

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL

EMPLAZAMIENTO GEOGRÁFICO CONCRETO

Dirección: Camino Polideportivo N°10, San Pedro

Término municipal: Breña Alta.

Provincia: Santa Cruz de Tenerife.

PERSONA FÍSICA O JURÍDICA QUE HA ENCARGADO EL PROYECTO

Nombre: Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología. Universidad de La Laguna.

Dirección: Avenida Astrofísico Francisco Sánchez.

C.P.: 38200

Teléfono: 922316502

DATOS DEL AUTOR DEL PROYECTO

Nombre del autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Correo electrónico: alu0101211732@ull.edu.es

RESPONSABLE DE LA TUTORÍA DEL PROYECTO

Nombre: Benjamín Jesús González Díaz.

Correo electrónico: bgdiaz@ull.edu.es

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

1. Memoria.....	6
1.1. Abstract.....	2
1.2. Objetivo.....	2
1.3. Alcance.....	3
1.4. Antecedentes.....	3
1.5. Normas y Referencias.....	3
1.5.1. Disposiciones legales y Normas Aplicadas.....	3
1.5.2. Programas de Cálculo.....	4
1.5.3. Plan de gestión de la calidad.....	5
1.5.4. Bibliografía.....	5
1.6. Definiciones y Abreviaturas.....	5
1.7. Requisitos de Diseño.....	6
1.8. Análisis de Soluciones.....	8
1.9. Resultados Finales.....	10
1.9.1. Módulos Fotovoltaicos.....	10
1.9.2. Soporte de Paneles.....	11
1.9.3. Inversor.....	11
1.9.4. Configuración de Paneles.....	13
1.9.5. Cableado Eléctrico.....	14
1.9.5.1. Cableado de Corriente Continua.....	14
1.9.5.2. Cableado de Corriente Alterna.....	15
1.9.6. Protecciones Eléctricas.....	15
1.9.6.1. Protecciones De Corriente Continua.....	16
1.9.6.2. Protecciones De Corriente Alterna.....	16
1.10. Planificación.....	16
1.11. Orden de Prioridad se los Documentos.....	17
1.12. Resumen del Presupuesto.....	17
1.13. Conclusiones.....	18
2. Anexos.....	20
Anexo 1: Cálculos Eléctricos.....	22
2.1. Cálculos Eléctricos.....	2

2.1.1.	Inversores.....	6
2.1.2.	Intensidades.....	6
2.1.2.1.	Cálculo de la intensidad CC.....	7
2.1.2.2.	Cálculo de La Intensidad CA.....	8
2.1.3.	Secciones.....	10
2.1.4.	Cables.....	10
2.1.4.1.	Cableado CC.....	11
2.1.4.2.	Cableado CA.....	12
2.1.5.	Canalizaciones.....	12
2.1.5.1.	Canalizaciones CC.....	13
2.1.5.2.	Canalizaciones CA.....	14
2.1.6.	Protecciones.....	14
2.1.6.1.	Protecciones Corriente Continua.....	15
2.1.6.2.	Protecciones Corriente Alterna.....	15
2.1.7.	Contador.....	17
2.1.8.	Puesta a Tierra.....	18
Anexo 2: Cálculos Fotovoltaicos.....		39
2.2.	Cálculos Fotovoltaicos.....	2
2.2.1.	Inclinación y Orientación de los paneles y Pérdidas Originadas.....	2
2.2.2.	Potencia y Número de Módulos a Instalar.....	6
2.2.3.	Producción y Consumo Energética Diario y Anual.....	9
Anexo 3: Estudio de seguridad y Salud.....		48
2.3.	Estudio de seguridad y Salud.....	3
2.3.1.	Objeto.....	3
2.3.2.	Normas de seguridad y Salud aplicables a la obra.....	3
2.3.3.	Descripción de las obras.....	4
2.3.4.	Definición de los registros y las Medidas de Prevención y Protección.....	4
2.3.5.	Medidas de los Riesgos y las Medidas de Prevención y Protección.....	13
Anexo 4: Hoja de datos de los elementos empleados.....		60
2.4.	Hoja de datos de los Elementos Empleados.....	2
2.4.1.	Módulos Fotovoltaicos.....	3

2.4.2.	Inversor.....	5
2.4.3.	Interruptor Diferencial.....	9
2.4.4.	Interruptor Magnetotérmico.....	12
2.4.5.	Limitador de Sobretensiones.....	15
2.4.6.	Contador de Autoconsumo.....	18
3.	Planos.....	79
3.1.	Planos de Situación y Emplazamiento.....	3
3.2.	Plano de distribución de los Módulos.....	4
3.3.	Plano de Distribución de los Módulos y Cableado DC.....	5
3.4.	Plano de Distribución de los Módulos y Cableado AC.....	6
3.5.	Esquema Unifilar.....	7
4.	Pliego De Condiciones.....	86
4.1.	Objeto.....	2
4.2.	Generalidades.....	2
4.3.	Definiciones.....	2
4.4.	Diseño.....	3
4.5.	Componentes y Materiales.....	4
4.5.1.	Generalidades.....	4
4.5.2.	Sistemas Generadores Fotovoltaicos.....	5
4.5.3.	Estructura Soporte.....	5
4.5.4.	Inversores.....	6
4.5.5.	Cableado.....	7
4.5.6.	Conexión a Red.....	8
4.5.7.	Medidas.....	8
4.5.8.	Protecciones.....	8
4.5.9.	Puesta a Tierra.....	8
4.5.10.	Armónicos y Compatibilidad Electromagnética.....	9
4.6.	Recepción y Pruebas.....	9
4.7.	Cálculo de la Producción Anual Esperada.....	10
4.8.	Requerimientos Técnicos del Contrato de Mantenimiento.....	11
4.8.1.	Generalidades.....	11
4.8.2.	Programa de Mantenimiento.....	11
4.8.3.	Garantías.....	12

5. Mediciones y Presupuesto.....	98
5.1. Mediciones y presupuesto.....	2
5.1.1. Materiales Fotovoltaicos.....	2
5.1.2. Inversor.....	3
5.1.3. Estructuras.....	4
5.1.4. Cableado CC.....	5
5.1.5. Cableado CA.....	6
5.1.6. Protecciones.....	7
5.1.7. Contador.....	8
5.1.8. Puesta a Tierra.....	9
5.1.9. Canalizaciones.....	10
5.2. Presupuesto Total.....	11

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

MEMORIA

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Memoria.....	6
1.1. Abstract.....	2
1.2. Objetivo.....	2
1.3. Alcance.....	3
1.4. Antecedentes.....	3
1.5. Normas y Referencias.....	3
1.5.1. Disposiciones legales y Normas Aplicadas.....	3
1.5.2. Programas de Cálculo.....	4
1.5.3. Plan de gestión de la calidad.....	5
1.5.4. Bibliografía.....	5
1.6. Definiciones y Abreviaturas.....	5
1.7. Requisitos de Diseño.....	6
1.8. Análisis de Soluciones.....	8
1.9. Resultados Finales.....	10
1.9.1. Módulos Fotovoltaicos.....	10
1.9.2. Soporte de Paneles.....	11
1.9.3. Inversor.....	11
1.9.4. Configuración de Paneles.....	13
1.9.5. Cableado Eléctrico.....	14
1.9.5.1. Cableado de Corriente Continua.....	14
1.9.5.2. Cableado de Corriente Alterna.....	15
1.9.6. Protecciones Eléctricas.....	15
1.9.6.1. Protecciones de Corriente Continua.....	16
1.9.6.2. Protecciones de Corriente Alterna.....	16
1.10. Planificación.....	16
1.11. Orden de Prioridad de los Documentos.....	17
1.12. Resumen del Presupuesto.....	17
1.13. Conclusiones.....	18

1. Memoria

1.1 Abstract

The photovoltaic installation project is a system that uses solar panels to convert solar energy into electricity. Solar panels are composed of photovoltaic cells that capture sunlight and convert it into direct current. This current is then transformed into alternating current through an inverter, allowing it to be used in homes or the power grid.

The installation process involves several steps. First, a feasibility study is conducted to determine the amount of energy that can be generated and the optimal location for the solar panels. Then, support systems are designed and the panels are installed on roofs or on the ground, in our case, on the roof of the residential building, ensuring they are oriented towards the sun to maximize energy capture.

After the physical installation, the electrical connection is made. This involves installing an inverter and connecting the photovoltaic system to the power grid.

Once the system is operational, it can generate clean and renewable electricity. This helps reduce energy consumption from the conventional power grid and decrease reliance on fossil fuels. Additionally, photovoltaic systems can take advantage of incentive programs and renewable energy policies to gain additional economic benefits.

In summary, this photovoltaic installation project involves the design, installation, and connection of solar panels to generate renewable electricity. It helps reduce environmental impact and provides a sustainable and clean energy source.

1.2 Objeto

El presente proyecto tiene como objetivo el estudio de la instalación fotovoltaica para el autoconsumo de una vivienda individual de Breña Alta (La Palma). La energía generada por la instalación fotovoltaica se destinará al consumo propio de la vivienda y en caso de excedentes se venderá a la red.

Para realizar el diseño de la instalación fotovoltaica se han estudiado las distintas alternativas posibles junto con el resto de los componentes eléctricos hasta adoptar la solución óptima, teniendo en cuenta las características constructivas de la zona empleada y los requisitos recogidos. Además, es de vital importancia seguir las leyes y normas expuestas para llevar a cabo su puesta en funcionamiento.

Debido a que se trata de un proyecto que tiene la oportunidad de materializarse, se van a emplear datos reales para obtener resultados que en un futuro puedan ser utilizados.

1.3 Alcance

El alcance de aplicación del presente documento es el diseño y dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo de una casa residencial, acorde al Real Decreto 244/2019.

Así, se pretende el desarrollo de la generación distribuida, que presenta beneficios para el sistema como son la reducción de pérdidas en la red o la reducción de necesidades de inversiones en nuevas redes.

Actualmente, la tecnología fotovoltaica ofrece la posibilidad de suministrar energía eléctrica para autoconsumo de una manera competitiva, pues el coste de instalación se ha reducido considerablemente en los últimos años. A esto hay que sumarle que la tecnología fotovoltaica presenta una naturaleza distribuida, que sumada a la facilidad de instalación gracias a la modularidad de los sistemas, hace que su aparición en el consumo del usuario final sea muy intuitiva.

1.4 Antecedentes

Siendo una casa que parte de una instalación eléctrica que posee todo lo relacionado a una instalación eléctrica de suministro de red, el peticionario del proyecto plantea la necesidad de poder suplir parcialmente la energía eléctrica consumida por la casa residencial.

Aprovechando el marco normativo que permite el consumo de la energía obtenida por sí mismo, dejamos atrás los métodos clásicos que suponen un impacto ambiental y damos acceso a las nuevas instalaciones para la obtención de la energía con la que conseguimos reducir esa demanda de energía perjudicial para el medio ambiente.

Esta residencia está ubicada en el pueblo de San Pedro, en el municipio de Breña Alta, La Palma. Una zona muy tranquila, donde se respira aire puro y las vistas representan paisajes naturales debido a que existen zonas que no han sido modificadas por el ser humano debido a que no se observan grandes edificios ni masificaciones industriales. Por lo que se presente hacer una instalación fotovoltaica respetando que por un lado cumpla con los requisitos de diseño y que por otro lado no exista una contaminación visual excesiva.

1.5. Normas y Referencias

1.5.1 Disposiciones legales y Normas Aplicadas

- Reglamento Electrotécnico de Baja de Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, según Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto y posteriores modificaciones.
- 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.

- Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- 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.
- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones conectadas a red del IDAE.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Normas particulares para las instalaciones de enlace de la empresa Endesa Distribución S.L., en el ámbito territorial de la comunidad autónoma de Canarias.
- Ley 31/1995. Prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 486/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo.
- Reglamento 2016/425. Equipos de protección individual.
- Real Decreto 1495/1986. Reglamento de seguridad en las máquinas.
- Real Decreto 245/1989. Determinación de la potencia acústica admisible para cada material o maquinaria.

1.5.2 Programas de Cálculo

Se han empleado las siguientes herramientas para llevar a cabo las diferentes actividades para obtener resultados precisos y agilizar las tareas que conlleva el proyecto.

Google Earth: Sistema de información geográfica que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales y además permite la creación de entidades de puntos líneas y polígonos, para realizar mediciones.

Sunny Design Web: Software que permite modelar la planta fotovoltaica a partir de información relacionada con los requisitos técnicos de cada uno de los componentes y proporciona datos relevantes para una evaluación económica de la instalación.

AutoCad: Software empleado para el diseño asistido por computación de los planos y esquemas eléctricos del proyecto.

Microsoft Excel: Para realizar todas las tablas y cálculos imprescindibles.

PV Watts Calculator: Estima la producción y costo de los sistemas de energía fotovoltaica

CE3X: perfil de sombras “ángulo de azimut”. Programa para los certificados energéticos de una vivienda.)

K2 systems: Para elegir la estructura de soporte de los paneles solares.

CYPE ingenieros: Realizar presupuestos según las especificaciones, características de la instalación y los materiales empleados.

1.5.3 Plan de gestión de la calidad

La gestión de la calidad es uno de los puntos más importantes en un proyecto ya que refleja el nivel de los procesos y actividades desarrolladas en el mismo.

Además, se ha recurrido a la normativa de la ISO 9000 Y 9991 para la gestión de la documentación del proyecto, que define las características necesarias que debe satisfacer un proyecto de esta índole y ayuda a las organizaciones a cumplir con las expectativas y necesidades de sus clientes. Se han seguido estas pautas con el fin de asegurarnos que la redacción del proyecto contribuya a la correcta realización de este en lo que respecta a la calidad. Por tanto, se puede afirmar que esta norma resulta fundamental ya que la gestión de la calidad se aplica tanto en la obra final como en la redacción del proyecto.

Asimismo, se ha hecho uso del Real Decreto 244/2019 que regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

De esta manera, se han utilizado los recursos comentados anteriormente para conseguir desarrollar un proyecto correcto y de calidad.

1.5.4 Bibliografía

- Sunny Design: <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/Home> (Junio 2023)
- GRAFACN: [IDECanarias visor 4.5.1 \(grafcan.es\)](http://idecanariasvisor451.grafcan.es) (Junio 2023)
- Boletín Oficial del Estado (BOE): [BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado](http://boe.es) (Junio 2023)
- PVWatts: [PVWatts Calculator \(nrel.gov\)](http://pvwatts.nrel.gov) (Junio 2023)
- Endesa: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/red-electrica/contador-inteligente> (Junio 2023)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo: [Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo - INSST - Prevención de Riesgos Laborales](http://instituto-nacional-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-insst-prevenccion-de-riesgos-laborales) (Junio 2023)
- SCHNEIDER ELECTRIC: [Schneider Electric Global | Global Specialist in Energy Management and Automation \(se.com\)](http://schneider-electric.com) (Junio 2023)

1.6 Definiciones y Abreviaturas

Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Fusible: Componente eléctrico hecho de material conductor que se coloca en el circuito para interrumpir el paso de la corriente eléctrica cuando esta sea excesiva.

Instalación fotovoltaica: Instalación que posee módulos fotovoltaicos necesarios para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica.

Interruptor diferencial: Dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas de corriente alterna con el fin de proteger a las personas ante contactos directos e indirectos.

Interruptor magnetotérmico: Dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos o se produce un cortocircuito. Protegen los elementos eléctricos.

Irradiancia: densidad de potencia incidente en una superficie [kW/m^2].

Irradiación: Energía incidente por unidad de superficie y a lo largo de un cierto periodo de tiempo. [kWh/m^2].

Limitador de sobretensiones: Dispositivo que actúa limitando la tensión para proteger la maquinaria.

Módulos fotovoltaicos: Paneles formados por un conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos mediante el efecto fotoeléctrico.

Puesta a tierra: Conexión de las superficies conductoras expuestas a una zona sin energía. Normalmente se realiza en la propia tierra.

Radiación solar: Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Sistema fotovoltaico conectado a la red: Aquellos que operan en paralelo a la red eléctrica convencional. Inversor: Dispositivo que transforma tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna.

1.7 Requisitos de Diseño

La vivienda como hemos comentado se encuentra en el municipio de Breña Alta, La Palma, con referencia catastral 38008A004000100000QI y cuyos datos geográficos son:

- Altitud: 346,76 m sobre el mar
- Latitud: 28° 39' 57" N
- Longitud: 17° 47' 05" W



Figura 1: Ubicación de la casa residencial.

Por lo que el propósito principal es realizar una instalación fotovoltaica que enlace con la red, debido a que cumple con los requisitos fundamentales para llevarse a cabo después de haber efectuado un estudio exhaustivo sobre la ubicación de la casa y las condiciones climáticas que dispone durante todo el año.

Hay que tener en cuenta que la casa mide 4m y que los paneles se encontrarán dispuestos en el tejado con su correspondiente grado de inclinación. Todos los módulos de cada superficie estarán conectados entre sí, por lo que es de vital importancia el cálculo de longitud de los cables, ya que el punto de conexión a la red está situado a nivel del suelo, mientras que los paneles fotovoltaicos y los inversores se encuentran en el techo.

La vivienda unifamiliar de dos plantas, a efectos catastrales posee una referencia de 38008A004000100000QI, Figura 2. Se considera una casa familiar en la que conviven diferentes personas de la familia durante el año, siendo así que en invierno viven de 2 a 3 personas y en el verano pueden haber hasta 9 personas conviviendo, debido a las vacaciones de la mayoría de los componentes de la familia. Conforme a esto, se puede observar que el consumo energético varía entre los meses del año. Siendo el consumo estimado en diciembre de 118,91 KWh/m² y en verano 225,06 KWh/m²

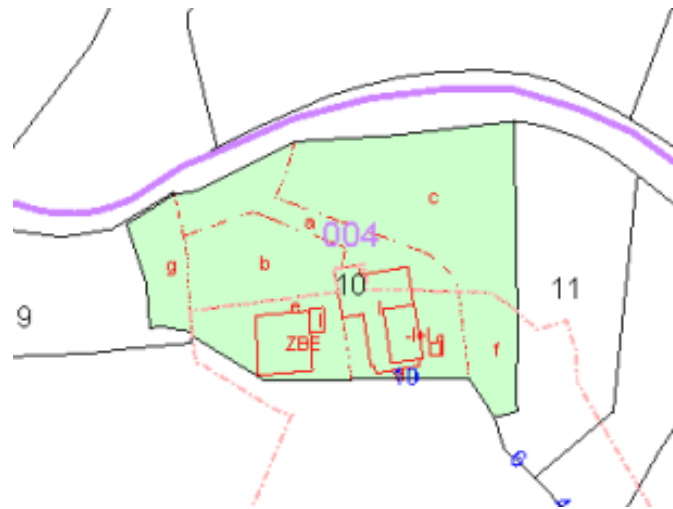


Figura 2: Superficie gráfica.

1.8 Análisis de Soluciones

Este proyecto pretende reducir el consumo de energía eléctrica de la red, produciendo de esta manera un ahorro energético, y buscando, el menos gasto posible para el consumidor, además se desea que la amortización sea la más inmediata. Esto es posible gracias al enfoque de la realización de una instalación por medio de la energía solar fotovoltaica.

Lo primero que se evaluó fue el tejado de arriba de la casa, zona señalada en rojo en la Figura 3, donde haciendo un pequeño predimensionamiento seríamos capaces de desarrollar la instalación en el techo a cuatro aguas de la casa. Donde la superficie más extensa del techo, y por lo tanto la que mayor espacio disponible tenemos es la que podemos localizar en frente de la superficie donde se dispone la chimenea, que, aunque en esta última la chimenea nos quite superficie, también se ha aprovechado el espacio disponible que queda restante. Estas, junto con las dos superficies del tejado que se encuentran enfrentadas, ha hecho posible estimar un total de 18 paneles.

Por otro lado se estudió una zona de la casa que se encuentra inutilizada, zona señalada en azul en la Figura 3, pero se descartó al poseer un impacto visual y estar al alcance de niños de la familia.

Otra posibilidad sería crear una pérgola para la parte del aparcamiento, zona señalada con el recuadro en verde de la Figura 3, sin embargo la inclusión de la misma y todo este tipo de sistemas haría un incremento del precio que el peticionario podría ver como excesivo.



Figura 3: Zonas estudiadas para la instalación de los módulos.

Por tanto finalmente, se decidió realizar la instalación fotovoltaica en los sistemas de las 4 aguas anteriormente mencionadas con un total de 18 módulos. Que se distribuyen en 6 módulos en la superficie más extensa, 4 módulos en la superficie de la chimenea y 4 módulos respectivamente en las superficies restantes.

Asimismo, para el análisis de soluciones tuvimos que determinar el ángulo de inclinación óptimo para los paneles solicitados. Se han evaluado dos sistemas, un sistema donde los paneles estén distanciados para minimizar el efecto de la sombra e inclinados al ángulo óptimo con una orientación lo más cerca a Norte-Sur a pesar de la disposición de la casa. Y la otra posibilidad ha sido elevarlos y ponerlos coplanarios con el ángulo de inclinación más rentable óptimo y sujetos con soportes especiales para la teja de arcilla. Finalmente se ha optado por esta última opción por ser una mejor integración arquitectónica del sistema y reducir el impacto visual

En último lugar, se habla de las pérdidas ocasionadas por las sombras, la inclinación y la orientación. Por medio de las Condiciones técnicas del IDEA, para sombras donde empleamos el simulador CE3X.

1.9 Resultados Finales

1.9.1 Módulos Fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos empleados han sido los SMA poly de 300W, concretamente el crystalline solar, uno de los módulos más usados en el mercado y cuyas características se cumplen perfectamente con las condiciones deseadas. En las Figuras 4 y 5 se muestra una imagen del módulo y de las características respectivamente.

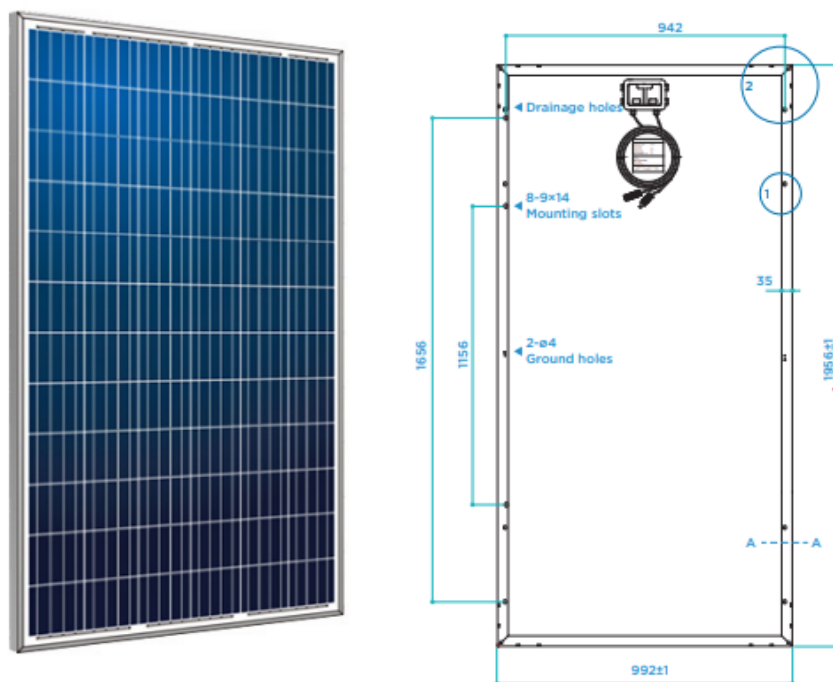


Figura 4: Módulo fotovoltaico SMA Poly 300W.

Electrical Characteristics

SOLAR CELLS	POLY-CRYSTALLINE 156 × 156 MM 72 PCS. (6×12) – 4 BUS BARS				
Maximum Power (Pmax)	300 Wp	305 Wp	310 Wp	315 Wp	320 Wp
Voltage at Pmax (Vmp)	37.23 V	37.24 V	37.32 V	37.46 V	37.62 V
Current at Pmax (Imp)	8.06 A	8.19 A	8.31 A	8.41 A	8.51 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	44.71 V	44.72 V	44.76 V	44.82 V	44.84 V
Short-Circuit Current (Isc)	8.947 A	9.094 A	9.234 A	9.371 A	9.515 A
Maximum System Voltage (V DC)	1000 V (iec), 600 V (UL)				
Cell Efficiency	17.46 %	17.75 %	18.05 %	18.34 %	18.63 %
Module Efficiency	15.46 %	15.72 %	15.98 %	16.23 %	16.49 %
Number of By-pass Diodes	6				
Maximum Series Fuse	15 A				
Temperature Coefficient of Pmax	- 0.45 % / °C				
Temperature Coefficient of Voc	- 0.34 % / °C				
Temperature Coefficient of Isc	- 0.05 % / °C				
Nominal Operating Cell Temperature	47 ± 2 °C				

Figura 5: Datos del panel solar.

