualmente a ella, tienen la responsabilidad de proporcionar y mantener instalaciones adecuadas para albergar a todo el personal que participe en la obra, garantizando condiciones de salubridad y comodidad equivalentes.

Los costos de amortización, alquiler y limpieza derivados de estas instalaciones provisionales para el personal en la obra serán distribuidos proporcionalmente por la empresa constructora, teniendo en cuenta las necesidades de utilización tanto del personal propio como del subcontratado.

A continuación, se presenta una estimación de las condiciones de uso para este tipo de instalaciones provisionales en la obra:

Retretes:

- Habrá separación por sexos.
- Estarán ubicados en un lugar apartado de las áreas de comedor y vestuarios.
- Se realizará una limpieza diaria a cargo de personal designado.
- Deben contar con ventilación continua.
- El espacio mínimo por cabina de evacuación será de 1,5 m x 2,3 m, con puertas de ventilación inferior y superior.
- Cada cabina deberá contar con papel higiénico, descarga automática de agua y conexión a la red de saneamiento o fosa séptica, además de productos para garantizar la higiene y limpieza.

Vestuarios:

- Habrá separación por sexos.
- Se realizará una limpieza diaria a cargo de personal designado.
- Se aconseja una superficie de 1,5 m² por persona.
- Deben contar con una ventilación adecuada.
- Cada trabajador contratado o subcontratado directamente por la empresa constructora deberá contar con una taquilla guardarropa equipada con cierre individual.
- Habrá una ducha por cada 10 operarios
- Se contará con una pileta con grifo por cada 10 operarios.
- Se instalarán jaboneras, portarrollos, toalleros, en función del número de duchas y grifos.
- Las instalaciones contarán con suministro de agua caliente y fría.
- Se contará con un espejo de 60x70 cm por cada 10 operarios.

Estas condiciones aseguran un entorno adecuado y cómodo para el personal que desarrolla su labor en la obra, cumpliendo con los estándares de higiene y bienestar necesarios.

SS.1.10 Botiquín

En todos los centros de trabajo será obligatorio tener a disposición un botiquín de primeros auxilios con equipamiento como desinfectantes, gasas estériles, algodón hidrófilo, vendas, apósitos, tijeras, pinzas y guantes desechables. Estos elementos serán fundamentales para proporcionar atención básica en caso de lesiones o emergencias médicas.

SS.2 Riesgos y prevención

SS.2.1 Riesgos

En el presente E.S.S se realiza una evaluación exhaustiva de los riesgos más comunes presentes en la obra, considerando factores los que se enumeran a continuación:

1. Riesgos eléctricos: Descargas eléctricas, cortocircuitos, sobrecargas, contacto con partes energizadas.
2. Riesgos de caídas: Caídas desde alturas, escaleras, andamios o plataformas elevadoras.
3. Riesgos de atrapamiento: Atrapamientos en maquinaria, equipos de elevación, zanjas o excavaciones.
4. Riesgos de golpes y choques: Golpes por caída de objetos, colisiones entre vehículos, impactos por proyección de materiales.
5. Riesgos de incendio y explosión: Incendios debido a cortocircuitos, fugas de gas, almacenamiento inadecuado de productos inflamables.
6. Riesgos químicos: Exposición a sustancias químicas como solventes, ácidos, productos de limpieza, etc.
7. Riesgos por condiciones meteorológicas adversas: Exposición a temperaturas extremas, vientos fuertes, tormentas eléctricas.
8. Riesgos por trabajos en altura: Caídas desde estructuras elevadas, escaleras o plataformas.
9. Riesgos ergonómicos: Sobreesfuerzos, posturas incómodas, movimientos repetitivos durante la instalación y manipulación de paneles solares.

10. Riesgos de manejo de maquinaria: Accidentes relacionados con el uso de retroexcavadoras, grúas, equipos de elevación, etc.

SS.2.2 Prevención y medidas adoptadas

Para la prevención de los riesgos mencionados en el apartado anterior se enumeran las siguientes medidas que deben llevarse a cabo:

1. Riesgos eléctricos:

- Desconectar y bloquear las fuentes de energía antes de realizar cualquier trabajo eléctrico.
- Capacitar al personal en el manejo seguro de equipos eléctricos y en la identificación de cables energizados.
- Utilizar equipos de protección personal (EPP) adecuados, como guantes aislantes, botas dieléctricas y protectores faciales.
- Realizar inspecciones regulares de los sistemas eléctricos y mantenerlos en buen estado.

2. Riesgos de caídas:

- Instalar barandillas y protecciones en los bordes de las plataformas de trabajo elevadas.
- Utilizar arneses de seguridad y líneas de vida cuando sea necesario.
- Asegurar que las escaleras, andamios y plataformas estén en buenas condiciones y sean adecuadas para el trabajo a realizar.
- Capacitar al personal en técnicas de trabajo seguro en altura.

3. Riesgos de atrapamiento:

- Establecer zonas de acceso restringido y señalizar adecuadamente las áreas peligrosas.
- Mantener una separación segura entre los trabajadores y la maquinaria en funcionamiento.
- Utilizar dispositivos de protección en las partes móviles de la maquinaria y equipos.