1.9.2 Soporte de Paneles

Al instalar paneles solares en el tejado de una casa residencial, es importante tener en cuenta que el tejado está hecho de tejas. En este sentido, es necesario considerar qué tipo de perfiles serán más adecuados para sujetar los paneles de manera segura y efectiva. Además de la seguridad, también es relevante evaluar la relación calidad-precio de los perfiles disponibles, buscando la opción más rentable.

Es recomendable buscar perfiles de sujeción que sean compatibles con las características del tejado de tejas y que proporcionen una fijación sólida y duradera para los paneles solares. Al elegir los perfiles, se deben considerar aspectos como su resistencia, durabilidad, facilidad de instalación y adaptabilidad al tipo de teja presente en el tejado de la casa.

Por medio de la plataforma K2 systems, hemos elegido el perfil K2 SingleRail System, el cual se muestra en la Figura 6:

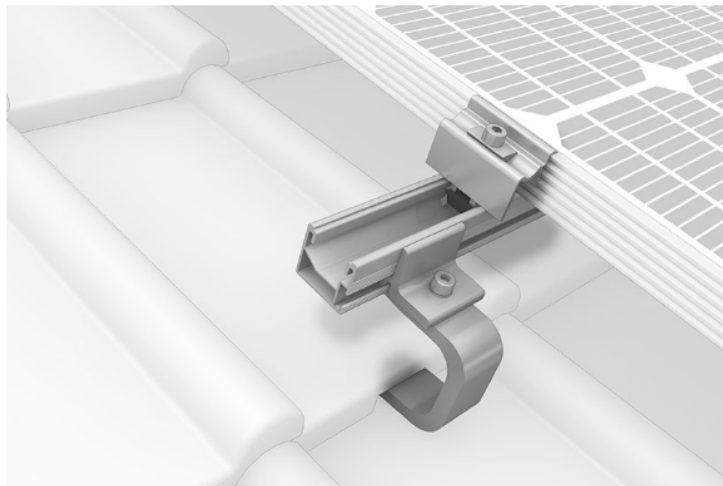


Figura 6: Soporte K2 SingleRail System.

Para nuestra instalación fotovoltaica necesitamos 2 railes con 16 perfiles por cada superficies de norte y sur, dado que se encuentran en línea recta y podemos aprovechar los soportes de aluminio. Para la superficie del Oeste, necesitaríamos 4 railes, dos para las 5 placas solares que se encuentran próximas y los otros dos para sujetar la placa que se encuentra sola encima de estas, además, de 24 sujeciones. Por último en la superficie del Este empleamos 3 pares de railes por la disposición de las solares y 16 perfiles.

1.9.3 Inversor

El inversor es un elemento fundamental en una instalación fotovoltaica, debido a que se encarga de transformar la corriente continua en corriente alterna para poder abastecer a todos los electrodomésticos de la vivienda.

Tras estudiar 3 propuestas de inversores a instalar, nos decantamos por la más favorable para el sistema. Las otras 2 propuestas de diseño que fueron descartadas tras una valoración, corresponden a colocar 3 inversores de tipo SB1.5-1LV-40 que, desde el mi punto de vista resultaba engorroso, ya que uno de ellos posee dos etapas para abastecer la superficie de mayor módulos y la colindante y los otros dos inversores, las superficies restantes. Por otra lado, la segunda opción era colocar 3 inversores, uno de tipo SB 2.0-1LV-40 y dos SB1.5 1LV-40, a pesar que el rendimiento mejoraba un poco, la distribución presentaba las mismas características. Por lo que se decidió escoger la tercera opción debido a sus prestaciones anteriormente mencionadas. El inversor escogido viene representado en las Figuras 7 y 8.

A continuación, los inversores que debemos instalar según la disposición que se ha planteado son los que hemos utilizado en el software Sunny Design, el cual propone una serie de configuraciones que tras haber realizado varias simulaciones con las diferentes opciones, se ha optado por escoger aquella distribución de inversores que conlleva a la mejor propuesta de diseño y un mayor rendimiento energético, obteniendo un total de 2 inversores de modelo SM3.0-1av-41, ambos con dos string cada uno para así abastecer a las 4 superficies del tejado.



Figura 7: Inversor SM3.0-1av-41.

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Entrada (CC)					
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V				
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V	De 175 V a 500 V	De 210 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V				
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/125 V				
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	15 A/15 A				
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A/15 A				
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	2/A;2; B;2				
Salida (CA)					
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	220 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V				
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz				
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V				
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26,1 A
Factor de potencia a potencia asignada	1				
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo				
Fases de inyección/conexión	1/1				
Rendimiento					
Rendimiento máx./europeo Rendimiento	97,0 %/96,4 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,6 %
Dispositivos de protección					
Punto de desconexión en el lado de entrada	•				
Monitorización de toma a tierra/de red	• / •				
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	• / • / -				
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	•				
Clase de protección (según IEC 61140)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III				

Figura 8: Datos del inversor.

1.9.4 Configuración De Paneles

Para la configuración de los paneles de la casa residencial, empleamos 2 inversores. Uno asignado a 10 módulos y el otro a 8 módulos, dando una instalación fotovoltaica de 18 módulos en total. La distribución de los módulos quedaría como se muestra en la Figura 9. El Inversor 1 (rojo) está conectado a los módulos que se encuentran en la superficie 1 (oeste) con entrada A del inversor y la superficie 2 (sur) con la entrada B. Asimismo, el Inversor 2 (azul) está conectado a los paneles de las superficies 3 (este) y 4 (norte) con las entradas A y B respectivamente del presente inversor.

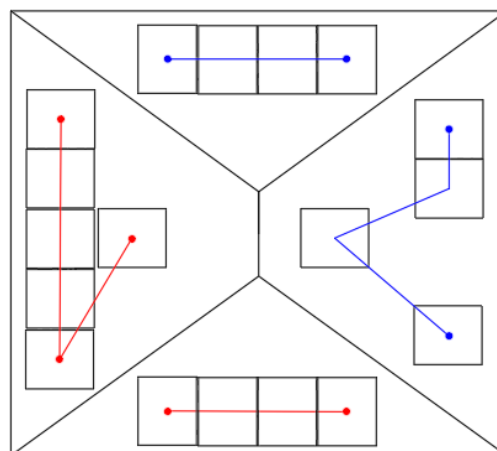


Figura 9: Configuración de los paneles.

1.9.5 Cableado Eléctrico

En lo que respecta al cableado eléctrico, se realizaron los cálculos pertinentes para hallar la longitud de los cables una vez definido el lugar donde se colocaran los inversores.

1.9.5.1 Cableado de corriente continua

Como los módulos fotovoltaicos están conectados en serie, se procedió a calcular las medidas de los cables de corriente continua que van desde los módulos fotovoltaicos hasta la entrada de cada inversor. Según la configuración de los paneles y la ubicación de los mismos designada por la Figura 9.

Es importante describir cómo se han conectado los paneles con los inversores elegidos. Tanto el Inversor 1 como el 2 se han colocado de tal forma que sea la más óptima posible para ahorrar cableado y tener fácil acceso, por lo que se ubican al lado del cuadro eléctrico de la casa y a un desnivel de 1,5 respecto a donde se instalan los módulos, por lo que de ahí parten cada uno a las superficies correspondientes.

Los inversores se dividen en 2 etapas cada uno. Siendo así que el Inversor 1 (color) para la entrada A hay 6 módulos, y para la entrada B del Inversor 1 (color) existen 4 módulos. Por lo que respecta al Inversor 2 para la entrada A (color), se le asignan 4 módulos y para la entrada B del mismo inversor (color) hay 4 módulos. Representados en la Figura 10.

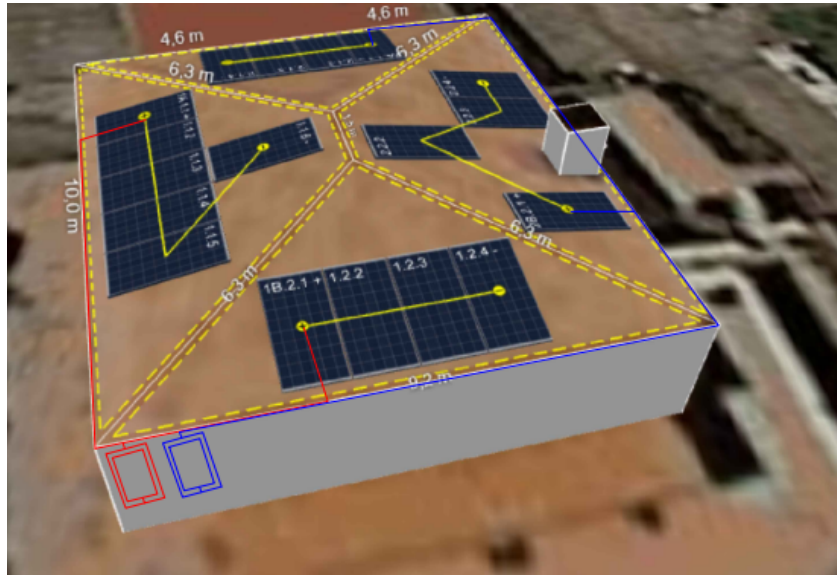


Figura 10: Cableado CC.

A continuación, tuvimos que calcular la intensidad máxima que circula por los cables de la instalación. Por medio de la simulación de Sunny Design observamos que la corriente continua que circula va desde los paneles fotovoltaicos hasta la entrada del inversor alcanza un valor de 8,847 A.

Posteriormente, establecidos los valores de intensidad se debe determinar diámetro, el tipo de cables a emplear, el diámetro de las canalizaciones. Sin embargo, optamos por utilizar un cables monofásico de $2,5 \text{ mm}^2$, 4 mm^2 , 6 mm^2 y 16 mm^2 de XLPE para las conexiones de continua ya que cumplirá los requisitos mínimos, y tendremos, además, una canalización de 12 mm, 16, 25 de diámetro exterior. Debemos comentar que la caída máxima de tensión obtenida es inferior a 0,5%.

1.9.5.2 Cableado de corriente alterna

Los cables de corriente alterna se emplean desde la salida del inversor hasta el cuadro de mando eléctrico de la vivienda. Por lo que comentaremos de qué manera hemos llevado a cabo el cableado de los inversores al punto de conexión pasando por las paredes hasta llegar al nivel del suelo, como se muestran en las Figuras 11.

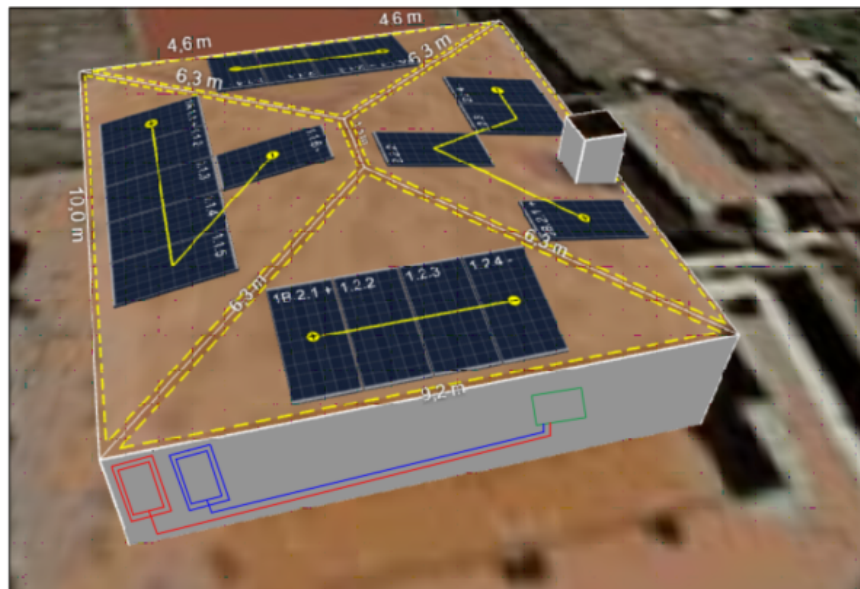


Figura 11: Cableado CA.

Por lo que respecta a la corriente alterna que circula por los cables que van desde la salida del inversor hasta el punto de conexión, la hoja de datos del propio inversor nos indica que es de un valor de 16 A.

Para la sección del cableado emplearemos cable trifásico de $2,5 \text{ mm}^2$ de XLPE para las conexiones de corriente alterna, con una canalización de 16 mm de diámetro exterior.

1.9.6 Protecciones Eléctricas

En esta sección se establecerán las medidas de protección requeridas para la instalación. Estas medidas protegerán la instalación contra sobretensiones, sobreintensidades, entre otros. Para lograrlo, se emplearán fusibles, interruptores magnetotérmicos e interruptores diferenciales.

1.9.6.1 Protecciones de corriente continua

El cableado de corriente continua es la encargada de enlazar los generadores fotovoltaicos con los inversores. Los inversores escogidos están compuestos por dos string cada uno, que constan de 18 paneles de 300 W en serie cada uno.

La corriente nominal es de 8,95 A, pero debido a la consideración de un margen de seguridad del 125% establecido por el REBT, tendremos una corriente de 11,19 A, con una secciones de cables de $2,5mm^2$, $4mm^2$, $6mm^2$ y $16mm^2$.

Con los datos recogidos se seleccionó el fusible de 20 A que cumple con los requisitos establecidos y el limitador de sobretensiones SLS-PV700 V/Y.

1.9.6.2 Protecciones de corriente alterna

Para asegurar la protección del cableado de corriente alterna, que abarca desde los inversores hasta la conexión con el cuadro de mando, se emplea un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial. En este caso, hemos seleccionado una sección de cable de $2,5mm^2$. La corriente nominal es de 4,33 A, pero debido al margen de seguridad del 125% establecido por el REBT, la corriente resultante será de 5,41 A. El interruptor magnetotérmico escogido es el IC60N A9F79425 y el interruptor diferencial es el A91C24725, ambos de la marca Schneider.

1.10 Planificación

El proyecto de la instalación fotovoltaica se estima que tardaría en completarse 4,25 días. Suponiendo que empiezan las obras en fecha 02/10/23 y terminarían el 06/10/23. En el siguiente diagrama de Gantt, Figura 12, podemos observar como son las tareas a proceder y el tiempo que se supone que tardarían en montar la instalación, que sería:

- Paneles Fotovoltaicos → 16 horas.
- Inversores → 2 horas.
- Estructura → 6 horas.
- Cableado CC → 2 horas.
- Cableado AC → 2 horas.
- Protecciones → 2 horas.
- Contador → 1 hora.
- Puesta a Tierra → 1 hora.
- Canalizaciones → 2 horas.

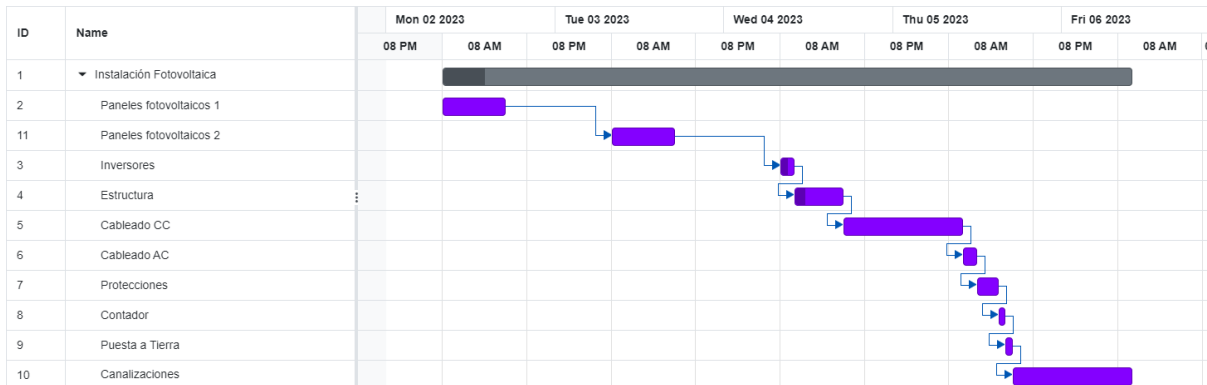


Figura 12: Diagrama de Gantt de los trabajos para hacer la Instalación Fotovoltaica.

1.11 Orden de Prioridad de los Documentos

El orden de prioridad del presente proyecto es:

- Planos
- Pliego de condiciones
- Presupuesto
- Memoria

1.12 Resumen del Presupuesto

En el presupuesto se han tenido en cuenta todo el material a emplear, las horas de los diferentes trabajadores y trabajos a desarrollar. Además de los correspondientes impuestos y beneficios. Todo esto, quedaría resumido en presupuesto final de la instalación fotovoltaica, Tabla I:

Código	Producto	Precio total
1	Material fotovoltaico	3045,05 €
2	Inversor	2670,12 €
3	Estructura	1235,35 €
4	Cableado CC	140,55 €
5	Cableado AC	170,40 €
6	Protecciones	266,17 €
7	Contador	311,10 €

8	Puesta a tierra	51,20 €
9	Canalizaciones	154,67 €
	Subtotal Materiales	8044,61 €
	Gastos generales (13%)	1045,80 €
	Beneficio industrial (6%)	482,68 €
	Subtotal	9573,09€
	IGIC (7%)	670,12 €
	TOTAL	10243,21 €

Tabla I: Resumen del presupuesto final.

1.13 Conclusions

In conclusion, I consider that photovoltaic installations in residential homes are an increasingly popular and attractive option for homeowners who want to harness solar energy to generate electricity in their households. Given that the installation of solar panels can be highly beneficial both economically and environmentally.

In economic terms, a photovoltaic installation can help significantly reduce long-term energy costs. As solar panel prices continue to decrease and incentive programs and financing options become more available, the initial investment can be recouped in a reasonable time frame, in our case, within 7 years. Additionally, we can sell any excess energy generated back to the grid and generate additional income.

From an environmental standpoint, solar energy is a clean and renewable source of energy. By using solar panels to generate electricity, the dependence on non-renewable energy sources is reduced, and the emission of greenhouse gases and other pollutants is decreased. This contributes to the fight against climate change and helps protect the environment for future generations.

However, it is important to consider some factors before installing a photovoltaic system in a residential home. The first aspect to consider is the technical feasibility, such as the home's location, the amount of available sunlight, and the available space for installing solar panels. Additionally, the home's energy consumption should be evaluated to determine the appropriate size of the photovoltaic system.

Furthermore, the installation and maintenance of the system may require a significant upfront investment, and it is necessary to hire professionals specialized in solar energy. Therefore, I believe it is important to research and obtain different quotes before proceeding with the photovoltaic installation.

In summary, I consider the installation of photovoltaic systems in residential homes to be a smart decision from both an economic and environmental perspective. However, it is crucial to conduct a proper feasibility analysis, consider associated costs, and seek professional advice before making a final decision.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

ANEXOS

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

ÍNDICE DE ANEXOS

2. Anexos.....	20
Anexo 1: Cálculos Eléctricos.....	22
2.1. Cálculos Eléctricos.....	2
2.1.1. Inversores.....	2
2.1.2. Intensidades.....	6
2.1.2.1. Cálculo de la intensidad CC.....	6
2.1.2.2. Cálculo De La Intensidad CA.....	7
2.1.3. Secciones.....	8
2.1.4. Cables.....	10
2.1.4.1. Cableado CC.....	10
2.1.4.2. Cableado CA.....	11
2.1.5. Canalizaciones.....	12
2.1.5.1. Canalizaciones CC.....	12
2.1.5.2. Canalizaciones CA.....	13
2.1.6. Protecciones.....	14
2.1.6.1. Protecciones Corriente Continua.....	14
2.1.6.2. Protecciones Corriente Alterna.....	15
2.1.7. Contador.....	17
2.1.8. Puesta a Tierra.....	18
Anexo 2: Cálculos Fotovoltaicos.....	39
2.2. Cálculos Fotovoltaicos.....	2
2.2.1. Inclinación y Orientación de los paneles y Pérdidas Originadas.....	2
2.2.2. Potencia y Número de Módulos a Instalar.....	6
2.2.3. Producción y Consumo Energética Diario y Anual.....	9
Anexo 3: Estudio de seguridad y Salud.....	48
2.3. Estudio de seguridad y Salud.....	3
2.3.1. Objeto.....	3
2.3.2. Normas de seguridad y Salud aplicables a la obra.....	3
2.3.3. Descripción de las obras.....	4
2.3.4. Definición de los registros y las Medidas de Prevención y Protección.....	4

2.3.5.	Medidas de los Riesgos y las Medidas de Prevención y Protección.....	13
Anexo 4: Hoja de datos de los elementos empleados.....		60
2.4.	Hoja de datos de los Elementos Empleados.....	2
2.4.1.	Módulos Fotovoltaicos.....	3
2.4.2.	Inversor.....	5
2.4.3.	Interruptor Diferencial.....	9
2.4.4.	Interruptor Magnetotérmico.....	12
2.4.5.	Limitador de Sobretensiones.....	15
2.4.6.	Contador de Autoconsumo.....	18

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

ANEXOS 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

ÍNDICE DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Anexo 1: Cálculos Eléctricos.....	2
2.1. Cálculos Eléctricos.....	2
2.1.1. Inversores.....	6
2.1.2. Intensidades.....	6
2.1.2.1. Cálculo de la intensidad CC.....	7
2.1.2.2. Cálculo de la Intensidad CA.....	8
2.1.3. Secciones.....	10
2.1.4. Cables.....	10
2.1.4.1. Cableado CC.....	11
2.1.4.2. Cableado CA.....	12
2.1.5. Canalizaciones.....	12
2.1.5.1 Canalizaciones CC.....	13
2.1.5.2. Canalizaciones CA.....	14
2.1.6. Protecciones.....	14
2.1.6.1 Protecciones Corriente Continua.....	15
2.1.6.2. Protecciones Corriente Alterna.....	15
2.1.7. Contador.....	17
2.1.8. Puesta a Tierra.....	18

2.1 Cálculos Eléctricos

2.1.1 Inversores

Se ha realizado la simulación con Sunny Designer, como hemos comentado anteriormente, para llevar a cabo todos los cálculos correspondientes a la producción y aprovechamiento de la energía solar. La plataforma nos proporciona diversos inversores, de los cuales nosotros elegimos el que más nos convenga para obtener el mayor rendimiento energético posible.

Después del correspondiente estudio, nos decantamos por elegir un total de dos inversores con una configuración de dos etapas cada uno, siendo estos del modelo **SM3.0-1av-41**, como se observa en la Figura 13.

Las entradas del inversor las hemos denominado “Entrada A” y “Entrada B”, donde cada uno tiene un único string que enlaza 4 módulos, a excepción del Inversor 1 de entrada B, que conecta 6 módulos, cuyo número total de módulos corresponde con 18.



Figura 13: Inversor SM3.0-1av-41.

Además, es importante tener en cuenta los datos del inversor para garantizar que nos encontramos en los límites requeridos por el fabricante, para ello, hacemos uso de la Figura 14.

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Entrada (CC)					
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 W _p	5500 W _p	7500 W _p	7500 W _p	9000 W _p
Tensión de entrada máx.	600 V				
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V	De 175 V a 500 V	De 210 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V				
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/125 V				
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	15 A/15 A				
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A/15 A				
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	2/A; 2; B:2				
Salida (CA)					
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	220 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V				
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz				
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V				
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26,1 A
Factor de potencia a potencia asignada	1				
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo				
Fases de inyección/conexión	1/1				
Rendimiento					
Rendimiento máx./europeo Rendimiento	97,0 %/96,4 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,6 %
Dispositivos de protección					
Punto de desconexión en el lado de entrada	●				
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●				
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -				
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●				
Clase de protección (según IEC 61140)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III				

Figura 14: Datos del inversor.

A continuación, se procede a calcular $V_{m\acute{a}x}$ y $V_{m\acute{i}n}$:

Cálculo $V_{m\acute{a}x}$:

El voltaje máximo a la entrada del inversor se calcula recogiendo los valores de tensión en circuito abierto del panel, debido a que de esta manera nos aseguramos que el inversor funciona correctamente. De la hoja de datos del panel fotovoltaico sabemos que la tensión en circuito abierto es 44,7 V y que el cociente de temperatura V_{oc} es de $-0,34\%/^{\circ}C$.

En primer lugar se calcula el coeficiente necesario especificado en el datasheet del panel para hallar V_p . Para ello, se necesita la temperatura máxima en el lugar de la instalación. Dado que la zona se trata de Breña Alta, la temperatura generalmente varía de $11^{\circ}C$ a $13^{\circ}C$. El coeficiente mencionado se calcula por medio de la Ecuación 1:

$$K = -0,34\%/^{\circ}C \cdot (T - 25^{\circ}C) \quad [\text{Ecu.1}]$$

Resolviendo:

$$K = -0,34\%/^{\circ}C \cdot (11^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$K = 0,0476$$

Una vez hallado el coeficiente, podemos hallar el valor de V_p multiplicando el coeficiente por la tensión en circuito abierto, como indica la Ecuación 2:

$$V_p = K \cdot V_{oc} \quad [\text{V}] \quad [\text{Ecu.2}]$$

Resolviendo:

$$V_p = 0,0476 \cdot 44,7$$

$$V_p = 2,1278 \text{ V}$$

A continuación, el voltaje de los string de entrada al inversor se calcula multiplicando el V_p por el número de paneles de casa string. La Ecuación 3 define este procedimiento:

$$V_{string} = V_p \cdot N^{\circ} \text{ de paneles} \quad [\text{V}] \quad [\text{Ecu.3}]$$

Resolviendo:

$$V_{string1} = 2,1278 \cdot 6 = 12,77 \text{ V}$$

$$V_{string2} = 2,1278 \cdot 4 = 8,51 \text{ V}$$

$$V_{string2} = 2,1278 \cdot 4 = 8,51 \text{ V}$$

$$V_{string4} = 2,1278 \cdot 4 = 8,51 \text{ V}$$

Ahora se procede a calcular la V_{max} , que será la diferencia entre la temperatura ambiente y el valor a la temperatura mínima. Se calcula a través de la Ecuación 4.

$$V_{máx} = V_{string} + N^{\circ} \text{ de paneles} \cdot V_{oc} \quad [\text{V}] \quad [\text{Ecu.4}]$$

Resolviendo:

$$V_{máxstring1} = 12,77 + 6 \cdot 44,7 \text{ V} = 280,97 \text{ V}$$

$$V_{máxstring2} = 8,51 + 4 \cdot 44,7 \text{ V} = 187,31 \text{ V}$$

$$V_{máxstring3} = 8,51 + 4 \cdot 44,7 \text{ V} = 187,31 \text{ V}$$

$$V_{máxstring4} = 8,51 + 4 \cdot 44,7 \text{ V} = 187,31 \text{ V}$$

Los valores máximos de los string a la entrada de los inversores están dentro de los criterios establecidos por la hoja de datos del inversor del fabricante debido a que voltajes inferiores a 600 V.

Cálculo V_{min} :

Para determinar el voltaje mínimo a la entrada del inversor que se ha seleccionado, se realizarán los cálculos anteriores a excepción de que la temperatura máxima oscila entre los 24°C y los 26°C, por tanto se estimará una temperatura máxima de 26°C.

$$K = -0,34\%/^{\circ}C \cdot (26^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$K = 0,0034$$

El valor de V_p se halla multiplicando el coeficiente por la tensión en circuito abierto, como indica la ecuación 2:

$$V_p = -0,0034 \cdot 44,7$$

$$V_p = -0,1520 \text{ V}$$

Posteriormente, el voltaje de los string de entrada al inversor se calcula multiplicando el V_p por el número de paneles de casa string. La ecuación 3 define este procedimiento:

$$V_{string1} = -0,1520 \cdot 6 = -0,912 \text{ V}$$

$$V_{string2} = -0,1520 \cdot 4 = -0,608 \text{ V}$$

$$V_{string3} = -0,1520 \cdot 4 = -0,608 \text{ V}$$

$$V_{string4} = -0,1520 \cdot 4 = -0,608 \text{ V}$$

Por lo que el V_{max} , será la diferencia entre la temperatura ambiente y el valor a la temperatura máxima. Se calcula a través de la ecuación 4.

$$V_{minstring1} = -0,912 + 6 \cdot 44,7 \text{ V} = 267,29 \text{ V}$$

$$V_{minstring2} = -0,608 + 4 \cdot 44,7 \text{ V} = 178,19 \text{ V}$$

$$V_{minstring3} = -0,608 + 4 \cdot 44,7 \text{ V} = 178,19 \text{ V}$$

$$V_{minstring4} = -0,608 + 4 \cdot 44,7 \text{ V} = 178,19 \text{ V}$$

Los valores de voltaje mínimo a la entrada del inversor están dentro de los criterios establecidos por la hoja de datos de los inversores del fabricante dado que los resultados de voltajes nos dan superior a 100V.

Cabe destacar que gracias a que estos valores cumplen con los admisibles es posible el correcto funcionamiento del inversor, de lo contrario no funcionarían los inversores.

Los resultados de los voltajes quedan resumidos en la Tabla II:

	V _{máx} [V]	V _{mín} [V]
String 1	280,97	267,31
String 2	187,31	178,19
String 3	187,31	178,19
String 4	187,31	178,19

Tabla II: Voltajes máximos y mínimos de los string.

2.1.2 Intensidades

2.1.2.1 Cálculo de la intensidad CC

El cálculo de la intensidad es muy importante dado que será el punto de partida para seleccionar el cableado adecuado de la instalación. Por un lado, las intensidades que circulan desde los módulos fotovoltaicos hasta la entrada del inversor se calculan por medio de la Ecuación 5.

$$I_{máx.adm} = \frac{P_{string}}{V_{mpp,string}} \cdot 1,25 \quad [A] \quad [Ecu.5]$$

Donde:

$I_{máx.adm}$ → Intensidad máxima admisible del cable.

P_{string} → Potencia en el cable del string fotovoltaico.

$V_{mpp,string}$ → Tensión nominal de la línea fotovoltaica.

La corriente que circula por los módulos fotovoltaicos es de 8,947A, y la intensidad que como máximo puede acceder a la entrada del inversor es de 15A. Como los módulos de la instalación están conectados en serie, cumple las condiciones exigidas. Las intensidades se resumen en la siguiente Tabla III:

		Intensidad (A)
Inversor 1 Entrada A	Entrada A	8,947
Inversor 1 Entrada B	Entrada B	8,947
Inversor 2 Entrada A	Entrada A	8,947
Inversor 2 Entrada B	Entrada B	8,947

Tabla III: Intensidades CC

2.1.2.2 Cálculo de la Intensidad CA

La corriente alterna que circula por la línea trifásica va desde la salida del inversor hasta el cuadro de mando y control de la vivienda, donde posteriormente será distribuido a los diferentes electrodomésticos demandantes. Para calcular la corriente que circula por la línea trifásica empleamos la Ecuación 6.

$$I_c = \frac{P_{inversor}}{V \cdot \cos \varphi} \cdot 1,25 \quad [\text{A}] \quad [\text{Ecu.6}]$$

Donde:

I_c → Intensidad consumida.

$P_{inversor}$ → Potencia activa.

V → Tensión línea trifásica.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia de la instalación.

La intensidad máxima admisible que pasa por el cableado de alterna en este caso es de 4,33A, dado que la intensidad máxima a la salida del inversor no puede sobrepasar los 16A, satisface los estándares determinados.

2.1.3. Secciones

Para el dimensionamiento de los cables de la instalación tenemos que tener en cuenta la ITC - BT 40, donde se explica que para la conexión de los cables la intensidad no debe ser inferior al 125% de la máxima intensidad del generador. De igual modo que la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la instalación interior no puede ser superior al 1,5% de la corriente nominal. Los valores normalizados de las secciones se recogerán de la Figura 15.

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes										
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0.3D					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D						3x PVC			3x XLPE o EPR	
G		Cables unipolares separados mínimo D								3x PVC		3x XLPE o EPR
Cobre	mm ²	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
150				236	260	278	310	338	363	404	525	
185				268	297	317	354	386	415	464	601	
240				315	350	374	419	455	490	552	711	
300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Figura 15: Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. N° de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.

Se determinará la sección del cableado de la parte continua mediante la Ecuación 7.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta_u} \quad [\text{Ecu.7}]$$

Donde:

S → Sección del cable (mm²).

L → Longitud del cable en desde el inversor hasta el generador fotovoltaico (m).

I → Intensidad máxima admisible por cable (A).

Δ_u → Caída de tensión admisible. 0,5% en corriente continua y 1% en corriente alterna.

$\gamma \rightarrow$ Conductividad, que en este caso como se trata de cobre es $56 \left(\frac{mW}{mm^2}\right)$ a temperatura ambiente.

Inversor 1

$$S_{Entrada A} = \frac{2 \cdot 10 \text{ m} \cdot (8,947 \cdot 1,25) \text{ A}}{56 \frac{mW}{mm^2} \cdot (219,6 \cdot 0,005)} = 3,64 \text{ mm}^2$$

$$S_{Entrada B} = \frac{2 \cdot 3,5 \text{ m} \cdot (8,947 \cdot 1,25) \text{ A}}{56 \frac{mW}{mm^2} \cdot (146,4 \cdot 0,005)} = 1,91 \text{ mm}^2$$

$$S_{Salida} = \frac{2 \cdot 6,5 \text{ m} \cdot (4,33 \cdot 1,25) \text{ A}}{56 \frac{mW}{mm^2} \cdot (400 \cdot 0,01)} = 0,31 \text{ mm}^2$$

Inversor 2

$$S_{Entrada A} = \frac{2 \cdot 19,7 \text{ m} \cdot (8,947 \cdot 1,25) \text{ A}}{56 \frac{mW}{mm^2} \cdot (146,4 \cdot 0,005)} = 10,75 \text{ mm}^2$$

$$S_{Entrada B} = \frac{2 \cdot 9,7 \text{ m} \cdot (8,947 \cdot 1,25) \text{ A}}{56 \frac{mW}{mm^2} \cdot (146,4 \cdot 0,005)} = 5,29 \text{ mm}^2$$

$$S_{Salida} = \frac{2 \cdot 6 \text{ m} \cdot (4,33 \cdot 1,25) \text{ A}}{56 \frac{mW}{mm^2} \cdot (400 \cdot 0,01)} = 0,29 \text{ mm}^2$$

A la hora de determinar la sección del cable, debemos buscar el valor normalizado de sección que más se acerque, por exceso, al resultado que hemos obtenido.

Los cables normalizados se pueden observar en la Tabla IV:

		Sección (mm^2)	Sección Normalizada (mm^2)
Inversor 1 Entrada A	Entrada A	3,64	4
Inversor 1 Entrada B	Entrada B	1,91	2,5
Inversor 1 Salida		0,31	2,5
Inversor 2 Entrada A	Entrada A	10,75	16

Figura 16: Cableado CC.

2.1.4.1. Cableado CA

Por lo que respecta al cableado de alterna, esta parte de los inversores hasta el cuadro de mando de la instalación eléctrica, como podemos observar en la Figura 17. Que mediante la acometida enlaza un punto de conexión entre las redes de distribución y la instalación de suministros del consumidor.

Las secciones mínimas calculadas son de $0,31 \text{ mm}^2$ y $0,29 \text{ mm}^2$, por lo que se procede a escoger el mínimo cable manguera flexible libre de halógeno de $2,5 \text{ mm}^2$ de XLPE debido a que por ellos van a circular corrientes de fuerza.

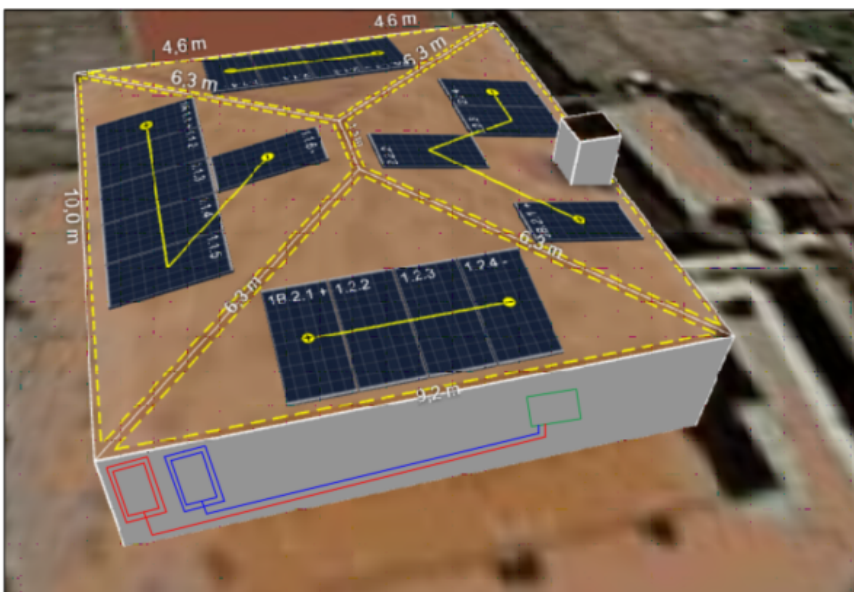


Figura 17: Cableado AC.

2.1.5 Canalizaciones

El cableado empleado se desplaza por unas canalizaciones, las cuales siguen la norma ITC-BT-21 en la que se especifican las dimensiones y características de las canalizaciones que nos permite determinar el diámetro de las canalizaciones según los cables.

En la instalación se encuentran dos tipos de canalizaciones, que son las que van desde el generador fotovoltaico hasta los inversores y desde los inversores hasta la conexión a red.

Por consiguiente, el valor de las secciones de cada tramo, y siguiendo la tabla que nos facilita el REBT, podemos realizar el estudio de las canalizaciones de CC y AC.

2.1.5.1 Canalizaciones CC

Por un lado, para determinar el diámetro de canalización de los cables que van desde los módulos fotovoltaicos hasta los inversores y dado que las secciones nominales de nuestros cables son de $2,5\text{mm}^2$, 4mm^2 , 6mm^2 y 16mm^2 , dimensionamos una canalización de 12 mm y 16 mm de diámetro según la Figura 18 teniendo en cuenta que las potencias de los inversores es inferior a 5kW, por lo que es monofásico y cuenta con 2 conductores, positivo y negativo.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Figura 18: Canalización cableado CC.

Emplearemos canalizaciones de PVC de tubo corrugado de doble capa métrica, como se muestra en la Figura 19, con medidas de 12mm y 16mm, debido a las prestaciones que ofrece de trabajar en zonas con un ambiente húmedo, resistentes a los cambios de temperatura y al desgaste, además de poder ser instalados empotrados en techo.



Figura 19: Canalización de tubo corrugado

2.1.5.2 Canalizaciones CA

De igual modo, para las canalizaciones de cableado que van desde la salida de los inversores hasta el cuadro de mando y protección, tenemos una sección de $2,5 \text{ mm}^2$, que según la Figura 20, usaremos una canalización de 16 mm. Tomando en consideración que se trata de 3 conductores al ser neutro, fase y tierra.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Figura 20: Canalización de cableado AC.

Para llevar a cabo la canalización del cableado de corriente alterna, vamos a utilizar tubo flexible metálico, también llamado tubo blinker, Figura 21. Están fabricados en acero y con un recubrimiento de galvanizado, son resistentes a las agresiones mecánicas y mediante abrazaderas se sostiene la canalización en la pared.



Figura 21: Canalización de tubo metálico.

2.1.6 Protecciones

2.1.6.1 Protecciones Corriente Continua

El cableado de corriente continua es la encargada de enlazar los generadores fotovoltaicos con los inversores. Los inversores seleccionados están compuestos por dos string cada uno, que constan de 18 paneles de 300 W en serie cada uno.

La corriente nominal es de 8,95 A, pero debido a la consideración de un margen de seguridad del 125% establecido por el REBT, tendremos una corriente de 11,19 A, con una secciones de cables de $2,5\text{mm}^2$, 4mm^2 , 6mm^2 y 16mm^2 . Por lo tanto, el fusible utilizado para la parte de corriente continua, de acuerdo a los valores normalizados de fusibles, será de 16 A. Para esto, emplearemos un fusible cilíndrico del tipo GG, el cual es idóneo para proteger los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos.

Verificamos que el fusible cumple con los requisitos, ya que la corriente máxima de entrada del inversor es de 20 A, según la Ecuación 8.

$$11,19\text{A} \leq 16\text{A} \leq 20\text{A} \quad [\text{Ecu.8}]$$

Asimismo, se reforzará la protección en la sección de corriente continua mediante un dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias. Este dispositivo actúa como un

conmutador controlado por la tensión y se conecta en paralelo entre los conductores y tierra, junto a los paneles fotovoltaicos que deseamos proteger.

Para esta instalación, hemos seleccionado el modelo SLS-PV700 V/Y, Figura 22, un descargador de rayos y sobretensiones transitorias diseñado específicamente para circuitos de corriente continua en sistemas fotovoltaicos. Este dispositivo tiene una tensión máxima de 750 V y una corriente de descarga máxima de 40 kA, lo que brinda una protección completa al cableado de corriente continua.



Figura 22: SLS-PV700 V/Y.

2.1.6.2 Protecciones Corriente Alterna

Para asegurar la protección del cableado de corriente alterna, que abarca desde los inversores hasta la conexión con el cuadro de mando, se emplea un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial. En este caso, hemos seleccionado una sección de cable de $2,5\text{mm}^2$. La corriente nominal es de 4,33 A, pero debido al margen de seguridad del 125% establecido por el REBT, la corriente resultante será de 5,41 A.

Acudimos a los valores normalizados y seleccionamos el magnetotérmico cuya intensidad máxima admisible es de 10A.

Aplicando la normativa ITC – BT 17, realizaremos una comprobación por medio de las Ecuaciones 9 y 10 para determinar si la capacidad de corte (I_{pc}) es superior a la corriente de cortocircuito, con el objetivo de verificar que los interruptores magnetotérmicos sean los adecuados.

$$I_{cc} = 0,8 \cdot \frac{V}{R} \quad [\text{Ecu. 9}]$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad [\text{Ecu. 10}]$$

Donde:

I_{cc} → Intensidad de cortocircuito.

V → Tensión de la línea.

R → Resistencia del cableado.

ρ → Resistencia del cobre ($0,0171 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$).

L → Longitud del cableado.

S → Sección del cableado.

Resultado:

$$R = \left(0,0171 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot \frac{12,5 m}{2,5 mm^2} = 0,0855 \Omega$$

$$I_{cc} = 0,8 \cdot \frac{400 V}{0,0855 \Omega} = 3,75 kA$$

El valor del poder de corte debe ser superior a este resultado. En este escenario, se optará por un interruptor magnetotérmico tripolar y neutro de 25 A, con una capacidad de corte de 6 kA para una tensión de 400 V. El modelo seleccionado es el Interruptor Magnetotérmico IC60N A9F79425, como se ilustra en la Figura 23.



Figura 23: Interruptor Magnetotérmico IC60N A9F79425.

Por último, se implementará un dispositivo diferencial con el objetivo de garantizar la seguridad tanto de las personas en cuanto a los contactos indirectos, como la protección de otros equipos frente a fugas de corriente y derivaciones a tierra.

El diferencial seleccionado para esta instalación cuenta con un valor nominal de 16 A y una sensibilidad de 30 mA, concretamente el A9K24725 de Schneider Electric. Figura 24.



Figura 24: Interruptor diferencial A9K24725.

2.1.7 Contador

En nuestra situación, dado que se trata de una instalación fotovoltaica de autoconsumo con excedentes, Figura 25, es necesario contar con un contador bidireccional.



Figura 25: Esquema de la instalación fotovoltaica.

Para cumplir con este requerimiento, hemos elegido utilizar un contador bidireccional que nos permitirá medir tanto la energía consumida de la red como la energía inyectada a la misma. Específicamente, hemos seleccionado el modelo Fronius Smart Meter 63A-3, ilustrado en la Figura 26, que es un contador bidireccional tipo II de la marca Fronius.



Figura 26: Contador bidireccional Fronius Smart Meter 63A-3.

Cabe destacar que se incorporará un interruptor de corte junto al contador bidireccional, lo cual nos permitirá aislar por completo el circuito fotovoltaico desde la zona donde se encuentran los contadores.

2.1.8 Puesta a Tierra

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra, nos basamos en lo establecido en la normativa ITC-BT-18, garantizando que no haya diferencias de potencial peligrosas en todo el conjunto de la instalación en proximidad al terreno.

Al mismo tiempo, se busca facilitar el flujo a tierra de las corrientes de defecto o las corrientes de descarga de origen atmosférico, por lo que su valor en Ω no supere el límite especificado para cada caso en particular.

Esta resistencia de tierra se dimensiona de tal manera que cualquier masa no pueda generar tensiones de contacto superiores a 24V en locales o emplazamientos conductores y 50V en los demás casos.

Es importante mencionar que el terreno donde se llevará a cabo la instalación se clasifica como “Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos”, lo que implica una resistividad de $\rho = 50 \Omega \cdot m$.

Emplearemos la Ecuación 11 para estimar la resistencia del conductor enterrado y la resistencias de las picas en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_p} \quad [\text{Ecu. 11}]$$

Donde:

$R_t \rightarrow$ Resistencia total (según la normativa 25 Ω)

$R_c \rightarrow$ Resistencia del conductor

$R_p \rightarrow$ Resistencia de la pica

La resistencia estará determinada por las dimensiones del electrodo. En nuestro caso, hemos seleccionado una pica de 1,5 m de longitud y 14,2 mm de diámetro de la marca Würth, que es la que se muestra en la Figura 27



Figura 27: Pica de toma a tierra de 100 micras-1,5 m.

Para calcular la resistencia del conductor empleamos la ecuación 12:

$$R_c = \frac{2 \cdot \rho}{L_{pica}} \quad [\text{Ecu. 12}]$$

Resolviendo:

$$R_c = \frac{2 \cdot 50 \Omega \cdot m}{1,5 m} = 66,67 \Omega$$

Por lo que una vez obtenido los valores de R_t y R_c , despejamos R_p para hallar el resultado final de la resistencia de las picas mediante la Ecuación 9.

Resolviendo:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{25 \Omega} - \frac{1}{66,67 \Omega} = 40 \Omega$$

Finalmente el número de picas se determina por medio de la Ecuación 13:

$$R_p = \frac{\rho}{n \cdot L_{pica}} \quad [\text{Ecu. 13}]$$

Despejando n y resolviendo:

$$n = \frac{50 \Omega \cdot m}{40 \Omega \cdot 1,5 m} = 0,83 \approx 1 \text{ pica}$$

Concluimos, tras haber realizado los cálculos pertinentes, que la puesta tierra se realizará por medio de 1 pica de 1,5 m de longitud y 14,2 mm de diámetro.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

ANEXOS 2: CÁLCULOS FOTOVOLTAICOS

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

ÍNDICE DE CÁLCULOS FOTOVOLTAICOS

Anexo 2: Cálculos Fotovoltaicos.....	2
2.2. Cálculos Fotovoltaicos.....	2
2.2.1. Inclinación y Orientación de los paneles y Pérdidas Originadas.....	2
2.2.2. Potencia y Número de Módulos a Instalar.....	6
2.2.3. Producción y Consumo Energética Diario y Anual.....	9

2.2. Cálculos Fotovoltaicos

2.2.1. Inclinación y Orientación de los paneles y Pérdidas Originadas

De acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el pliego de condiciones para instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red del IDAE, las pérdidas debido a la inclinación y orientación se calcularán según los criterios de:

- El ángulo de inclinación β , el cual se define como el ángulo formado por la superficie de los módulos y el plano horizontal. Su valor es 0 cuando los módulos están colocados horizontalmente y 90° cuando están colocados verticalmente. Como se observa en la Figura 28.

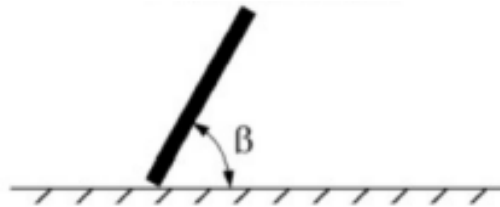


Figura 28: Ángulo de inclinación β .

- El ángulo de azimut α , se define como el ángulo formado entre la proyección en el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Los valores comunes son 0° para módulos orientados hacia el sur, -90° para módulos orientados hacia el este y $+90^\circ$ para módulos orientados hacia el oeste. Como se muestra en la Figura 29.

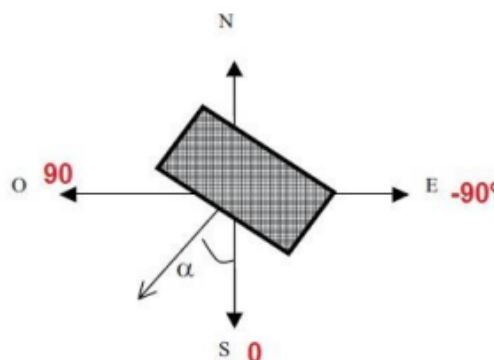


Figura 29: Ángulo de orientación α .