4. Riesgos de golpes y choques:

- Utilizar equipos de protección personal, como cascos, gafas de seguridad y calzado de seguridad.
- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada para evitar la caída de objetos.
- Asegurar una correcta señalización de las áreas de trabajo y rutas de tránsito.

5. Riesgos de incendio y explosión:

- Almacenar y manipular adecuadamente los productos químicos inflamables.
- Mantener extintores de incendios adecuados y accesibles en todo momento.
- Implementar medidas de prevención de incendios, como la separación de áreas de almacenamiento de combustibles y materiales inflamables.

6. Riesgos químicos:

- Utilizar EPP adecuado para la manipulación de sustancias químicas.
- Almacenar y manejar los productos químicos siguiendo las indicaciones del fabricante y las normativas de seguridad.
- Proporcionar capacitación sobre el manejo seguro de productos químicos y la identificación de riesgos asociados.

7. Riesgos por condiciones meteorológicas adversas:

- Monitorear y prever condiciones meteorológicas extremas.
- Proporcionar áreas de refugio adecuadas durante tormentas eléctricas u otras condiciones climáticas peligrosas.
- Asegurar que el personal esté equipado con EPP adecuado para protegerse de las condiciones climáticas extremas.

8. Riesgos por trabajos en altura:

- Utilizar sistemas de protección contra caídas, como barandillas, redes de seguridad o arneses de seguridad.
- Proporcionar capacitación en técnicas de trabajo seguro en altura.
- Inspeccionar y mantener regularmente los equipos utilizados para trabajos en altura.

9. Riesgos ergonómicos:

- Proporcionar capacitación sobre ergonomía y técnicas de levantamiento seguro de cargas.
- Utilizar herramientas y equipos ergonómicos que minimicen la tensión física en los trabajadores.
- Fomentar pausas y rotación de tareas para reducir la fatiga y el estrés físico.

10. Riesgos de manejo de maquinaria:

- Capacitar adecuadamente a los operadores de maquinaria en su uso seguro.
- Realizar inspecciones regulares de la maquinaria y mantenerla en buen estado de funcionamiento.
- Establecer protocolos de trabajo seguro y zonas de operación seguras para la maquinaria.

SS.2.3 Equipamiento de protección

A continuación, se lista el equipamiento de protección:

- Casco de seguridad: El uso de un casco es esencial para proteger la cabeza contra posibles golpes, caídas de objetos u otros peligros en el lugar de trabajo.
- Gafas de seguridad: Las gafas de seguridad protegen los ojos de partículas voladoras, chispas, radiación ultravioleta y otros peligros asociados con la instalación y el mantenimiento de los paneles solares.

- Calzado de seguridad: Se recomienda el uso de zapatos o botas de seguridad con punta de acero para proteger los pies de lesiones causadas por caídas de objetos pesados o equipos.
- Guantes de protección: Los guantes adecuados ayudan a proteger las manos de posibles lesiones al manipular cables, herramientas o componentes de los paneles solares.
- Ropa de protección: Se debe utilizar ropa resistente y de alta visibilidad para proteger el cuerpo contra daños causados por objetos afilados, chispas, productos químicos y exposición excesiva al sol.
- Protección auditiva: En algunas situaciones, como durante la instalación de inversores o equipos ruidosos, se deben usar protectores auditivos, como tapones para los oídos o protectores auditivos, para prevenir daños en la audición debido al ruido excesivo.
- Protección respiratoria: En determinadas circunstancias, como cuando se trabaja en espacios confinados o en áreas con polvo o productos químicos, es necesario usar mascarillas o respiradores para evitar la inhalación de sustancias dañinas.
- Arnés de seguridad y líneas de vida: Cuando se trabaja en alturas, como en los tejados o estructuras de soporte, es esencial utilizar un arnés de seguridad adecuado y contar con líneas de vida para prevenir caídas y garantizar la protección contra accidentes graves.

BIBLIOGRAFIA

- Alejandro Alcalá. Apuntes de la asignatura “Tecnología Eléctrica de los Sistemas Fotovoltaicos.” Impartida por Jesús de la Casa - UJA 2019/2020
- Alejandro Alcalá. Apuntes de la asignatura “Gestión y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos.” Impartida por Juan de la Casa - UJA 2019/2020
- Alejandro Alcalá. Apuntes de la asignatura “Instalaciones Fotovoltaicas.” Impartida por Jorge Aguilera y Juan de la Casa - UJA 2019/2020
- Alejandro Alcalá. Apuntes impartidos por Pedro Gómez Vidal en las sesiones de “Aspectos Legales de la Generación Fotovoltaica.” UJA 2022/2023
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red PCT-C-REV - julio 2011. IDAE.
- Leyes, Decretos y Normas mencionadas en los apuntes.
- Apuntes tomados en webinars impartidas por “MPV Solar Reference” en <https://www.youtube.com/@thempvsolarreference5532>
- Especificación AENOR EN50618-2014 “Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos” marzo 2015
- www.re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/