En cuanto a la orientación, es relevante mencionar que los módulos fotovoltaicos se encuentran en la en el tejado a 4 aguas de la vivienda ubicados con un ángulo de 11° debido a la disposición de las tejas . Por lo tanto, realizaremos un análisis de la producción de energía de los módulos alineándose con el mismo ángulo y también alineándose en la dirección de cada uno de ellos. De esta manera diferenciamos 6 módulos en el oeste, 4 en el sur, 4 en este y 4 en el norte. Además, es importante destacar que los módulos serán instalados apoyados por el lado más largo para aumentar su resistencia al viento. A continuación, se muestra en la Figura 30 lo mencionado anteriormente:

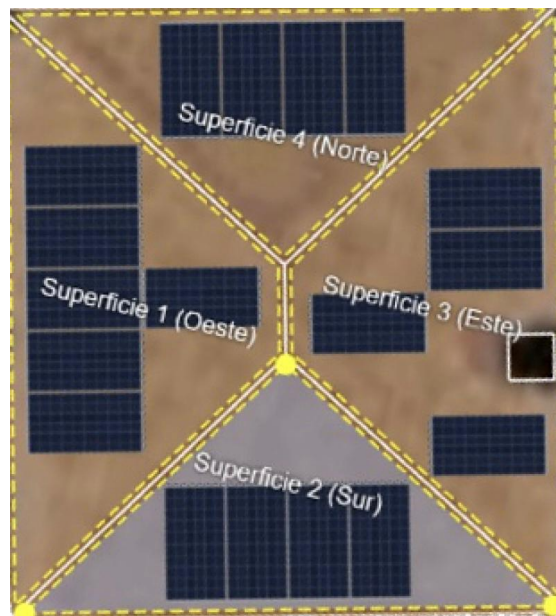


Figura 30: Orientación de los módulos solares.

La inclinación óptima para maximizar la captación de radiación solar en el panel es generalmente igual a la latitud del lugar (28°), sin embargo, debido a las irregularidades del terreno, hemos ajustado este valor a -5° para optimizarlo aún más. En nuestro caso, hemos seleccionado un ángulo de inclinación de $\beta = 23^\circ$.

En la Figura 31 se puede apreciar la colocación de los paneles fotovoltaicos sobre el tejado de la vivienda.

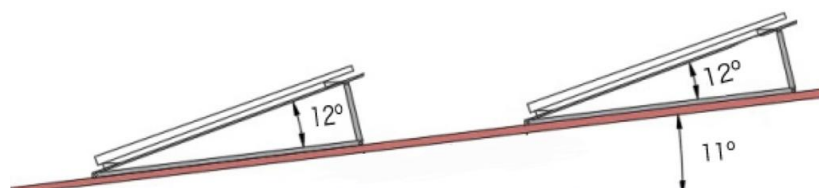


Figura 31: Distancia entre filas de módulos solares.

Seguidamente, se procede a verificar si el ángulo propuesto cumple con los requisitos establecidos en el pliego de condiciones técnicas del IDAE, es decir, si las pérdidas por orientación e inclinación son inferiores al 10 % en el caso general, según las figuras 32 y 33.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Figura 32: Límites de pérdidas.

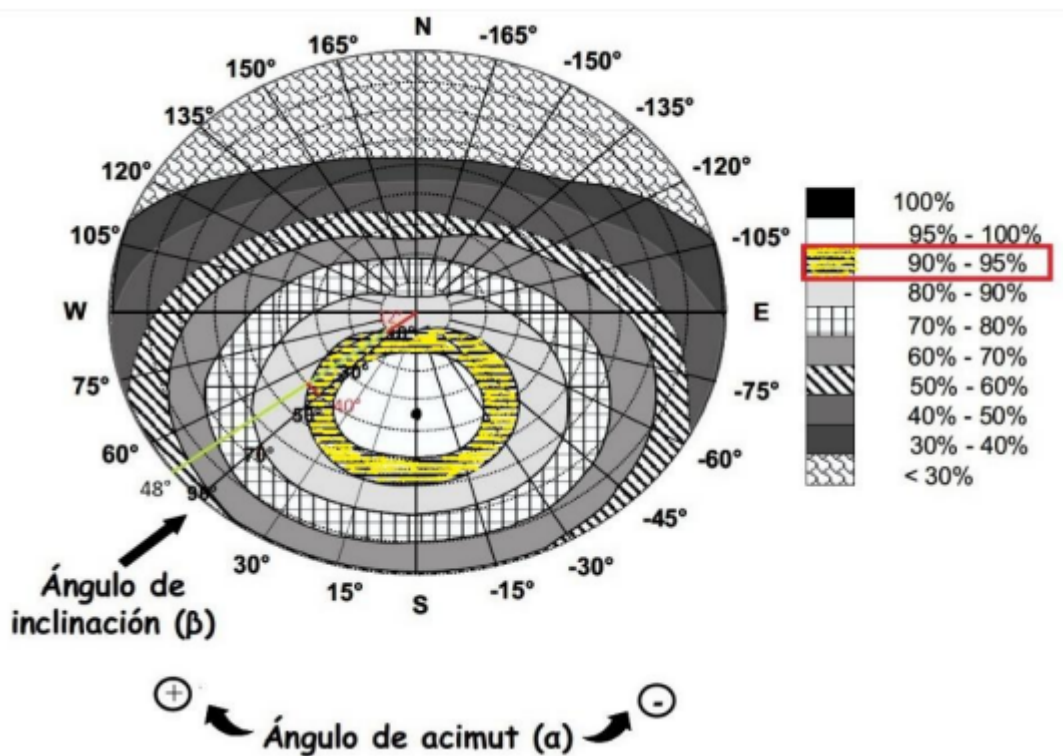


Figura 33: Límites de pérdida.

Para nuestra instalación según la Figura 32, nuestro caso es el denominado general y por lo tanto las pérdidas máximas permitidas serán de un 10%.

A través de los siguientes cálculos, determinaremos la inclinación mínima y máxima basándonos en las pérdidas máximas y el ángulo azimut. Se ajustarán los límites de inclinación considerando la altitud de la ubicación de la instalación y la latitud ($\varphi = 41^\circ$).

La zona sombreada en amarillo representa un aprovechamiento del 90%, lo que implica un 10% de pérdidas. Al extrapolar el punto de corte en el azimut ($\varphi = 48^\circ$) de la instalación con el de $\varphi = 41^\circ$, obtenemos que el ángulo de inclinación máximo es de 40° y el grado de inclinación mínimo es de 12° . Pero dado que estamos en Canarias, se corrige para la latitud de 28° :

Ángulo de inclinación máxima: $40^\circ - (41^\circ - 28^\circ) = 27^\circ$

Ángulo de inclinación mínima: $12^\circ - (41^\circ - 28^\circ) = -1^\circ$

Dado que el ángulo de inclinación mínima nos dió en grados negativos, se considerará una inclinación mínima de 0. Por lo tanto, podemos verificar que esta instalación, con una inclinación de 23° , cumple los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación para los dos ángulos de Azimut propuestos.

Para calcular las pérdidas por sombras, recurrimos al anexo VI del IDAE. En el que explica la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de análisis y el diagrama de trayectorias solares, el cual se presenta en la Figura 34.

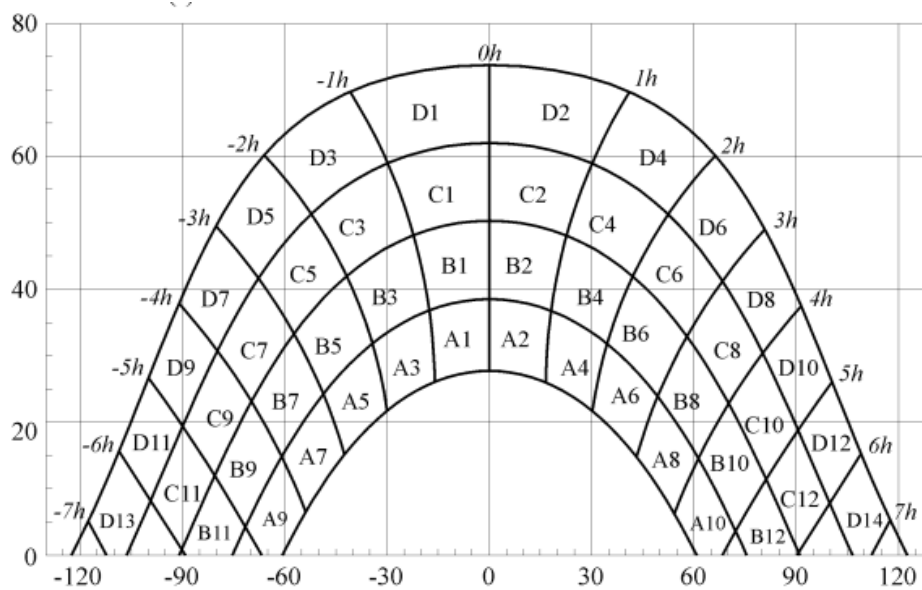


Figura 34: Diagrama de trayectorias del Sol.

Para llevar a cabo el cálculo de las pérdidas por las sobras, se ha empleado el software CE3X. Durante el análisis, se ha considerado únicamente la sombra generada por la chimenea del tejado que se encuentra en la zona este el cual tiene una altura de 1 metro. Por lo que después de ingresar los ángulos de Azimut y elevación correspondientes, se genera la representación de la Figura 35:

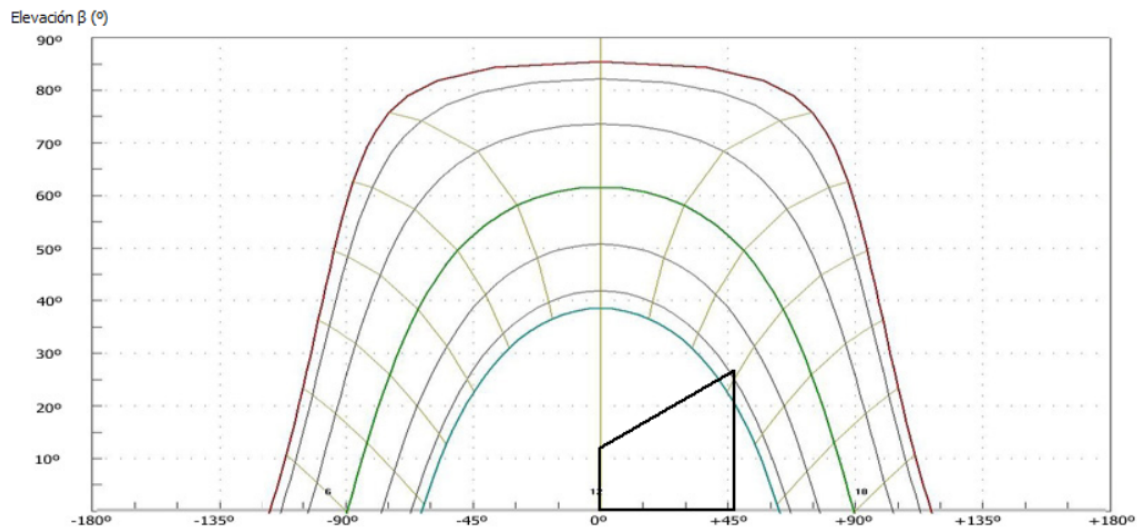


Figura 35: Diagrama de trayectorias del Sol de nuestra instalación.

Por lo que procedemos a calcular las pérdidas por sombreado, según la Ecuación 14:

$$\text{Pérdidas por sombreado (\%)} = 0,15 \cdot 0,98 + 0,25 \cdot 1,79 = 0,5945 \% \quad [\text{Ecu.14}]$$

Finalmente las pérdidas totales es la suma de las pérdidas producidas por la inclinación y orientación, más las pérdidas que produce la sombra, el resultado quedaría resumido en la Ecuación 15.

$$\text{Pérdidas Totales (\%)} = 10 \% + 0,5945\% = 10,05945 \% \quad [\text{Ecu.15}]$$

El valor de las pérdidas totales se verifica que se encuentran dentro de los límites establecidos por el IDAE.

2.2.2. Potencia y Número de Módulos a Instalar

El panel solar SMA poly de 300W , específicamente el modelo Crystalline ,como se observa en la Figura 36, es el módulo fotovoltaico que mejor se adapta a nuestras condiciones debido a que sus características se ajustan perfectamente a nuestra instalación.



Figura 36: Módulo solar Crystallyne.

Para determinar que este tipo de módulo solar era el más adecuado para nuestro proyecto, hicimos uso de la plataforma Sunny design, herramienta intuitiva a la hora de hacer instalaciones fotovoltaicas, la cual nos ayudó a la hora de elegir esta clase de módulo.

De igual modo, estudiamos la separación mínima a la que se deben instalar las filas de módulos para que no produzcan sombras a la fila anterior. En nuestro caso, no hay grandes dificultades debido a que esta situación solo ocurre en los paneles solares de la superficie 1, es decir la superficie Oeste.

Para dicho estudio acudimos a los dibujos técnicos del módulo fotovoltaico, que se ilustra en la Figura 37.

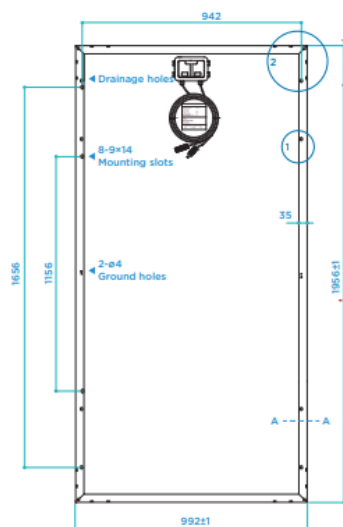


Figura 37: Hoja de datos POLY-CRYSTALLINE.

Los dibujos técnicos del módulo fotovoltaico nos indican las mediciones de ancho y largo que buscamos para conocer la distancia horizontal entre paneles una vez han sido elevados 23° . Por lo que por medio de la trigonometría, hayamos estas distancias, Figura 38.

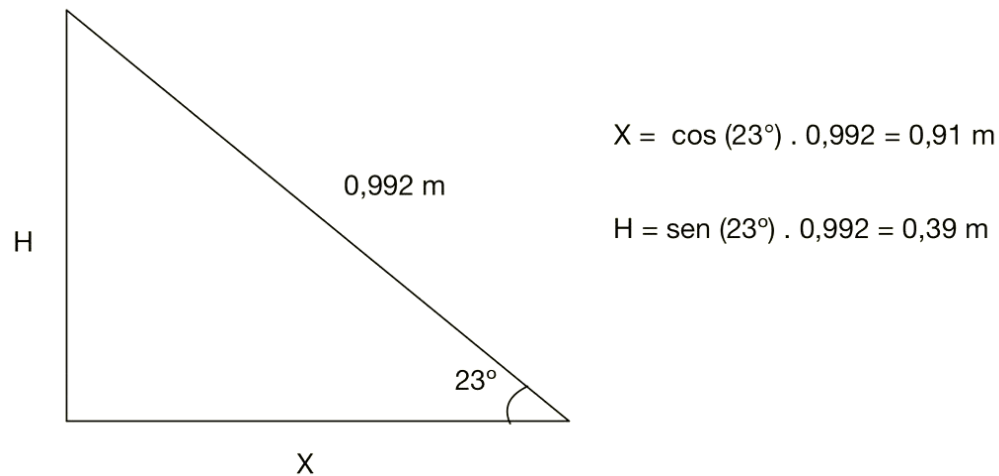


Figura 38: Cálculo de las distancias entre los módulos.

A continuación, determinaremos la separación necesaria para colocar los módulos fotovoltaicos, siguiendo las especificaciones establecidas en el pliego de condiciones de la IDAE. Aplicaremos la Ecuación 16:

$$d = H \cdot K = H \cdot \frac{1}{\tan(61 - \text{latitud})} \quad [\text{Ecu. 16}]$$

Resolviendo:

$$d = \frac{0,39}{\tan(61 - 28)} = 0,6 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima entre cada panel deberá ser de $0,6 \text{ m}$ para no ocasionar sobra en los demás paneles. Como hemos comentado anteriormente, esto ocurre en la superficie 1, donde se divide en 2 filas. La primera con 5 módulos y la segunda con 1 único módulo.

En las superficies norte y sur se tiene una única fila de 4 paneles y en la superficie este se tienen colocados 4 módulos con una distribución distinta a las demás debida a la chimenea de la casa. Por lo tanto los módulos fotovoltaicos hacen una suma de total de 18 paneles en la instalación fotovoltaica residencial.

La potencia nominal de los módulos es de 300 W . Por lo que la potencia de los paneles solares que están en las superficies de norte, sur y este, es decir, las superficies que contiene 4 módulos instalaremos $1,2 \text{ kW}$. Y en la superficies de 6 módulos, es decir, la que se encuentra en el oeste con 6

módulos, la potencia será de 1,8 kW. En la Tabla V se recogen los datos obtenidos del número de módulos y las potencias asociadas.

Superficie	Norte	Sur	Este	Oeste
Nº Módulos	4	4	4	6
Potencia (kW)	1,2	1,2	1,2	1,8

Tabla V: Número de módulos y potencia asociada.

2.2.3. Producción y Consumo Energética Diario y Anual

En este apartado, procedemos a realizar el balance anual de la producción energética obtenida mediante la instalación fotovoltaica.

Para ello, utilizaremos los datos meteorológicos provenientes de la base de datos pública del Cabildo de La Palma y PVGIS 5.2 para determinar la radiación solar que incide sobre nuestra instalación. Estos datos están expresados en Wh/m² y los normalizamos en relación a 1000 W/m². De esta manera, la unidad de radiación solar se referirá directamente a las horas solares durante las cuales los módulos funcionan a su potencia nominal.

A partir de esto, calcularemos la producción energética mensual multiplicando la radiación solar por la potencia nominal de nuestros paneles.

Siguiendo este proceso, obtendremos los resultados mensuales de radiación que se presentan a continuación.

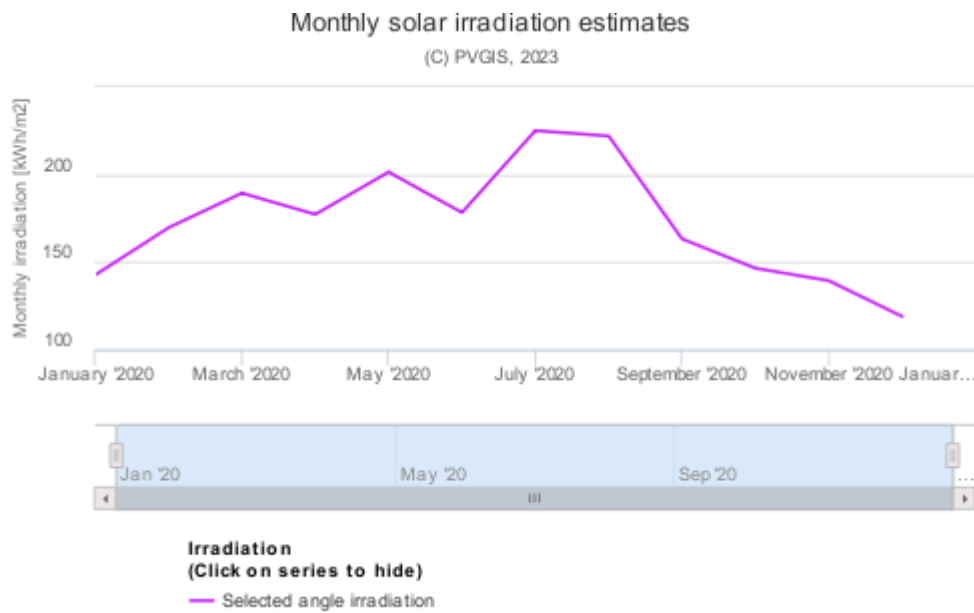


Figura 39: Estimaciones mensuales de irradiación solar.

	kWh/m ²	W/m ²
Enero	142,56	4,60
Febrero	169,6	6,05
Marzo	189,77	6,11
Abril	177,22	5,91
Mayo	201,39	6,71
Junio	178,24	5,94
Julio	225,06	7,26
Agosto	221,96	7,40
Septiembre	163,2	5,44
Octubre	146,45	4,68
Noviembre	139,35	4,65
Diciembre	118,91	3,96

Tabla VI: Estimaciones mensuales de irradiación solar durante el año.

Tanto en la gráfica de la Figura 39 como en la tabla VI, se observa claramente que los meses de Julio y Agosto presentan los niveles más altos de radiación solar, lo cual se traduce en un mayor

número de horas efectivas de luz solar. Por otro lado, se puede apreciar que el mes de Diciembre muestra los niveles más bajos de radiación solar. Estos resultados son coherentes con las estaciones del año, ya que los meses de mayor radiación solar coinciden con el verano, mientras que el mes con menor radiación solar corresponde al invierno.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

ANEXOS 3: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

ÍNDICE DE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Anexo 3: Estudio de seguridad y Salud.....	3
2.3. Estudio de seguridad y Salud.....	3
2.3.1. Objeto.....	3
2.3.2. Normas de seguridad y Salud aplicables a la obra.....	3
2.3.3. Descripción de las obras.....	4
2.3.4. Definición de los registros y las Medidas de Prevención y Protección.....	4
2.3.5. Medidas de los Riesgos y las Medidas de Prevención y Protección.....	13

2.3. Estudio de seguridad y Salud

2.3.1. Objeto

El propósito de este estudio es establecer una serie de pautas para que los trabajadores puedan desempeñar sus funciones con total seguridad y salvaguardar su salud. Este plan de seguridad y salud se regirá por el RD 486/1997, de 14 de abril, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Los objetivos que se pretenden abordar en este plan son los siguientes:

- Identificar los posibles tipos de riesgos y proponer soluciones de mejora.
- Prevenir cualquier posibilidad de riesgo durante el proceso de instalación.
- Sustituir cualquier elemento que represente peligro por aquellos que supongan poco o ningún riesgo.
- Aplicar medidas de seguridad adecuadas.
- Definir las protecciones individuales y colectivas en función del tipo de riesgo al que se esté expuesto.
- Proporcionar a los trabajadores toda la información necesaria para cumplir con las normativas establecidas.
- Familiarizarse con los aspectos más importantes de las medidas de emergencia.
- Saber cómo realizar de manera segura los primeros auxilios en caso de accidente.

2.3.2. Normas de seguridad y Salud aplicables a la obra

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

2.3.3. Descripción de las obras

El proyecto implica la instalación de paneles fotovoltaicos en el tejado de la vivienda, tal como se muestra en los planos. El proceso incluirá el transporte de materiales a la zona de instalación, seguido de la colocación de los paneles en sus respectivos soportes y su conexión. También será necesario realizar la conexión de las protecciones eléctricas en los cuadros generales de protección, y finalmente, la conexión de los inversores a la red eléctrica.

Es importante destacar que gran parte de los trabajos se llevarán a cabo en alturas elevadas, por lo que se deben adoptar las medidas de seguridad necesarias, así como de abordar todas las precauciones relacionadas con el peligro eléctrico.

2.3.4. Definición de los registros y las Medidas de Prevención y Protección

Los riesgos se han clasificado en distintas secciones en función del trabajo que se va a realizar, teniendo en cuenta los riesgos más frecuentes y las medidas preventivas.

1) Trabajos en altura.

Riesgos más frecuentes:

- Exposición a radiaciones
- Contactos con aparatos eléctricos
- Exposición a contaminantes químicos o biológicos
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos mientras se están manipulando
- Pisadas sobre objetos
- Choques, golpes contra objetos inmóviles o móviles
- Golpes y cortes por objetos y herramientas
- Caída de fragmentos y partículas
- Verse atrapado o aplastado por o entre objetos o vuelco de máquinas o vehículos
- Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos
- Exposición a temperaturas ambientales adversas
- Contactos térmicos en operaciones de soldadura

Medidas preventivas:

- Cinturones de seguridad o arnés
- Si se desplazan horizontalmente, dispondrán de una tira de seguridad sólidamente amarrada a dos puntos fijos, atando los cinturones a esta tira.
- Casco de seguridad

- Calzado con suela antideslizante
- Portaherramientas para evitar caídas al vacío de las mismas, así como mochilas o bolsas para transportar esas herramientas en la altura
- Cuidar el calzado (limpio de grasa o cualquier otro producto que pueda resbalar)
- La longitud de la escalera debe ser suficiente para que en todo momento el trabajador pueda apoyar las manos y los pies

2) Cubiertas planas, inclinadas, material ligero.

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío. - Caída de objetos sobre operarios.
- Caídas de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Lesiones y/o cortes en manos y pies.
- Sobreesfuerzos.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Vibraciones.
- Ambiente pulvígeno.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Dermatitis por contacto de cemento y cal.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Trabajo en zonas húmedas o mojadas.
- Derivados de medios auxiliares usados.
- Quemaduras en impermeabilizaciones.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados de almacenamiento inadecuado de productos combustible.

Medidas preventivas:

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Mallamos.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasas resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
- Plataformas de descarga de material.
- Evacuación de escombros.
- Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.
- Habilitar caminos de circulación.
- Andamios adecuados.

Equipos de Protecciones individuales (EPIS):

- Casco de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Guantes de lona y piel.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Mascarillas con filtro mecánico.
- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad.
- Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización.
- Ropa adecuada de trabajo.

3) Albañilería y cerramientos.

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Caídas de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos, aplastamientos en medios de elevación y transporte.
- Lesiones y/o cortes en extremidades superiores e inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Vibraciones.
- Ambiente pulvígeno.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Dermatitis por contacto de cemento y cal.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Derivados medios auxiliares usados.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.

Medidas preventivas:

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Mallazos.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasas resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Plataformas de descarga de material.

- Evacuación de escombros.
- Iluminación natural o artificial adecuada.
- Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.
- Andamios adecuados.

Equipos de Protecciones individuales (EPIS):

- Casco de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Guantes de lona y piel.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Mascarillas con filtro mecánico.
- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa adecuada de trabajo

4) Terminaciones (alicatados, enfoscados, enlucidos, falsos techos, solados, pinturas, carpintería, cerrajería, vidriería).

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Atropellos, colisiones, alcances, vuelcos de camiones.
- Lesiones y/o cortes en extremidades superiores e inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido, contaminación acústica.
- Vibraciones.
- Ambiente pulvígeno.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Ambientes pobres en oxígeno.
- Inhalación de vapores y gases.
- Trabajo en zonas húmedas o mojadas.
- Explosiones e incendios.
- Derivados de medios auxiliares usados.
- Radiaciones y derivados de soldadura.
- Quemaduras.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados del almacenamiento inadecuado de productos combustibles.
- Dermatitis por contacto cemento y cal.

Medidas preventivas:

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Mallazos.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Plataformas de descarga de material.
- Evacuación de escombros.
- Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.
- Andamios adecuados.

Equipos de Protecciones individuales (EPIS):

- Casco de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Botas de seguridad impermeables.
- Guantes de lona y piel.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa adecuada de trabajo.
- Pantalla de soldador.

5) Instalaciones (electricidad, fontanería, gas, aire acondicionado, calefacción, ascensores, antenas, pararrayos).

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Lesiones y/o cortes en extremidades superiores e inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido, contaminación acústica.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Afecciones en la piel.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Ambientes pobres en oxígeno.
- Inhalación de vapores y gases.
- Trabajo en zonas húmedas o mojadas.

- Explosiones e incendios.
- Derivados de medios auxiliares usados.
- Radiaciones y derivados de soldadura.
- Quemaduras.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados del almacenamiento inadecuado de productos combustibles.

Medidas preventivas:

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Mallazos.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Plataformas de descarga de material.
- Evacuación de escombros.
- Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.
- Andamios adecuados.

Equipos de Protecciones individuales (EPIS):

- Casco de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Botas de seguridad impermeables.
- Guantes de lona y piel.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa adecuada de trabajo.
- Pantalla de soldador.

6) Trabajos posteriores.

Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo nivel en suelos.
- Caídas de altura por huecos horizontales.
- Caídas por huecos en cerramientos.
- Caídas por resbalones.
- Reacciones químicas por productos de limpieza y líquidos de maquinaria.
- Contactos eléctricos por accionamiento inadvertido y modificación o deterioro de sistemas eléctricos.
- Explosión de combustibles mal almacenados.

- Fuego por combustibles, modificación de elementos de instalación eléctrica o por acumulación de desechos peligrosos.
- Impacto de elementos de la maquinaria, por desprendimientos de elementos constructivos, por deslizamiento de objetos, por roturas debidas a la presión del viento, por roturas por exceso de carga.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Toxicidad de productos empleados en la reparación o almacenados en el edificio.
- Vibraciones de origen interno y externo.
- Contaminación por ruido.

Medidas preventivas:

- Andamiajes, escalerillas y demás dispositivos provisionales adecuados y seguros.
- Anclajes de cinturones fijados a la pared para la limpieza de ventanas no accesibles.
- Anclajes de cinturones para reparación de tejados y cubiertas.
- Anclajes para poleas para izado de muebles en mudanzas.

Equipos de Protecciones individuales (EPIS):

- Casco de seguridad. - Ropa de trabajo.
- Cinturones de seguridad y cables de longitud y resistencia adecuada para limpiadores de ventanas.
- Cinturones de seguridad y resistencia adecuada para reparar tejados y cubiertas inclinadas.

Adicionalmente, en el lugar de trabajo se contará con un botiquín equipado para brindar primeros auxilios en caso de accidentes, y estará a cargo de una persona debidamente capacitada por la empresa constructora.

7) Obligaciones del promotor.

Previo al inicio de los trabajos, el promotor designará a un Coordinador de Seguridad y Salud en caso de que en la ejecución de las obras participen múltiples empresas, una empresa y trabajadores autónomos, o diferentes trabajadores autónomos.

La designación del Coordinador de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

8) Coordinador en materia de Seguridad y Salud.

Es posible que la misma persona sea designada como Coordinador tanto en la etapa de elaboración del proyecto como durante la ejecución de la obra.

Aunque, cuando no sea necesaria la designación de un Coordinador, las funciones mencionadas serán asumidas por la Dirección Facultativa.

El Coordinador en materia de seguridad y salud tiene la responsabilidad de coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad. Sus funciones durante la ejecución de la obra incluyen:

- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y el personal involucrado apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva establecidos en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, especialmente en las actividades mencionadas en el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en caso necesario, las modificaciones realizadas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control para asegurar la correcta aplicación de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para restringir el acceso a la obra solo a las personas autorizadas.

9) Plan de Seguridad y Salud en el trabajo.

En cumplimiento del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista será responsable de elaborar un Plan de Seguridad y Salud antes del inicio de la obra. Este plan analizará, estudiará, desarrollará y complementará las previsiones establecidas en el Estudio Básico, teniendo en cuenta el propio sistema de ejecución de obra del contratista. En caso de que se propongan medidas alternativas de prevención que no disminuyan los niveles de protección previstos en el Estudio Básico, se incluirán en el Plan con la correspondiente justificación técnica.

Antes del inicio de la obra, el Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. El contratista podrá realizar modificaciones en el Plan según el progreso de la obra, la evolución de los trabajos y posibles incidencias o modificaciones que surjan a lo largo del proceso, siempre con la aprobación expresa del Coordinador. En caso de que no sea necesario designar un Coordinador, las funciones atribuidas a éste serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Todas las personas y órganos involucrados en la ejecución de la obra, así como los responsables de prevención en las empresas participantes y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito sugerencias y alternativas fundamentadas que consideren oportunas. El Plan estará disponible en la obra para la Dirección Facultativa.

10) Obligaciones de contratistas y subcontratistas.

Consiste en aplicar de manera efectiva los principios de acción preventiva establecidos en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
- El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.

- La recogida de materiales peligrosos utilizados.
- La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.
- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiera a seguridad y salud.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Los responsables de la correcta ejecución de las medidas preventivas establecidas en el Plan, así como de cumplir con las obligaciones correspondientes directamente o en el caso de trabajadores autónomos contratados por ellos, serán solidariamente responsables de las consecuencias derivadas del incumplimiento de las medidas establecidas en el Plan.

Es importante destacar que las responsabilidades del Coordinador, la Dirección Facultativa y el Promotor no eximen de responsabilidad a los contratistas y subcontratistas. Todos ellos son responsables de cumplir con las medidas preventivas y responder de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de dichas medidas.

11) Obligaciones de los trabajadores autónomos.

Los trabajadores autónomos tienen la responsabilidad de cumplir con las siguientes obligaciones:

- Aplicar de manera rigurosa los principios de acción preventiva establecidos en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, prestando especial atención a:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.
- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1.997.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1.997.

12) Paralización de los trabajos.

En caso de que el Coordinador, durante la ejecución de las obras, detecte el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, deberá advertir al contratista y dejar constancia de dicho incumplimiento en el Libro de Incidencias. Además, el Coordinador tiene la facultad de, en situaciones de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, ordenar la paralización de los trabajos o, en su caso, de toda la obra.

El Coordinador deberá informar de esta situación a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente a la provincia donde se esté llevando a cabo la obra. Asimismo, notificará al contratista, así como a los subcontratistas y/o trabajadores autónomos afectados, sobre la paralización de los trabajos y también informará a los representantes de los trabajadores.

13) Derecho de los trabajadores.

Los contratistas y subcontratistas tienen la responsabilidad de asegurarse de que los trabajadores reciban información adecuada y comprensible sobre todas las medidas que deben adoptarse en relación a su seguridad y salud en la obra.

Asimismo, el contratista proporcionará a los representantes de los trabajadores en el lugar de trabajo una copia del Plan de Seguridad y Salud, así como de cualquier modificación posterior del mismo, para su conocimiento y seguimiento.

14) Disposiciones mínimas de seguridad y salud que se deben aplicar en las obras.

Las obligaciones establecidas en las tres secciones del Anexo IV del Real Decreto 1627/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, serán aplicables siempre que las características de la obra o actividad, las circunstancias o cualquier riesgo lo requieran.

2.3.5. Medidas de los Riesgos y las Medidas de Prevención y Protección

En una instalación fotovoltaica, es importante considerar diversos riesgos. Como mencionamos anteriormente, los módulos fotovoltaicos se colocan en alturas, generalmente en techos, para captar la máxima cantidad de luz solar y evitar sombras en los paneles.

Además, en este tipo de instalación se manejan corrientes eléctricas de baja tensión y se utilizan sustancias químicas peligrosas presentes en los componentes fotovoltaicos.

También es relevante mencionar que en estos proyectos se lleva a cabo una obra civil en la que se manipulan herramientas de montaje, maquinaria pesada y medios de transporte. El uso y manipulación de este tipo de maquinaria también representa un riesgo para los trabajadores.

Por tanto, resulta fundamental adoptar diversas medidas para mitigar al máximo los riesgos mencionados. Entre las medidas más efectivas se encuentra el uso de señalización, la cual debe ser claramente visible, estar en buen estado y adaptarse a las necesidades específicas de cada operación llevada a cabo en cada momento. Esta señalización puede ser permanente o temporal, según las actividades que se estén realizando.

A continuación, presentamos ejemplos de las diferentes señalizaciones en la Figura 40, que se pueden encontrar:



Figura 40: Señalizaciones de advertencia, prohibiciones y obligación.

Además, existen otros elementos de seguridad de vital importancia, como los equipos de protección individual (EPI). Estos equipos se utilizan cuando existen riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no pueden ser evitados o limitados mediante medios técnicos de protección colectiva o medidas de organización del trabajo.

Los equipos de protección individual (EPI) deben cumplir con las siguientes condiciones:

1. Ser adecuados a las condiciones del lugar de trabajo.
2. Tomar en cuenta las características anatómicas y fisiológicas de los trabajadores (estado de salud).
3. Ser adecuados para la persona que los utiliza, una vez ajustados correctamente.
4. Los EPI deben ser compatibles entre sí cuando se utilizan simultáneamente para diferentes propósitos.

Es importante destacar que los EPI son suministrados por el empleador y para una selección adecuada de los mismos, se debe realizar encuestas sobre su uso a los usuarios, quienes podrán determinar su utilidad y eficacia.

Para la evaluación de riesgos en las instalaciones fotovoltaicas, los riesgos eléctricos se dividen en:

- Descargas eléctricas, incluyendo arco eléctrico.
- Contactos directos con elementos energizados.
- Contactos indirectos a través de elementos conductores.
- Riesgos asociados a instalaciones eléctricas defectuosas o inadecuadas.
- Peligro de incendio o explosión por fallos eléctricos.

En una instalación eléctrica, los elementos que representan riesgo eléctrico incluyen los cuadros de maniobra, las estructuras, los transformadores, la iluminación fija o portátil, las conexiones, los postes, entre otros. Para prevenir y evitar los riesgos eléctricos, se deben seguir las siguientes medidas de seguridad, también conocidas como las "5 reglas de oro":

1. Desconectar la instalación: Antes de realizar cualquier intervención, es necesario asegurarse de que la instalación esté completamente desconectada de la fuente de energía eléctrica.
2. Prevenir la realimentación: Tomar las precauciones necesarias para evitar que la energía eléctrica sea realimentada a la instalación mientras se está trabajando en ella.
3. Verificar la ausencia de tensión: Antes de iniciar cualquier trabajo en componentes eléctricos, se debe comprobar que no haya tensión presente utilizando los equipos y procedimientos adecuados.
4. Poner a tierra y en cortocircuito: Cuando sea necesario trabajar en componentes eléctricos, se deben tomar medidas para poner a tierra y en cortocircuito los elementos que puedan presentar riesgo de energización.
5. Delimitar la zona de trabajo y proteger frente a elementos próximos en tensión: Es importante señalar y delimitar la zona de trabajo adecuadamente, además de utilizar equipos de protección personal y colectiva para protegerse de los elementos próximos en tensión.

Estas medidas de seguridad son fundamentales para evitar accidentes y proteger la integridad de los trabajadores en entornos eléctricos.

Al concluir el trabajo, es importante restablecer la tensión de la instalación eléctrica. Para ello, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Retirar las protecciones adicionales: Se procede a retirar las protecciones adicionales que se hayan colocado durante la realización del trabajo, asegurándose de hacerlo de manera segura y siguiendo los procedimientos establecidos.
2. Retirar la señalización: Se retiran los elementos de señalización que se hayan colocado para indicar que se estaba trabajando en el circuito o equipo eléctrico. Esto incluye la retirada de cintas, letreros u otros elementos utilizados para delimitar la zona de trabajo.
3. Desbloquear los dispositivos de corte: Si se han utilizado dispositivos de corte, como interruptores o seccionadores, que hayan sido bloqueados durante el trabajo, se procede a desbloquearlos siguiendo los protocolos de seguridad establecidos.
4. Cerrar el circuito: Finalmente, se cierra el circuito para restablecer la tensión en la instalación eléctrica. Esto se realiza asegurándose de seguir los procedimientos adecuados y verificar que no haya situaciones de riesgo presentes.

Es fundamental realizar estos pasos con precaución y siguiendo las normas de seguridad establecidas para evitar cualquier incidente durante la restauración de la tensión eléctrica.

Además, existen riesgos derivados del uso de herramientas manuales y eléctricas.

Riesgos derivados del uso de herramientas manuales eléctricas.

Causas de accidentes:

- Conductores con aislamiento gastado o puntos desnudos.
- Tirar del cable para desconectar la herramienta.
- Conexiones sueltas o húmedas.
- Cables que se enrollan en el cuerpo.
- Mal aislamiento de cubiertas metálicas.

Riesgos derivados del uso de herramientas manuales.

Causas de accidentes:

- Golpes
- Cortes
- Lesiones oculares

Medidas de seguridad:

- Respetar la función de la herramienta: Es fundamental utilizar la herramienta para el propósito para el cual fue diseñada. El uso indebido de la herramienta puede provocar lesiones graves.
- Programas de inspección y mantenimiento continuo: Se deben establecer programas de inspección y mantenimiento regular de las herramientas para garantizar su buen estado de funcionamiento y detectar cualquier problema o desgaste.
- Planes de recambio de herramienta: Para evitar el mal funcionamiento debido al deterioro de las herramientas, se deben establecer planes de recambio periódico, reemplazando aquellas herramientas que ya no cumplan con los estándares de seguridad o que presenten signos de desgaste significativo.
- Almacenamiento adecuado de las herramientas: Algunas herramientas pueden deteriorarse si se exponen al sol o al agua de forma prolongada. Por lo tanto, es importante almacenar las herramientas en un lugar adecuado, protegido de la humedad y de la radiación solar directa, para evitar posibles daños.
- Capacitación para el uso y conservación de herramientas: Es esencial proporcionar capacitación adecuada a los trabajadores sobre el uso correcto y seguro de las herramientas, así como sobre las prácticas de conservación y mantenimiento adecuadas. Esto garantizará que los trabajadores estén preparados para utilizar las herramientas de manera segura y prolongar su vida útil.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

ANEXOS 4: HOJA DE DATOS DE LOS ELEMENTOS EMPLEADOS

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

ÍNDICE DE HOJA DE DATOS DE LOS ELEMENTOS EMPLEADOS

Anexo 4: Estudio de seguridad y Salud.....	2
2.4. Hoja de datos de los Elementos Empleados.....	2
2.4.1. Módulos Fotovoltaicos.....	3
2.4.2. Inversor.....	5
2.4.3. Interruptor Diferencial.....	9
2.4.4. Interruptor Magnetotérmico.....	12
2.4.5. Limitador de Sobretensiones.....	15
2.4.6. Contador de Autoconsumo.....	18

300 W – 320 W Poly-crystalline Solar Module



- Plus power tolerance to +3% to ensure the high reliability of power output
- PV glass design improves oblique irradiance performance and enhances module yield in low-light and medium-angle-light condition
- Junction box and by-pass diodes guarantee the modules free of overheating and “hot spot effect”
- 100% EL test before and after lamination, providing higher quality assurance
- Easy installation and minimal maintenance with compatibility to industry standard inverters and mounting systems
- Modules certified by TÜV to withstand high level of wind and snow loads (2400 Pa / 5400 Pa), hailstone impact (25 mm at 23 m/s), atmospheric impact (Salt-mist corrosion Test, Ammonia Resistance Test), potential induced degradation (PID) test and Carbon footprint assessment
- Special PV Module Insurances by world leading insurance company guarantees the benefit to PV investors and PV module users

Certificates



Warranty

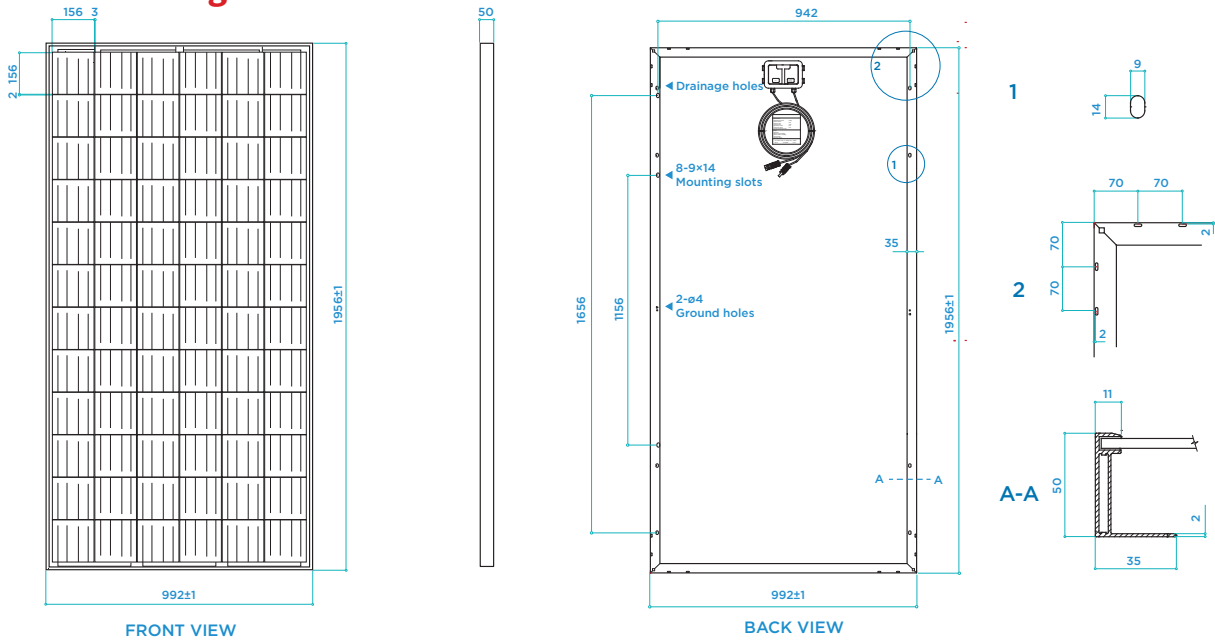
10 Years: Manufacturing Warranty

12 Years Warranty: 90% Power Output

25 Years Warranty: 80% Power Output

Solar cell type	Poly-crystalline 156 × 156 mm
Dimensions	1956 × 992 × 50 mm
Weight	23.20 kg
Glass	Anti-reflective coated, high transmission, low iron, tempered
Glass thickness	3.2 mm
Encapsulation	EVA (ethylene vinyl acetate)
Back side	White
Frame	Anodized aluminum alloy
No of draining holes in frame	16
Type of connector	MC4 compatible
Junction box (Protection degree)	IP 67
Cable type (Cross-sectional area / length)	4 mm ² / 900 ± 5 mm

Technical Drawings

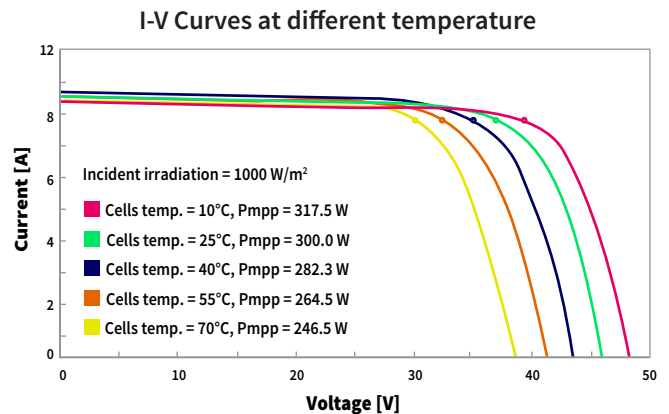
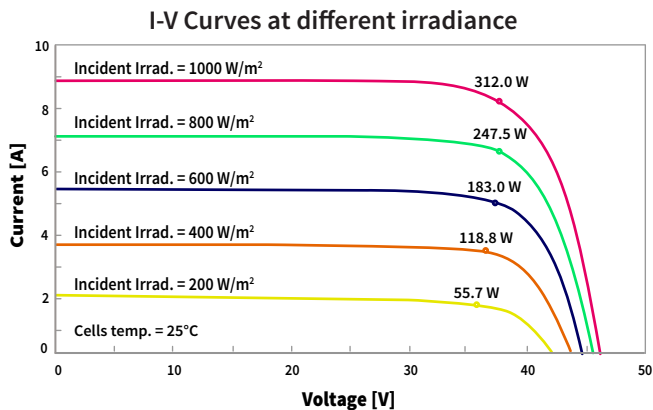


Electrical Characteristics

SOLAR CELLS	POLY-CRYSTALLINE 156 × 156 MM 72 PCS. (6×12) – 4 BUS BARS				
Maximum Power (Pmax)	300 Wp	305 Wp	310 Wp	315 Wp	320 Wp
Voltage at Pmax (Vmp)	37.23 V	37.24 V	37.32 V	37.46 V	37.62 V
Current at Pmax (Imp)	8.06 A	8.19 A	8.31 A	8.41 A	8.51 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	44.71 V	44.72 V	44.76 V	44.82 V	44.84 V
Short-Circuit Current (Isc)	8.947 A	9.094 A	9.234 A	9.371 A	9.515 A
Maximum System Voltage (V DC)	1000 V (iec), 600 V (UL)				
Cell Efficiency	17.46 %	17.75 %	18.05 %	18.34 %	18.63 %
Module Efficiency	15.46 %	15.72 %	15.98 %	16.23 %	16.49 %
Number of By-pass Diodes	6				
Maximum Series Fuse	15 A				
Temperature Coefficient of Pmax	- 0.45 % / °C				
Temperature Coefficient of Voc	- 0.34 % / °C				
Temperature Coefficient of Isc	- 0.05 % / °C				
Nominal Operating Cell Temperature	47 ± 2 °C				

Test Parameters

Dielectric Insulation Voltage	6,000 V DC max	Operating Temperature	-40 °C to 85 °C
-------------------------------	----------------	-----------------------	-----------------



SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0 con SMA SMART CONNECTED



SB3.0-1AV-41 / SB3.6-1AV-41 / SB4.0-1AV-41 / SB5.0-1AV-41 / SB6.0-1AV-41



Servicio inteligente con SMA Smart Connected

Compacto

- Montaje por parte de una sola persona gracias al bajo peso de 17,5 kg
- Mínima necesidad de espacio gracias al diseño compacto

Cómodo

- Instalación 100 % plug & play
- Monitorización en línea gratuita por medio de Sunny Places
- Servicio automatizado mediante SMA Smart Connected

De gran rendimiento

- Aprovechamiento de la energía sobrante por la limitación de la potencia activa dinámica
- Gestión de sombras mediante OptiTrac™ Global Peak o la comunicación TS4-R integrada

Combinable

- Ampliable en cualquier momento con gestión inteligente de la energía y soluciones de almacenamiento
- Combinable con componentes TS4-R para la optimización de módulos

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Mayor rendimiento para los hogares particulares: generación inteligente de la energía solar

El nuevo Sunny Boy 3.0-6.0 garantiza máximos rendimientos energéticos para los hogares particulares. Este combina el servicio integrado SMA Smart Connected con una tecnología inteligente para cualquier requisito del entorno. El equipo es fácil de instalar gracias a su diseño extremadamente sencillo. Mediante la interfaz web integrada, el Sunny Boy puede ponerse rápidamente en funcionamiento a través del teléfono inteligente o la tableta. Y para los requisitos especiales en el techo, en caso de p. ej. sombra pueden añadirse fácilmente y de forma precisa los optimizadores de módulos TS4-R. Los estándares de comunicación actuales hacen que el inversor pueda ampliarse con seguridad para el futuro y de forma flexible en cualquier momento con la gestión inteligente de la energía y las soluciones de almacenamiento de SMA.

SMA SMART CONNECTED

Servicio técnico integrado para un confort absoluto

SMA Smart Connected* es la monitorización gratuita del inversor a través de Sunny Portal de SMA. Si se produce un error en un inversor, SMA informa de manera proactiva al operador de la planta y al instalador. Esto ahorrará valiosas horas de trabajo y costes.

Con SMA Smart Connected el instalador se beneficia del diagnóstico rápido de SMA, lo que le permite solucionar los errores con rapidez y ganarse la simpatía del cliente con atractivas prestaciones adicionales.



ACTIVACIÓN DE SMA SMART CONNECTED

El instalador activa SMA Smart Connected durante el registro de la planta en Sunny Portal y de este modo se beneficia de la monitorización automática de inversores por parte de SMA.



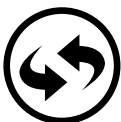
MONITORIZACIÓN AUTOMÁTICA DE INVERSORES

Con SMA Smart Connected, SMA se hace cargo de la monitorización de los inversores. SMA supervisa cada uno de los inversores de forma automática y permanente para detectar anomalías en el funcionamiento. De este modo, los clientes se benefician de la vasta experiencia de SMA.



COMUNICACIÓN PROACTIVA EN CASO DE ERRORES

Tras el diagnóstico y el análisis de un error, SMA informa de inmediato al instalador y al cliente final por correo electrónico. Así todas las partes están perfectamente preparadas para corregir el error. Esto minimiza el tiempo de parada y, en consecuencia, ahorra tiempo y dinero. Gracias a los informes regulares sobre el rendimiento se obtienen valiosas conclusiones adicionales acerca del sistema completo.



SERVICIO DE RECAMBIO

En caso de requerirse un equipo de recambio, SMA suministra automáticamente un nuevo inversor en el plazo de 1 a 3 días tras diagnosticarse el error. El instalador puede dirigirse de forma activa al operador de la planta para la sustitución del inversor.

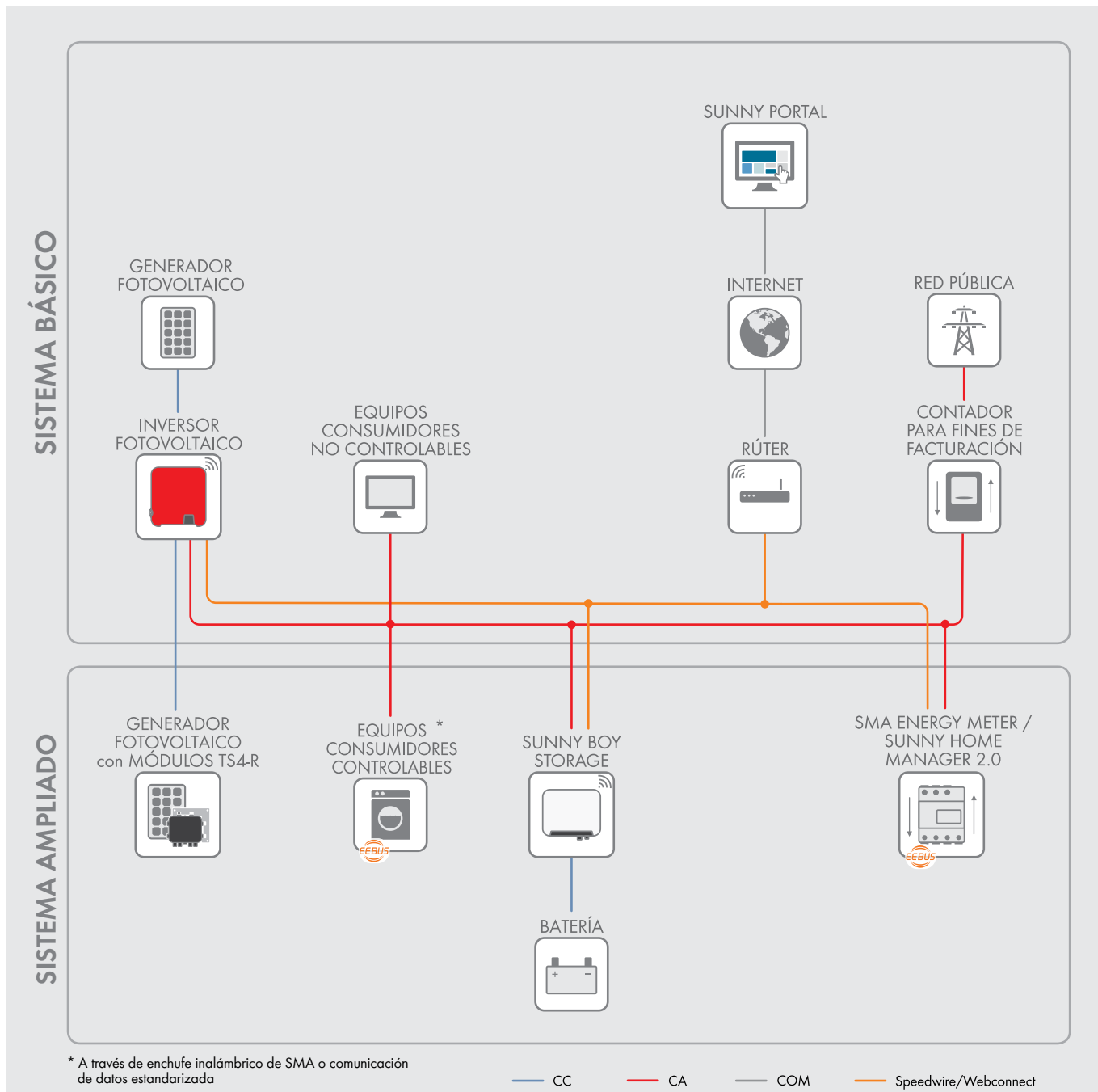


SERVICIO DE RENDIMIENTO

El operador de la planta puede exigir un pago compensatorio de parte de SMA si el inversor de recambio no se entrega dentro del plazo de 3 días.

* Para más detalles, véase el documento "Descripción de los servicios: SMA SMART CONNECTED"

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Entrada (CC)					
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V				
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V	De 175 V a 500 V	De 210 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V				
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/125 V				
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	15 A/15 A				
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A/15 A				
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	2/A:2; B:2				
Salida (CA)					
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	220 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V				
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz				
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V				
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26,1 A
Factor de potencia a potencia asignada	1				
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo				
Fases de inyección/conexión	1/1				
Rendimiento					
Rendimiento máx./europeo Rendimiento	97,0%/96,4%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,6%
Dispositivos de protección					
Punto de desconexión en el lado de entrada	●				
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●				
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -				
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●				
Clase de protección (según IEC 61140)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III				
Datos generales					
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	435 mm/470 mm/176 mm (17,1 in/18,5 in/6,9 in)				
Peso	17,5 kg (38,5 lb)				
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)				
Emisión sonora, típica	25 dB(A)				
Autoconsumo (nocturno)	5,0 W				
Topología	Sin transformador				
Sistema de refrigeración	Convección				
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65				
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H				
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %				
Equipamiento					
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Conector de enchufe de CA				
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil	●				
Interfaces: WLAN, Speedwire/Webconnect	● / ● / ●				
Protocolos de comunicación	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4-R				
Gestión de las sombras: OptiTrac Global Peak	● / ○				
Garantía: 5/10/15 años	● / ○ / ○				
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777.2, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438, G59/3-4, G83/2-1, DIN EN 62109 / IEC 62109, NEN-EN50438, IEC-EN50438, NT_Ley20.571, ÖVE/ÖNORM E 8001-4-712 & TOR D4, PPDS, PPC, RD1699, TR3.2.1, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1, VFR 2014				
Certificados y autorizaciones (en planificación)	DEWA, IEC 61727, IEC 62116, MEA, NBR16149, PEA, SI4777, TR3.2.2				
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK				
<p>● Equipamiento de serie ○ Opcional – No disponible Datos en condiciones nominales: 02/2019</p> <p>1) 4600 W/4600 VA para VDE-AR-N 4105 2) AS 4777: 21,7 A</p>					
Modelo comercial	SB3.0-1AV-41	SB3.6-1AV-41	SB4.0-1AV-41	SB5.0-1AV-41	SB6.0-1AV-41



Funciones del SISTEMA BÁSICO

- Puesta en marcha sencilla gracias a la interfaz WLAN y Speedwire integrada
- Transparencia máxima gracias a la visualización en Sunny Portal/Sunny Places
- Seguridad de la inversión por medio de SMA Smart Connected
- Modbus como interfaz de tercero

Funciones del SISTEMA AMPLIADO

- Funciones del sistema básico
- Reducción del consumo de la red y aumento del autoconsumo mediante el uso de energía fotovoltaica almacenada provisionalmente
- Máxima utilización de la energía con una carga basada en la previsión
- Autoconsumo ampliado gracias a una gestión de la carga inteligente
- Rendimiento máximo de la planta gracias a la tecnología de módulos inteligentes

Con SMA Energy Meter

- Rendimiento máximo de la planta gracias a la limitación dinámica de la inyección a red entre el 0 % y el 100 %
- Visualización de los consumos energéticos

Hoja de características del producto

Especificaciones



Interruptor magnetotérmico; Acti9 iK60N; 3P+N; 25 A; curva C; 6000 A

A9K24725

Principal

Función	Para corriente > 0,1 A
Gama	Acti9
Nombre del producto	Acti 9 iKQ
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
NOmbre abreviado del equipo	iK60N
Número de polos	3P + N
Número de polos protegidos	3
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	25 A en 30 °C
Tipo de red	AC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1
Poder de seccionamiento	Sí acorde a EN/IEC 60898-1
Normas	EN/IEC 60898-1
Certificaciones de producto	Aenor

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A 100 % acorde a EN/IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
Clase de limitación	3 acorde a EN/IEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	440 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV acorde a EN/IEC 60898-1
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación de encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip

SopORTE de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	8
Altura	85 mm
Anchura	72 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	400 g
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm ² rígido Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm ² flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Sin

Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	2 acorde a EN/IEC 60898-1
Categoría de sobretensión	III
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	7,2 cm
Paquete 1 Ancho	7,3 cm
Paquete 1 Longitud	9,2 cm
Paquete 1 Peso	406 g
Tipo de unidad de paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	3
Paquete 2 Altura	8,8 cm
Paquete 2 Ancho	9,8 cm
Paquete 2 Longitud	21,8 cm
Paquete 2 Peso	1,274 kg
Tipo de unidad de paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	33
Paquete 3 Altura	30 cm
Paquete 3 Ancho	30 cm

Paquete 3 Longitud	40 cm
Paquete 3 Peso	14,501 kg

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Sustituciones recomendadas

Hoja de características del producto

Especificaciones



Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 2P; 10 A; curva C; 66000 A/10 kA

A9F79210

Principal

Función	Para corriente > 0,1 A
Gama	Acti9
Nombre del producto	Acti 9 iC60 RCBO
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre abreviado del equipo	iC60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
[In] Corriente nominal	10 A
Tipo de red	AC Corriente continua
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en <= 125 V corriente continua acorde a Icu 10 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 36 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu
Categoría de empleo	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En > 50 A
Poder de seccionamiento	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a HB1 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a En > 50 A
Normas	HB1 EN 60898-1 En > 50 A IEC 60898-1

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a En > 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a En > 50 A - 12...133 V AC 50/60 Hz

27 kA 75 % acorde a HB1 - 12...133 V AC 50/60 Hz
 6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
 6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
 10 kA 100 % acorde a En> 50 A - 72...125 V corriente continua
 10 kA 100 % acorde a HB1 - 72...125 V corriente continua

Clase de limitación	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	Arriba o abajo, estado 1 Sí
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Conexiones - terminales	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm ² rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm ² flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
Grado de contaminación	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
------------------------------------	-----

Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	3,6 cm
Paquete 1 Ancho	7,5 cm
Paquete 1 Longitud	9,5 cm
Paquete 1 Peso	214,0 g
Tipo de unidad de paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Paquete 2 Altura	8,8 cm
Paquete 2 Ancho	9,8 cm
Paquete 2 Longitud	22 cm
Paquete 2 Peso	1,341 kg
Tipo de unidad de paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	66
Paquete 3 Altura	30 cm
Paquete 3 Ancho	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm
Paquete 3 Peso	15,257 kg

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	Declaración de REACh
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

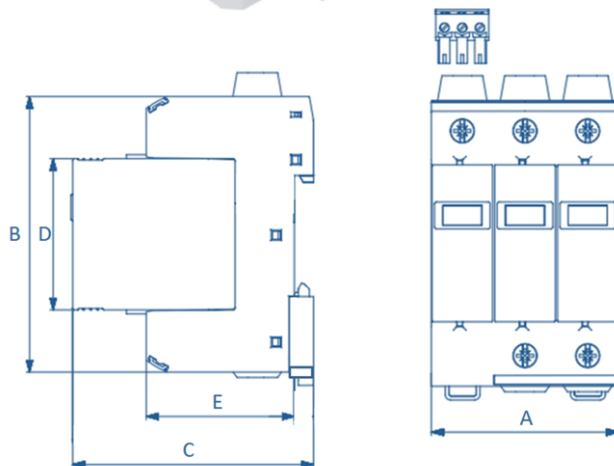
Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

Sustituciones recomendadas



► SLS-PV700/3Y

Descargador de rayos y sobretensiones transitorias para circuitos de DC en sistemas fotovoltaicos



► aplicaciones

Protector Tipo 2 (Clase C), indicado para la protección de circuitos de corriente en paneles fotovoltaicos
 Descarga máxima de corriente hasta 40 kA (8/20).
 Máximo voltaje operativo continuo para aplicaciones fotovoltaicas $U_{cPV} \geq 1,2 \times U_{oc\ stc}$

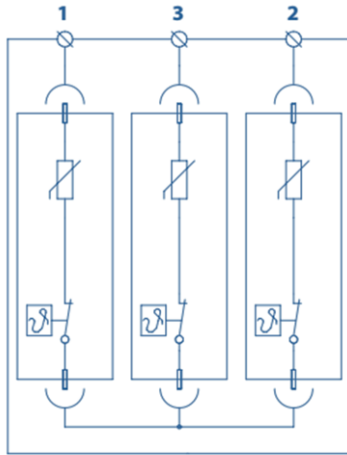
► características y beneficios

- Conexión Y.
- Varistores de óxido de zinc
- Módulos enchufables fácilmente reemplazables con sistema de bloqueo
- Base y módulos configurados para un montaje seguro.
- Mantenimiento sencillo a través de localizador de fallas local.

► especificaciones técnicas

Descripción	Ref.	Nº de Fases	Grado protec.	Rango T ^a trabajo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	Peso (g)
SLS-PV700/3Y	370239	3F	IP20	-40° a 80°C	54	82	72	45	44	340

► diagrama básico del circuito



► parametros del protector

Voltaje de operación máximo	U_{CPV}	750 V DC
Corriente de descarga nominal (8/20 μ s)	I_n	20 kA
Corriente de descarga máxima (8/20 μ s)	I_{max}	40 kA
Nivel de protección	U_p	3,6 kV
Tiempo de respuesta	t_a	25 ns
Sección transversal de conductores conectados sólidos		ISO:1/35 mm ² ; AWG:17/2
Sección transversal de conductores conectados trenzados		ISO:1/25mm ² ; AWG:17/4
Indicación de falla		Si
Montaje		DIN rail

► normativas y ensayos

- IEC 61.643-11:2011
- EN 61.643-11:2012
- UNE 61.643-11:2013
- IEC 62.305-1, 2, 3 y 4
- UNE 21.186:2011
- NFC 17-102:2011
- UNE EN 60.664-1:2008
- RBT



DENA DESARROLLOS SL

Cardener 5 | 08223 Terrassa | Barcelona | Spain
 T 937 360 305 | T (+34) 937 360 314
 central@ingesco.com

SLS-PV700/3Y

FRONIUS SMART METER

Contador bidireccional para registrar el consumo de energía en su hogar



El Fronius Smart Meter es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo y registra la curva de consumo de su hogar. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia remota, cuando hay límites impuestos, es más rápida y precisa que con el controlador S0.

Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar. Para la solución de almacenaje Fronius Energy Package basada en el Fronius Symo Hybrid, el Fronius Smart Meter permite realizar una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía, optimizando así la energía total. Es perfecto para su uso junto al Fronius Symo, Fronius Symo Hybrid, Fronius Galvo, Fronius Primo, Fronius Eco y Fronius Datamanager 2.0.

FRONIUS SMART METER

DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER 63A-3	FRONIUS SMART METER 50KA-31)	FRONIUS SMART METER 63A-1
Tensión nominal	400 – 415 V	400 – 415 V	230 – 240 V
Rango de frecuencia de red		50 a 60 Hz	
Máxima corriente	3 x 63 A	3 x 50.000 A	1 x 63 A
Sección de cable de entrada	1 – 16 mm ²	0,05 - 4 mm ²	1 – 16 mm ²
Sección de cable de comunicación y neutro		0,05 – 4 mm ²	
Consumo de energía	1,5 W	2,5 W	1,5 W
Intensidad de inicio		40 mA	
Clase de precisión		1	
Precisión de energía activa		Class B (EN50470)	
Precisión de energía reactiva		Class 2 (EN/IEC 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración		30 x Imáx. / 0,5 s	
Montaje		Interior (Carril DIN)	
Carcasa (ancho)	4 módulos DIN 43880	4 módulos DIN 43880	2 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación	-25 - +55°C	-5 - +55°C	-25 - + 55°C
Dimensiones (Altura x Anchura x Profundidad)	89mm x 71,2mm x 65,6mm	89mm x 71,2mm x 65,6mm	89mm x 35mm x 65,6mm
Interface para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display	8 dígitos LCD	8 dígitos LCD	6 dígitos LCD

¹⁾ Disponible sin transformador de corriente. Más información sobre la correcta elección de los transformadores en www.fronius.es.

VENTAJAS

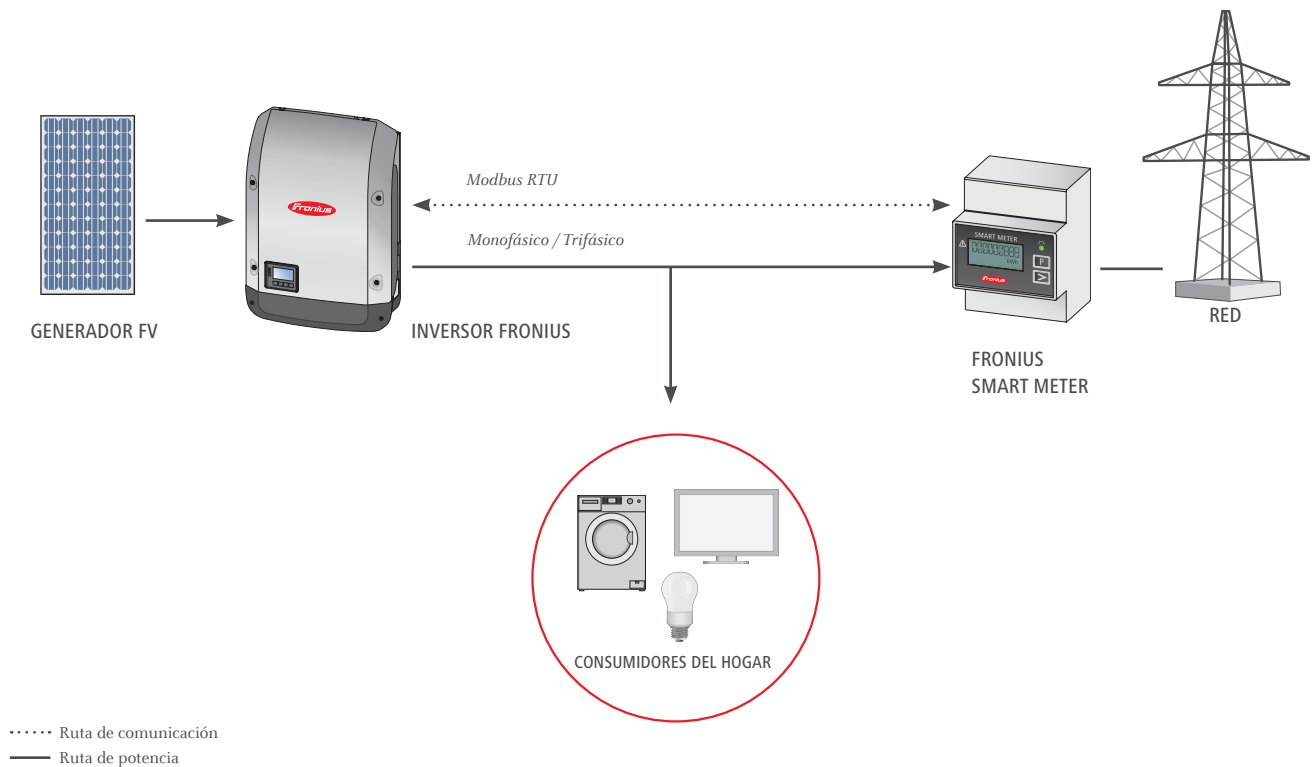
/ Limitación de potencia remota rápida y precisa

/ Junto con el Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar

/ Optimiza la gestión de energía con la solución de almacenaje Fronius Energy Package



ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN



El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores con un Interface RS485 (Modbus RTU). El Fronius Smart Meter funciona en paralelo con el Datamanager 2.0 para los inversores Fronius IG Plus. El Fronius Smart Meter puede ser instalado en cualquier momento junto con el Fronius Datamanager 2.0, después de la puesta en marcha de un inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

TRES BUSINESS UNITS, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE MARCA PAUTAS.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca las pautas tecnológicas en los sectores de tecnología de soldadura, fotovoltaica y carga de baterías. Actualmente trabajamos en todo el mundo con nuestros 3.800 empleados y las 1.242 patentes concedidas para los desarrollos de productos, resaltando el espíritu innovador de nuestra empresa. Para nosotros, la expresión „desarrollo sostenible“ significa llevar a la práctica puntos de vista sociales y relevantes para el medio ambiente, de modo equitativo con los factores económicos. En este sentido, nuestra exigencia jamás ha cambiado: ser líderes en innovación.

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

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

PLANOS

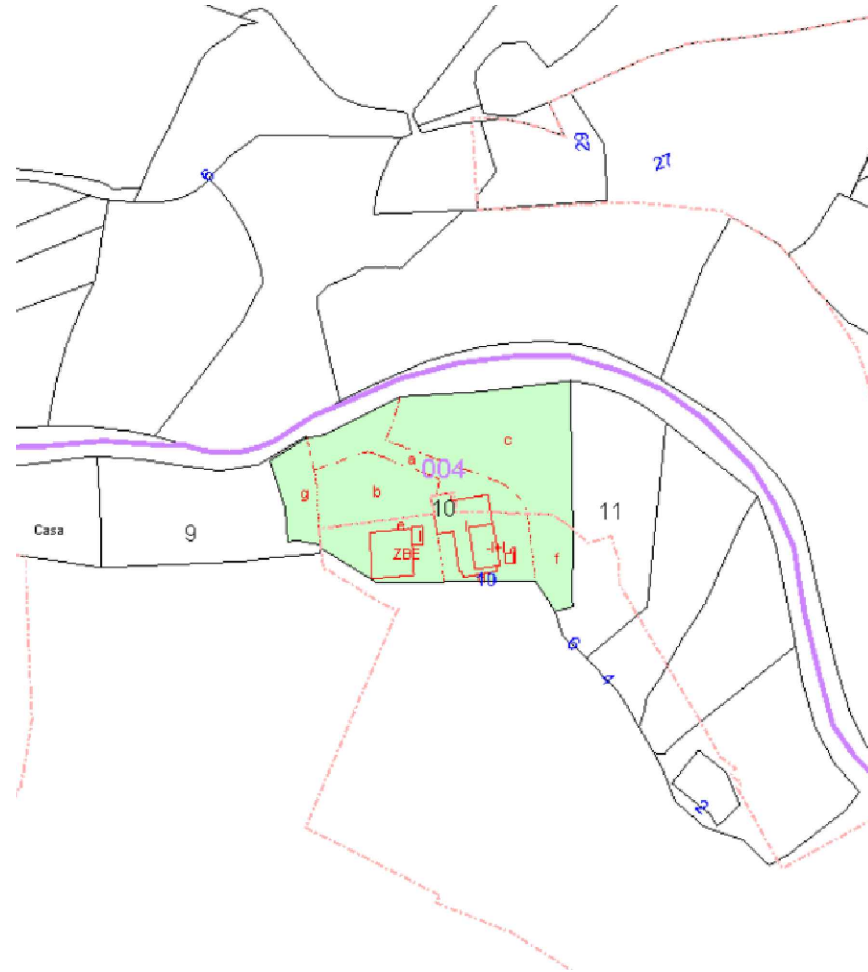
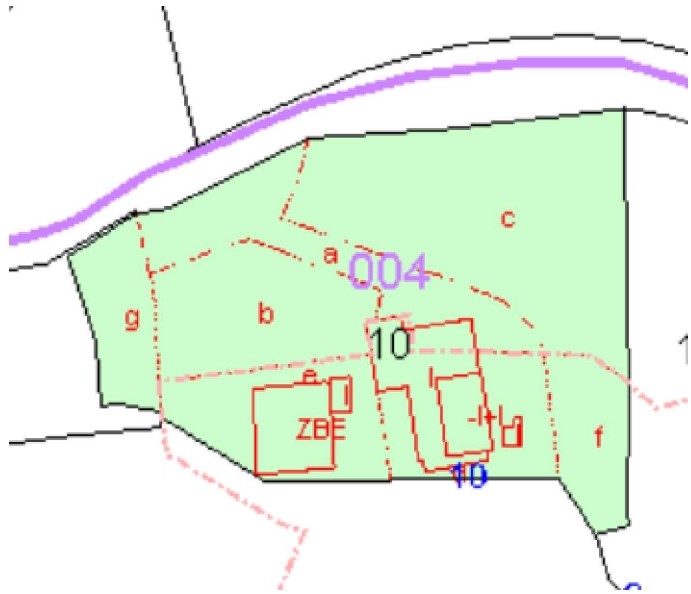
Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

ÍNDICE DE PLANOS

3.1. Planos de Situación Y Emplazamiento.....	3
3.2. Plano de Distribución de los Módulos.....	4
3.3. Plano de Distribución de los Módulos y Cableado DC.....	5
3.4. Plano de Distribución de los Módulos y Cableado AC.....	6
3.5. Esquema Unifilar.....	7



TÍTULO DEL PLANO:
PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

FECHA:
25/06/2023

DIBUJADO Y COMPROBADO:
YAKY LORENZO VILLARROEL

NUM. PLANO:

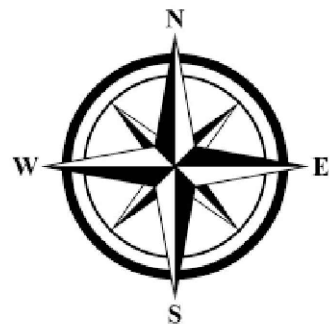
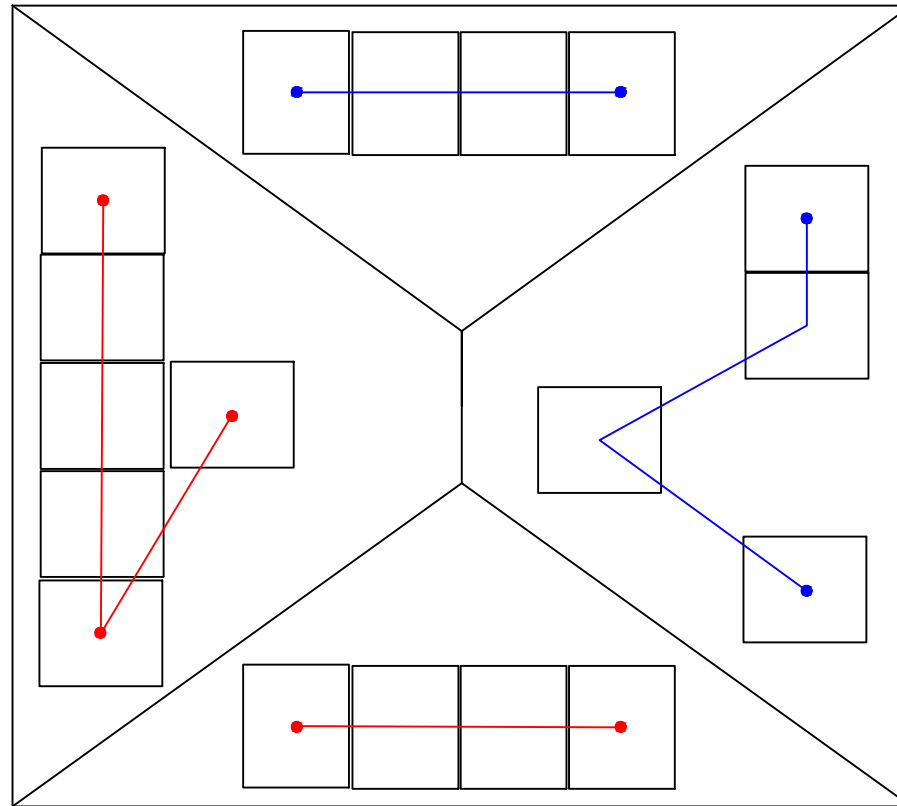
1

SITUACIÓN:
CAMINO POLIDEPORTIVO, Nº 10, BREÑA ALTA, LA PALMA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TÉCNOLOGÍA

GRADO ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA





TÍTULO DEL PLANO:
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS

FECHA:
25/06/2023

DIBUJADO Y COMPROBADO:
YAKY LORENZO VILLARROEL

NUM. PLANO:

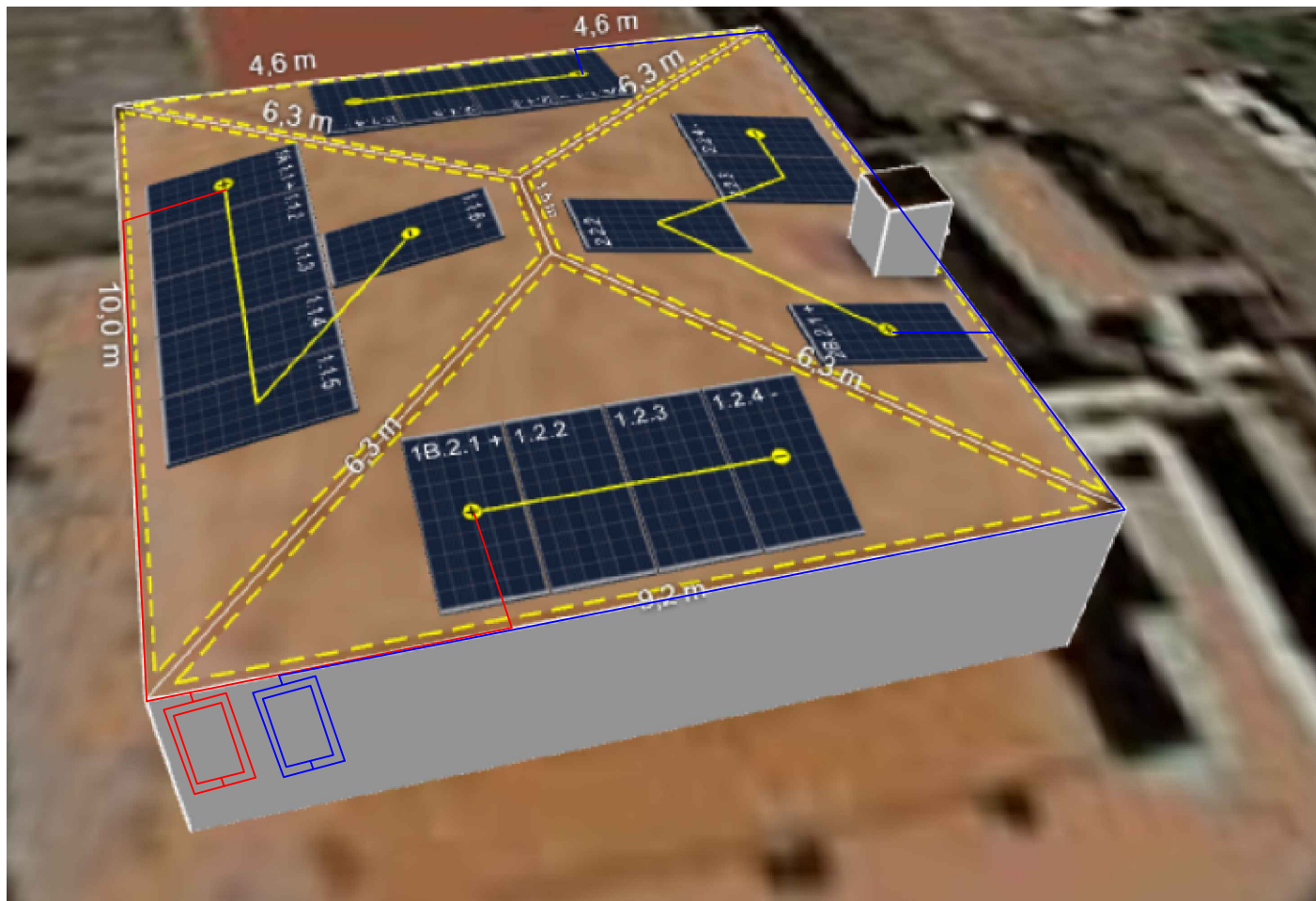
2

SITUACIÓN:
CAMINO POLIDEPORTIVO Nº 10, SAN PEDRO, SANTA CRUZ DE LA PALMA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA::

GRADO ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA





TÍTULO DEL PLANO:
DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS Y CABLEADO DC

FECHA:
25/06/2023

DIBUJADO Y COMPROBADO:
YAKY LORENZO VILLARROEL

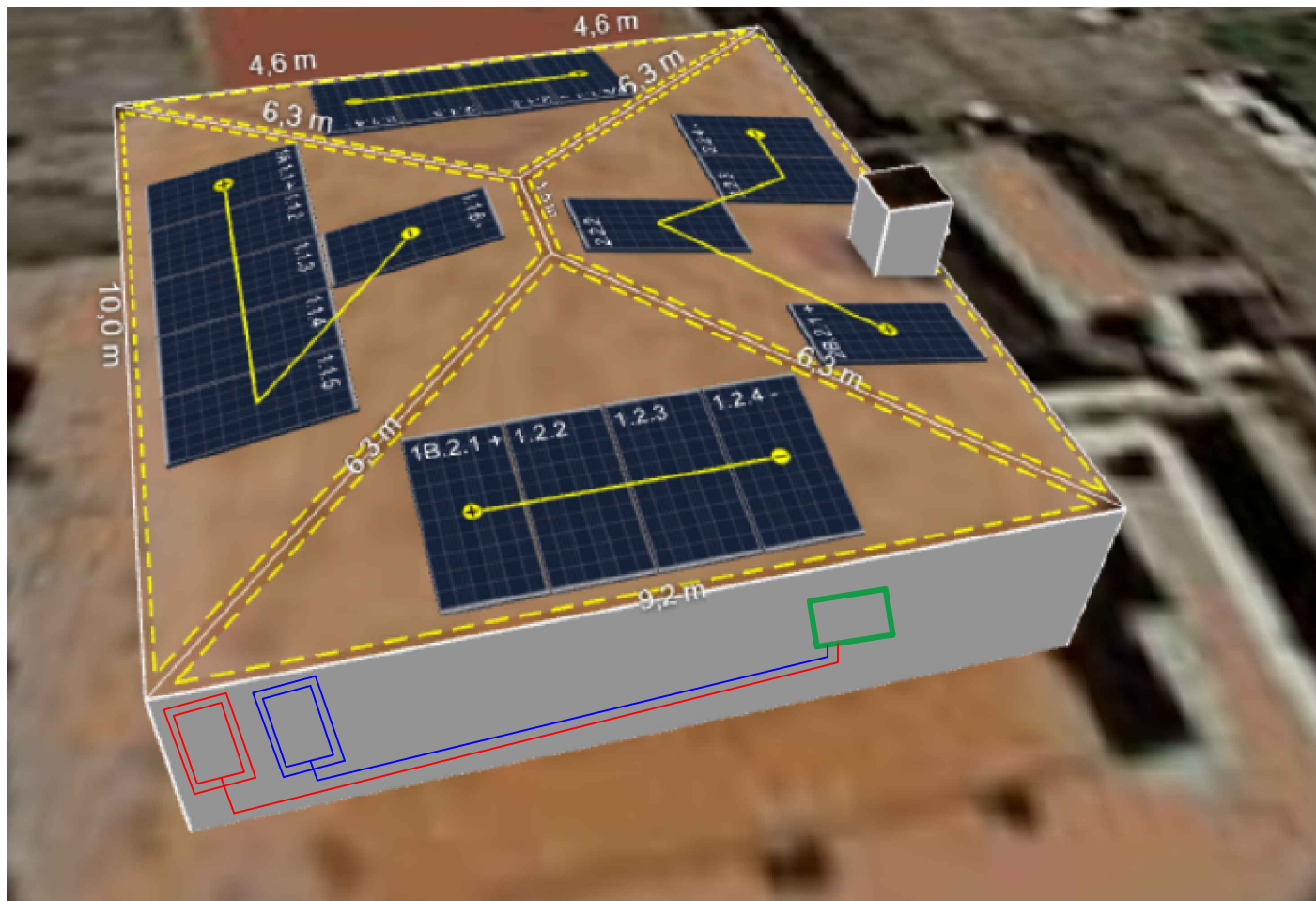
NUM. PLANO:

3

SITUACIÓN:
CAMINO POLIDEPORTIVO, Nº 10, BREÑA ALTA, LA PALMA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

GRADO ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TÍTULO DEL PLANO:
DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS Y CABLEADO AC

FECHA:
25/06/2023

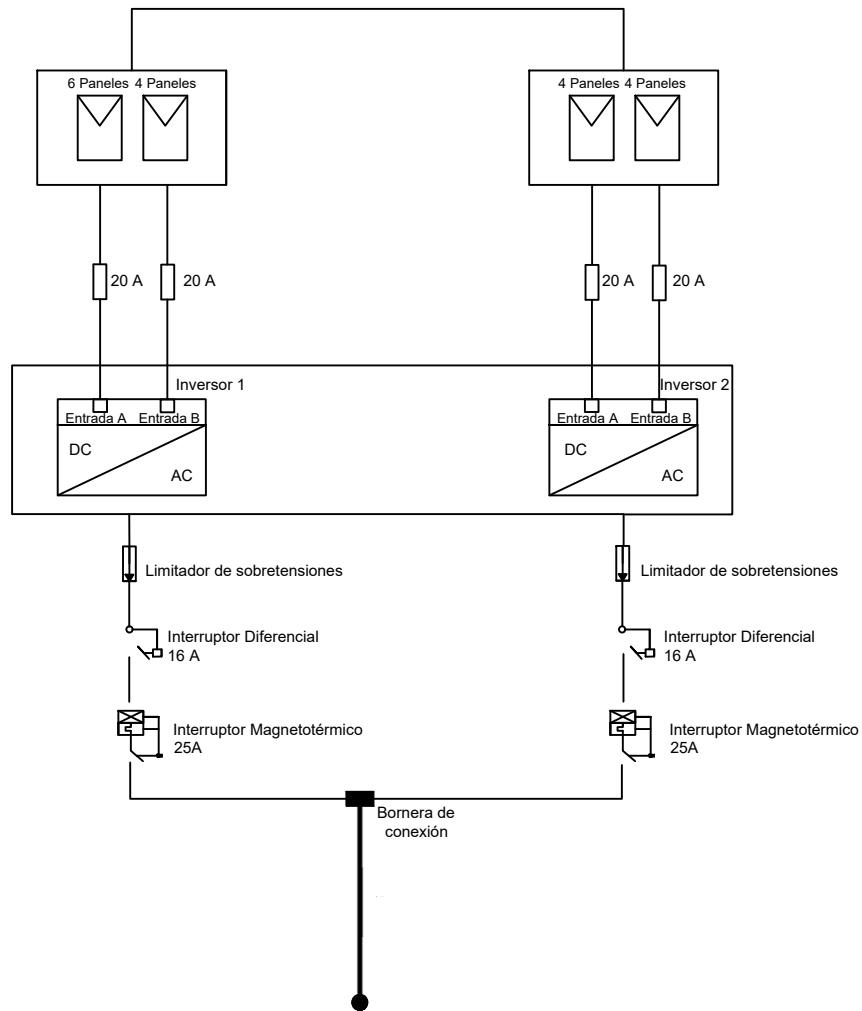
DIBUJADO Y COMPROBADO:
YAKY LORENZO VILLARROEL

NUM. PLANO:

4

SITUACIÓN:
CAMINO POLIDEPORTIVO, Nº 10, BREÑA ALTA, LA PALMA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA:
GRADO ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TÍTULO DEL PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR

FECHA:
25/06/2023

DIBUJADO Y COMPROBADO:
YAKY LORENZO VILLARROEL

NUM. PLANO:

5

SITUACIÓN:
CAMINO POLIDEPORTIVO, Nº 10, BREÑA ALTA, LA PALMA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA:

GRADO ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

PLIEGO DE CONDICIONES

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

4.1. Objeto.....	2
4.2. Generalidades.....	2
4.3. Definiciones.....	2
4.4. Diseño.....	3
4.5. Componentes y Materiales.....	4
4.5.1. Generalidades.....	4
4.5.2. Sistemas Generadores Fotovoltaicos.....	5
4.5.3. Estructura Soporte.....	5
4.5.4. Inversores.....	6
4.5.5. Cableado.....	7
4.5.6. Conexión a Red.....	8
4.5.7. Medidas.....	8
4.5.8. Protecciones.....	8
4.5.9. Puesta a Tierra.....	8
4.5.10. Armónicos Y Compatibilidad Electromagnética.....	9
4.6. Recepción Y Pruebas.....	9
4.7. Cálculo De La Producción Anual Esperada.....	10
4.8. Requerimientos Técnicos Del Contrato De Mantenimiento.....	11
4.8.1. Generalidades.....	11
4.8.2. Programa De Mantenimiento.....	11
4.8.3. Garantías.....	12

4.1 Objeto

El objetivo de este pliego de condiciones es establecer los requisitos técnicos mínimos que deben cumplir las instalaciones conectadas a la red. Además, busca proporcionar orientación a los instaladores que llevarán a cabo el proyecto, definiendo las especificaciones mínimas necesarias para garantizar la calidad, productividad y rendimiento de la instalación, en beneficio del usuario y del avance de esta tecnología. Es importante destacar que este pliego de condiciones es aplicable a todos los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos involucrados en el proyecto.

4.2 Generalidades

Este pliego de condiciones actúa como una guía técnica para todas las aplicaciones del proyecto en cuestión. Sin embargo, es importante cumplir con las siguientes normativas relacionadas con las instalaciones solares fotovoltaicas:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

4.3 Definiciones

Radiación solar: Energía emitida por el Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Irradiancia: Cantidad de energía solar incidente en una unidad de área por unidad de tiempo.

Irradiación: Energía solar total recibida por una superficie a lo largo de un periodo de tiempo determinado por unidad de área.

Instalaciones fotovoltaicas: Sistemas que utilizan módulos fotovoltaicos para convertir directamente la radiación solar en energía eléctrica.

Instalaciones fotovoltaicas interconectadas: Sistemas que están físicamente conectados a las redes de transporte o distribución de energía eléctrica.

Línea y punto de conexión: La línea de conexión es el cableado eléctrico utilizado para conectar las instalaciones fotovoltaicas a un punto de conexión en la red eléctrica del distribuidor o al suministro del usuario.

Interruptor automático de la interconexión: Dispositivo que se utiliza para interrumpir automáticamente la conexión entre la instalación fotovoltaica y la red eléctrica en caso de fallos o situaciones de emergencia.

Interruptor general: Dispositivo de seguridad y control que permite desconectar la instalación fotovoltaica de la red eléctrica del distribuidor.

Inversor: Dispositivo que convierte la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna utilizada en los sistemas eléctricos convencionales.

Potencia nominal del generador: Suma de las potencias máximas de todos los módulos fotovoltaicos en la instalación.

Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que convierte directamente la luz solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.

Módulo o panel fotovoltaico: Conjunto de células solares que están interconectadas y encapsuladas como una unidad, protegidas por materiales que las resguardan de las condiciones climáticas.

4.4 Diseño

Generalidades

Todos los módulos utilizados en la instalación serán del mismo modelo, o en caso de utilizar diferentes modelos, se garantizará su total compatibilidad y se asegurará que no causen efectos negativos en la instalación. En casos excepcionales donde se utilicen módulos no calificados, se deberá justificar adecuadamente y proporcionar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, cualquier producto que no cumpla con las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. Además, se deben cumplir todas las normativas vigentes de obligado cumplimiento.

Orientación, inclinación y sombras

La orientación y la inclinación del generador fotovoltaico, así como la presencia de sombras sobre él, deben ser tales que las pérdidas estén por debajo de los límites establecidos en la Figura 41. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. En todos los casos, se deben cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales por debajo de los límites establecidos en relación con los valores óptimos.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Figura 41: Límite de pérdidas.

Evaluación de casos especiales

En situaciones justificadas y casos especiales en los que no sea posible instalar según las condiciones establecidas, se evaluará la reducción en el rendimiento energético de la instalación. Esta evaluación se incluirá en la Memoria de Solicitud y estará sujeta a la aprobación del IDAE. En todos los casos, se deben evaluar las pérdidas por orientación, inclinación y sombreado del generador.

Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización instalado de acuerdo con la convocatoria proporcionará mediciones, como mínimo, de las siguientes variables: voltaje y corriente CC a la entrada del inversor, voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor, radiación solar en el plano de los módulos, temperatura ambiente en la sombra, potencia reactiva de salida del inversor (para instalaciones mayores de 5 kWp) y temperatura de los módulos en casos de integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW. Los datos se presentarán en forma de medias horarias y se seguirán los criterios establecidos en el documento del JRCIspra "Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A", Report EUR16338EN. Además, el sistema de monitorización será de fácil acceso para el usuario.

4.5 Componentes y Materiales

4.5.1 Generalidades

Se debe garantizar, como mínimo, un nivel de aislamiento eléctrico básico de clase I tanto para equipos (módulos e inversores) como para materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), a excepción del cableado de corriente continua que deberá tener un doble aislamiento de clase 2. Además, se requerirá un nivel de protección mínimo de IP65. La instalación deberá incorporar todos los elementos y características necesarios para asegurar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no debe causar averías en la red eléctrica, ni deteriorar las condiciones de seguridad ni provocar alteraciones que excedan los límites establecidos por la normativa aplicable. Asimismo, su operación no debe generar condiciones peligrosas para el personal encargado del mantenimiento y la operación de la red de distribución.

Los materiales expuestos a la intemperie deben ser protegidos contra los agentes ambientales, especialmente la radiación solar y la humedad. Se deben incluir todos los elementos de seguridad y protecciones necesarios tanto para las personas como para la propia instalación fotovoltaica, garantizando la protección contra contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas y otros elementos y protecciones requeridos por la legislación vigente.

Además, se deben incluir copias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes. Por razones de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc., deben estar escritos en alguno de los idiomas oficiales del país donde se realiza la instalación.

4.5.2 Sistemas Generadores Fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deben cumplir con los requisitos establecidos por el mercado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, que establece las regulaciones para el material eléctrico utilizado con límites de tensión específicos.

Además, deben cumplir con la norma UNE-EN 61730, que califica la seguridad de los módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, que establece las especificaciones de las hojas de datos y placas de características de los módulos fotovoltaicos.

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

Los módulos seleccionados deben cumplir con las siguientes características técnicas: deben contar con diodos de derivación para prevenir posibles averías en las células y sus circuitos debido a sombreados parciales, y deben tener un grado de protección mínimo IP65.

Los marcos laterales de los módulos serán fabricados en aluminio o acero inoxidable, si están presentes.

Para que un módulo sea considerado aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, bajo condiciones estándar, deben estar dentro de un margen de $\pm 3\%$ en relación a los valores nominales de catálogo correspondientes.

Se realizarán los módulos que presenten defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquiera de sus componentes, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Es deseable que las células tengan una alta eficiencia. Además, la estructura del generador fotovoltaico deberá estar correctamente conectada a tierra.

Con el objetivo de facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios, como fusibles e interruptores, para permitir la desconexión independiente en ambos terminales de cada rama del generador.

Los módulos fotovoltaicos contarán con una garantía mínima del fabricante de 10 años y una garantía de rendimiento de 25 años.

4.5.3 Estructura Soporte

Las estructuras de soporte deben cumplir con las especificaciones de este apartado, asegurando el cumplimiento de las normas de seguridad establecidas en el Código Técnico de la Edificación.

La estructura de soporte de los módulos fotovoltaicos debe ser capaz de resistir las cargas de viento y nieve, teniendo en cuenta las especificaciones del Código Técnico de la Edificación y otras normativas aplicables.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos deben permitir las dilataciones térmicas necesarias, evitando la transmisión de cargas que puedan comprometer la integridad de los módulos, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para los módulos fotovoltaicos deben ser suficientes en número y considerar el área de apoyo y la posición relativa de los módulos, evitando que se produzcan flexiones que superen los límites permitidos por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará considerando la orientación y ángulo de inclinación especificados para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje, desmontaje y posibles sustituciones de elementos.

Se aplicarán medidas de protección superficial a la estructura para resistir los efectos de los agentes ambientales. Los taladros se realizan antes del proceso de galvanizado o protección de la estructura, si corresponde.

La tornillería utilizada será de acero inoxidable. En el caso de estructuras galvanizadas, se permitirá el uso de tornillos galvanizados, excepto para la sujeción de los módulos, donde se utilizarán tornillos de acero inoxidable.

Los topes de sujeción y la propia estructura no generarán sombras sobre los módulos. En el caso de instalaciones integradas en la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre los módulos cumplirán con los requisitos de construcción vigentes.

Se proporcionarán las estructuras de soporte necesarias para el montaje de los módulos, ya sea en superficies planas (como terrazas) o integrados en tejados, cumpliendo con las especificaciones sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios, bancadas y anclajes correspondientes.

La estructura de soporte se calculará según la normativa vigente para soportar cargas extremas causadas por condiciones climáticas adversas como viento y nieve.

Si la estructura está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá con las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2, asegurando sus características mecánicas y composición química.

Si la estructura es galvanizada en caliente, cumplirá con las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684, y los espesores cumplirán con los requisitos mínimos establecidos en la norma UNE-EN ISO 1461.

4.5.4 Inversores

Los inversores utilizados serán del tipo apropiado para la conexión a la red eléctrica, con capacidad de ajustar su potencia de entrada para maximizar la extracción de energía del generador fotovoltaico en todo momento.

Las siguientes son las características básicas que se requerirán de los inversores:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.

- No funcionarán en isla o modo aislado.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética, las cuales serán certificadas por el fabricante. Además, contarán con protecciones incorporadas para hacer frente a los siguientes aspectos:

- Cortocircuitos en la corriente alterna.
- Variaciones fuera del rango de tensión de la red.
- Variaciones fuera del rango de frecuencia de la red.
- Sobretensiones, mediante el uso de varistores u otros dispositivos similares.
- Perturbaciones presentes en la red, como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, entre otros.

Estas protecciones garantizarán el funcionamiento seguro y confiable de los inversores, evitando averías y manteniendo la compatibilidad con los estándares de seguridad eléctrica y electromagnética establecidos.

Cada inversor estará equipado con al menos los siguientes controles manuales:

- Botón de encendido y apagado general del inversor.
- Interruptor de conexión y desconexión del inversor a la interfaz de corriente alterna (CA). Este interruptor puede estar ubicado tanto en el inversor como en un dispositivo externo.

Las características eléctricas de los inversores se ajustarán a lo siguiente:

- El inversor mantendrá la entrega de potencia a la red de manera continua en condiciones de irradiancia solar hasta un 10% superior a las condiciones de entrada máxima (CEM). Además, será capaz de soportar picos de magnitud hasta un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- La eficiencia del inversor, medida tanto al 25% como al 100% de la potencia de salida nominal, será superior al 85% y 88% respectivamente (incluyendo el transformador de salida, si corresponde) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90% al 92% para inversores de potencia mayor a 5 kW.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno deberá ser inferior al 0,5% de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada será superior a 0,95, en el rango del 25% al 100% de la potencia nominal.
- Los inversores estarán diseñados para inyectar energía a la red eléctrica a partir de potencias superiores al 10% de su capacidad nominal.
- Los inversores cumplirán con los estándares mínimos de protección: IP20 para aquellos instalados en lugares inaccesibles en el interior de edificios, IP30 para aquellos instalados en lugares accesibles en el interior de edificios, y IP65 para aquellos instalados a la intemperie. Se asegurará el cumplimiento de la legislación vigente en todos los casos.
- Los inversores estarán garantizados para operar dentro de un rango de temperatura de 0 °C a 40 °C y una humedad relativa de 0 % a 85 %.

4.5.5 Cableado

Los cables positivos y negativos de cada grupo de módulos serán conducidos de forma separada y estarán protegidos de acuerdo con la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. En particular, los conductores de corriente continua (CC) deberán tener una sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5%, y los conductores de corriente alterna (CA) deberán tener una caída de tensión inferior al 2%, considerando las tensiones correspondientes a las cajas de conexiones como referencia.

Se considerará la longitud total del cableado CC y CA, asegurándose de que sea suficiente para evitar tensiones excesivas en los diferentes elementos y evitar posibles enganches causados por el tránsito normal de personas. Todo el cableado de corriente continua estará diseñado con doble aislamiento y será adecuado para su uso en condiciones de intemperie, ya sea al aire libre o enterrado, cumpliendo con la norma UNE 21123.

4.5.6 Conexión a Red

Todas las instalaciones fotovoltaicas con una capacidad de hasta 100 kW deberán cumplir con los requisitos establecidos en el Real Decreto 1663/2000, específicamente en los artículos 8 y 9, que se refieren a la conexión de dichas instalaciones a la red de baja tensión.

4.5.7 Medidas

Todas las instalaciones deberán cumplir con las disposiciones del Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, que aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. Este reglamento establece las normas y requisitos para la medición de la energía eléctrica en el sistema, garantizando la correcta y precisa medición de la energía generada por las instalaciones.

4.5.8 Protecciones

Todas las instalaciones deberán cumplir con las disposiciones del Real Decreto 1663/2000, en particular el artículo 11, que establece las protecciones requeridas en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. En el caso de conexiones a la red trifásica, se deben incluir protecciones individuales para cada fase para garantizar la interconexión segura en condiciones de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz, respectivamente) y máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um, respectivamente). Estas protecciones son fundamentales para salvaguardar la integridad del sistema y garantizar su correcto funcionamiento.

4.5.9 Puesta a Tierra

Todas las instalaciones deberán cumplir con las disposiciones del Real Decreto 1663/2000, en particular el artículo 12, que establece las condiciones de puesta a tierra en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. En caso de que no se utilice un transformador de aislamiento para lograr el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico, se deberá proporcionar una explicación detallada en la Memoria de Diseño o Proyecto sobre los elementos utilizados para garantizar esta condición.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto en la sección de corriente continua como en la de corriente alterna, deberán estar conectadas a una única toma de tierra. Esta toma de tierra será

independiente de la toma de tierra del neutro proporcionada por la empresa distribuidora, cumpliendo así con las disposiciones del Reglamento de Baja Tensión. Esta medida garantiza una adecuada protección y seguridad eléctrica en la instalación fotovoltaica.

4.5.10 Armónicos Y Compatibilidad Electromagnética

Todas las instalaciones cumplirán con las disposiciones establecidas en el Real Decreto 1663/2000, específicamente en su artículo 13, que aborda la gestión de armónicos y la compatibilidad electromagnética en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Se tomarán todas las medidas necesarias para limitar y controlar la generación de armónicos en la instalación, de acuerdo con las normativas vigentes. Asimismo, se garantizará la compatibilidad electromagnética de la instalación fotovoltaica, evitando cualquier interferencia perjudicial en otros equipos o sistemas conectados a la red de baja tensión.

El cumplimiento de estas disposiciones garantiza un funcionamiento seguro y eficiente de la instalación fotovoltaica, minimizando los efectos adversos en la calidad del suministro eléctrico y asegurando la correcta convivencia con otros equipos y sistemas en la red de baja tensión.

4.6 Recepción Y Pruebas

El instalador proporcionará al usuario un documento de entrega que servirá como albarán, donde se detallarán los componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por ambas partes en duplicado, quedando un ejemplar en posesión de cada una.

Los manuales entregados al usuario estarán disponibles en al menos una de las lenguas oficiales en España, con el objetivo de garantizar su comprensión y correcta interpretación. De esta manera, se facilita al usuario el acceso a la información necesaria para el uso adecuado y el mantenimiento óptimo de la instalación.

Previo a la puesta en servicio de los componentes principales, como los módulos, inversores y contadores, es necesario asegurarse de que han pasado satisfactoriamente las pruebas de funcionamiento realizadas en fábrica. Se levantará un acta correspondiente a estas pruebas, la cual se adjuntará junto con los certificados de calidad.

Además de las pruebas mencionadas anteriormente, el instalador deberá llevar a cabo una serie de pruebas adicionales, que se detallan a continuación, como mínimo:

- Verificación del funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Realización de pruebas de arranque y parada en diferentes momentos de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos de protección, seguridad y alarma, comprobando su correcto funcionamiento, a excepción de las pruebas relacionadas con el interruptor automático de desconexión.
- Determinación de la potencia instalada en la instalación.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Se entregará toda la documentación requerida en este Pliego de Condiciones Técnicas.
- Se realizará la retirada de obra de todo el material sobrante.
- Se llevará a cabo la limpieza de las zonas ocupadas, trasladando todos los desechos a un vertedero designado.

Durante este periodo, el proveedor será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados y deberá proporcionar capacitación al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos contra defectos de fabricación, instalación o diseño mediante una garantía de tres años, a excepción de los módulos fotovoltaicos, que contarán con una garantía de 8 años a partir de la fecha de firma del acta de recepción provisional.

Sin embargo, el instalador se compromete a reparar cualquier falla de funcionamiento que pueda surgir debido a defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, y se compromete a corregirlos sin ningún costo adicional. En cualquier caso, se regirá por la legislación vigente en cuanto a los vicios ocultos.

4.7 Cálculo De La Producción Anual Esperada

En la memoria se proporcionarán las estimaciones teóricas de las producciones mensuales máximas, teniendo en cuenta la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

A continuación se indican los datos de entrada que el instalador deberá proporcionar:

1) $G_{dm}(0)$:

Este dato representa el valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal en kilovatios-hora por metro cuadrado al día ($kWh/(m^2 \cdot día)$). Se obtiene a partir de una de las siguientes fuentes:

- a) Agencia Estatal de Meteorología.
- b) Organismo autonómico oficial.
- c) Otras fuentes de datos reconocidas y confiables, o aquellas específicamente indicadas por el IDAE.

2) $G_{dm}(\alpha, \beta)$:

Este valor representa el promedio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kilovatios-hora por metro cuadrado al día ($kWh/(m^2 \cdot día)$). Se calcula a partir del valor anterior, teniendo en cuenta las pérdidas por sombreado si estas superan el 10% anual. El parámetro α representa el azimut (orientación) y β representa la inclinación del generador, según se definen en el anexo II.

3) Rendimiento energético de la instalación o "performance ratio" (PR):

El PR es una medida de la eficiencia de la instalación en condiciones de trabajo reales. Toma en consideración diversos factores, incluyendo:

- a) La influencia de la temperatura en la eficiencia.
- b) La eficiencia del cableado utilizado.
- c) Las pérdidas causadas por la dispersión de parámetros y la suciedad.

- d) Las pérdidas debido a errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- e) La eficiencia energética del inversor.
- f) Otros factores relevantes.

4) La estimación de la energía inyectada se realizará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} PR}{G_{CEM}} kWh/día$$

Donde:

P_{mp} = Potencia pico del generador

$$G_{CEM} = 1 kW/m^2$$

4.8 Requerimientos Técnicos del Contrato de Mantenimiento

4.8.1 Generalidades

Se establecerá un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo con una duración mínima de tres años. Dicho contrato cubrirá todos los componentes de la instalación, y se llevarán a cabo las labores de mantenimiento preventivo recomendadas por los fabricantes correspondientes.

4.8.2 Programa De Mantenimiento

El objetivo de esta sección es establecer las condiciones generales mínimas para el mantenimiento adecuado de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica. Se han definido dos niveles de actuación para abarcar todas las operaciones necesarias a lo largo de la vida útil de la instalación, con el fin de garantizar su funcionamiento óptimo, aumentar la producción y prolongar su duración.

Plan de mantenimiento preventivo: Este plan se compone de operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras medidas que se aplican a la instalación con el objetivo de mantener las condiciones de funcionamiento, rendimiento, protección y durabilidad dentro de límites aceptables. Este enfoque proactivo busca prevenir posibles problemas y optimizar el rendimiento de la instalación a lo largo del tiempo.

Plan de mantenimiento correctivo: Este plan incluye todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del sistema durante su vida útil. Estas acciones correctivas se llevan a cabo en caso de que se detecten fallos o problemas en la instalación, y tienen como objetivo restaurar su funcionamiento normal y garantizar un rendimiento óptimo. El mantenimiento correctivo se realiza de manera reactiva en respuesta a situaciones específicas que requieren intervención.

Estos incluyen:

- Se realizará una visita a la instalación cada vez que el usuario solicite debido a una avería grave en la misma. Esta visita tiene como objetivo resolver el problema y restaurar el correcto funcionamiento del sistema.
- Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de la instalación para identificar y elaborar un presupuesto detallado de los trabajos y reposiciones necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de la misma. Este análisis permite evaluar el alcance de las reparaciones y determinar los costos asociados.
- Los costos económicos del mantenimiento correctivo, según se indica, estarán incluidos en el precio anual del contrato de mantenimiento. Sin embargo, es posible que la mano de obra y las reposiciones de equipos necesarias que excedan el período de garantía no estén incluidas y se facturen adicionalmente.

El mantenimiento de la instalación será llevado a cabo por personal técnico debidamente capacitado y estará bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

El mantenimiento preventivo de la instalación comprenderá al menos una visita anual para instalaciones de potencia inferior a 100 kWp, y semestral para el resto. Durante estas visitas se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Verificación del correcto funcionamiento de las protecciones eléctricas.
- Inspección del estado de los módulos: revisión de su ubicación según el proyecto original y comprobación de las conexiones.
- Evaluación del estado del inversor: verificación de su funcionamiento, señalizaciones, alarmas, etc.
- Inspección del estado mecánico de los cables y terminales, incluyendo los cables de toma de tierra, así como el reapriete de bornes.
- Revisión de las pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones y conexiones, realizando reaprietes si es necesario.
- Limpieza de los componentes mencionados.

Se elaborará un informe técnico detallado después de cada visita, que incluirá el estado actual de la instalación y cualquier incidencia relevante. Todas las operaciones de mantenimiento realizadas se registrarán en un libro de mantenimiento, donde se registrarán también los datos de identificación del personal encargado del mantenimiento, incluyendo su nombre, titulación y autorización por parte de la empresa.

4.8.3 Garantías

Condiciones generales

En caso de que la instalación experimente una avería debido a un defecto de montaje o cualquier componente, siempre y cuando haya sido manipulada correctamente de acuerdo con las instrucciones del manual, se realizarán las reparaciones correspondientes de acuerdo con estas condiciones generales, sin perjuicio de cualquier reclamación a terceros.

La garantía se otorga al comprador de la instalación, y se deberá justificar mediante un certificado de garantía que incluya la fecha de certificación de la instalación.

Plazos

El proveedor garantizará la instalación por un período mínimo de 3 años, cubriendo todos los materiales utilizados y los procedimientos empleados en el montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 10 años.

En caso de interrupción en la operación del suministro debido a razones atribuibles al proveedor o reparaciones necesarias para cumplir con las estipulaciones de la garantía, el plazo de garantía se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

Condiciones económicas

La garantía incluye la reparación o reposición, según corresponda, de los componentes y piezas que presenten defectos, así como la mano de obra empleada en dicha reparación o reposición durante el período de garantía.

Todos los gastos adicionales, como desplazamientos, transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros recursos y eventuales costos de recogida y devolución de equipos para su reparación en los talleres del fabricante, están expresamente cubiertos por la garantía.

Además, se incluirán la mano de obra y los materiales necesarios para realizar los ajustes y eventuales ajustes en el funcionamiento de la instalación.

En caso de que el proveedor no cumpla con las obligaciones derivadas de la garantía en un plazo razonable, el comprador de la instalación podrá notificar por escrito una fecha límite para que el proveedor cumpla con sus obligaciones. Si el proveedor no cumple con sus obligaciones dentro de ese último plazo, el comprador de la instalación podrá, bajo su propio riesgo y cuenta, realizar las reparaciones necesarias por sí mismo o contratar a un tercero para que las realice, sin perjuicio de presentar una reclamación por los daños y perjuicios incurridos por parte del proveedor.

Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto en el funcionamiento de la instalación, deberá comunicarlo de manera fehaciente al proveedor. Si el proveedor determina que se trata de un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará de manera fehaciente al fabricante.

El proveedor se compromete a atender cualquier incidencia en un plazo máximo de una semana, y la resolución de la avería se llevará a cabo en un plazo máximo de 10 días, salvo en casos de fuerza mayor debidamente justificados.

Las averías de la instalación serán reparadas en el lugar donde se encuentra ubicada, por parte del proveedor. En el caso de que alguna pieza no pueda ser reparada en el domicilio del usuario, dicha pieza deberá ser enviada al taller oficial designado por el fabricante, a cargo del proveedor.

El proveedor realizará las reparaciones o reposiciones de piezas lo más rápido posible una vez recibido el aviso de la avería. Sin embargo, no se hará responsable de los perjuicios causados por demoras en dichas reparaciones, siempre y cuando el plazo sea inferior a 10 días naturales.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA CASA RESIDENCIAL EN BREÑA ALTA

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Autor: Yaky Lorenzo Villarroel

Tutor: Benjamín Jesús González Díaz

Fecha: Julio 2023

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

5.1 Mediciones y Presupuesto.....	2
5.1.1. Materiales Fotovoltaicos.....	2
5.1.2. Inversor.....	3
5.1.3. Estructuras.....	4
5.1.4.. Cableado CC.....	5
5.1.5. Cableado CA.....	6
5.1.6. Protecciones.....	7
5.1.7. Contador.....	8
5.1.8. Puesta a Tierra.....	9
5.1.9.Canalizaciones.....	10
5.2. Presupuesto Total.....	11

5.1 Mediciones y Presupuesto

5.1.1 Materiales Fotovoltaicos

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Módulo solar fotovoltaico, modelo Sunceco 300 W Poly-crystalline Características: Potencia Nominal (W): 300 Tensión Nominal (V): 37,23 Corriente Nominal (A): 8,06 Corriente de Cortocircuito (A): 8,947 Tensión de circuito abierto (V): 44,71 Longitud (mm): 1956 Ancho (mm): 992 Alto (mm): 50 Peso (kg): 23,20	18	Uds	139,15€	2504,7€
		Subtotal material:			2504,70 €
2	Mano de obra				
	1º Oficial Instalador paneles solares	16	Hrs	15,52 €	248,32 €
	Ayudante instalador paneles solares	16	Hrs	14,52 €	232,32 €
		Subtotal mano de obra:			480,64 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	2985,34 €	59,71 €
		Subtotal costes (1+ 2+3)			3045,05 €

Tabla VII: Presupuesto Material Fotovoltaico.

5.1.2 Inversor

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Inversor trifásico de Conexión a Red SMA Sunny SB3.0-1AV-41. Características: Tensión de entrada max (V): 100 Tensión MPP mín (V) = 110 Tensión MPP máx(V) = 500 Potencia nominal de salida CA (kVA) = 3 Potencia máxima de salida CA (kVA) = 3 Eficiencia europea (%) = 97 Longitud (mm) = 435 Ancho (mm) = 470 Alto (mm) = 176 Peso (kg) = 17,5	2	Uds	1270,85€	2541,7€
		Subtotal material:			2541,70€
2	Mano de obra				
	1º Oficial electricista	2	Hrs	20,50 €	41,00 €
	Ayudante electricista	2	Hrs	17,50 €	35,00 €
		Subtotal mano de obra:			76,00 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	2617,77€	52,35 €
		Subtotal costes (1+2+3)			2670,12 €

Tabla VIII: Presupuesto Inversor.

5.1.3 Estructura

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Estructura + Soportes de sujeción K2 SingleRail System	1	Uds	986,48 €	986,48 €
		Subtotal material:			986,48 €
2	Mano de obra				
	1º Oficial cerrajero	6	Hrs	20,22 €	121,33 €
	Ayudante cerrajero	6	Hrs	17,22 €	103,32 €
		Subtotal mano de obra:			224,65 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	1211,13 €	24,22 €
		Subtotal costes (1+2+3)			1235,35 €

Tabla IX: Presupuesto Estructura.

5.1.4 Cableado CC

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Cable Exzhellent Class Solar 1,5/1,5 kVdc H1Z2Z2-K Eca de 2,5 mm ²	3,5	metros	0,41 €	1,44 €
	Cable Exzhellent Class Solar 1,5/1,5 kVdc H1Z2Z2-K Eca de 4 mm ²	10	metros	0,59 €	5,90 €
	Cable Exzhellent Class Solar 1,5/1,5 kVdc H1Z2Z2-K Eca de 6 mm ²	9,7	metros	0,84 €	8,15 €
	Cable Exzhellent Class Solar 1,5/1,5 kVdc H1Z2Z2-K Eca de 16 mm ²	19,7	metros	2,35 €	46,3 €
		Subtotal material:			61,79 €
2	Mano de obra				
	1º Oficial electricista	2	Hrs	20,50 €	41,00 €
	Ayudante electricista	2	Hrs	17,50 €	35,00 €
		Subtotal mano de obra:			76,00 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	137,79 €	2,76 €
		Subtotal costes (1+2+3)			140,55 €

Tabla X: Presupuesto Cableado CC.

5.1.5 Cableado CA

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Cable manguera flexible libre de halógeno de 2,5 mm ²	12,5	metros	7,33 €	91,06 €
		Subtotal material:			91,06 €
2	Mano de obra				
	1º Oficial electricista	2	Hrs	20,50 €	41,00 €
	Ayudante electricista	2	Hrs	17,50 €	35,00 €
		Subtotal mano de obra:			76,00 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	167,06 €	3,34 €
		Subtotal costes (1+2+3)			170,40 €

Tabla XI: Presupuesto Cableado AC.

5.1.6 Protecciones

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Fusible CC 15A	2	Uds	1,19 €	2,38 €
	Porta Fusible	2	Uds	2,10 €	4,20 €
	Interruptor diferencial 16 A	2	Uds	49,53 €	99,06 €
	Interruptor magnetotérmico 25A	2	Uds	39,66 €	79,32 €
		Subtotal material:			184,96 €
2	Mano de obra				
	1º Oficial electricista	2	Hrs	20,50 €	41,00 €
	Ayudante electricista	2	Hrs	17,50 €	35,00 €
		Subtotal mano de obra:			76,00 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	260,96 €	5,21 €
		Subtotal costes (1+ 2+3)			266,17 €

Tabla XII: Presupuesto Protecciones.

5.1.7 Contador

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Contador monofásico marca ENDESA, con sistemas PLC y PRIME	1	Uds	267,00 €	267,00 €
		Subtotal material:			267,00 €
2	Mano de obra				
	1º Oficial electricista	1	Hrs	20,50 €	20,50 €
	Ayudante electricista	1	Hrs	17,50 €	17,50 €
		Subtotal mano de obra:			38,00 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	305,00 €	6,10 €
		Subtotal costes (1+2+3)			311,10 €

Tabla XIII: Presupuesto Contador.

5.1.8 Puesta a tierra

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Pica de tierra 1,5 metros 14.3 mm.	1	Uds	12,20 €	12,20 €
		Subtotal material:			12,20 €
2	Mano de obra				
	1º Oficial electricista	1	Hrs	20,50 €	20,50 €
	Ayudante electricista	1	Hrs	17,50 €	17,50 €
		Subtotal mano de obra:			38,00 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	50,20 €	1,00 €
		Subtotal costes (1+ 2+3)			51,20 €

Tabla XIV: Presupuesto Puesta a Tierra.

5.1.9 Canalizaciones

Código	Producto	Cantidad	Unidades	Precio unidad	Precio total
1	Material				
	Canalización de tubo corrugado, ø 12 mm	3,5	metro	0,28 €	0,98 €
	Canalización de tubo corrugado, ø 16 mm	19,7	metro	0,34€	6,69 €
	Canalización de tubo corrugado, ø 25 mm	19,7	metro	0,57 €	11,23 €
	Canalización de tubo metálico ø 16 mm	12,5	metro	0,25 €	3,13 €
	Abrazaderas ø 12 mm	1	Uds	5,40	5,40 €
	Abrazaderas de ø 16 mm	8	Uds	6,47	51,76 €
	Abrazaderas de ø 25 mm	5	Uds	7,18	35,9 €
		Subtotal material:			115,09 €
2	Mano de obra				
	1º Oficial electricista	0,5	Hrs	20,50 €	10,25 €
	Ayudante electricista	0,5	Hrs	17,50 €	8,75 €
	1º Oficial construcción	0,5	Hrs	18,42	9,21 €
	Ayudante construcción	0,5	Hrs	16,67	8,34 €
		Subtotal mano de obra:			36,55 €
3	Otros costos complementarios				
	Costes directos complementarios	2	%	151,64 €	3,03 €
		Subtotal costes (1+2+3)			154,67 €

Tabla XV: Canalizaciones.

5.2 Presupuesto total

Código	Producto	Precio total
1	Material fotovoltaico	3045,05 €
2	Inversor	2670,12 €
3	Estructura	1235,35 €
4	Cableado CC	140,55 €
5	Cableado AC	170,40 €
6	Protecciones	266,17 €
7	Contador	311,10 €
8	Puesta a tierra	51,20 €
9	Canalizaciones	154,67 €
	Subtotal Materiales	8044,61 €
	Gastos generales (13%)	1045,80 €
	Beneficio industrial (6%)	482,68 €
	Subtotal	9573,09€
	IGIC (7%)	670,12 €
	TOTAL	10243,21 €

Tabla XVI: Presupuesto Total.

El costo total asciende a la cantidad de 10243,21 €.